

(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  
16. Februar 2012 (16.02.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/019753 A2**

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/003982

(22) Internationales Anmeldedatum:  
9. August 2011 (09.08.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10008479.7 13. August 2010 (13.08.2010) EP  
10008480.5 13. August 2010 (13.08.2010) EP  
10 2010 056 560.1  
30. Dezember 2010 (30.12.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): LINDE AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Klosterhofstr. 1, 80331 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHWENK, Dirk [DE/DE]; Am Schlehenbogen 10, 85609 Aschheim (DE).

ALEKSEEV, Alexander [RU/DE]; Ahornstrasse 6a, 82515 Wolfratshausen (DE). MASTERSON, Frances [GB/DE]; Blütenburgstr. 23, 80636 München (DE). GO-LOUBEV, Dimitri [RU/DE]; Rümmanstr. 17, 80804 München (DE).

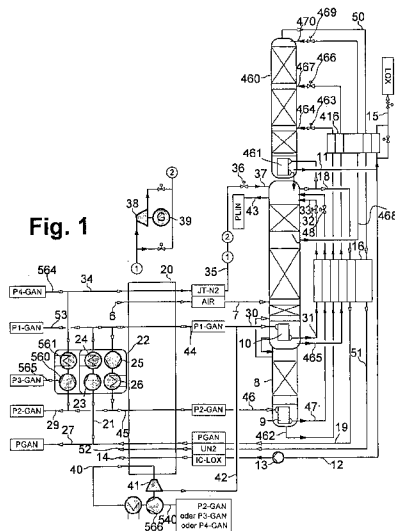
(74) Anwalt: LINDE AG; Legal Services Intellectual Property, Dr. Carl-von-Linde Str. 6-14, 82049 Pullach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, 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.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OBTAINING COMPRESSED OXYGEN AND COMPRESSED NITROGEN BY THE LOW-TEMPERATURE SEPARATION OF AIR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR GEWINNUNG VON DRUCKSAUERSTOFF UND DRUCKSTICKSTOFF DURCH TIEFTEMPERATURZERLEGUNG VON LUFT



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for obtaining compressed oxygen and compressed nitrogen by the low-temperature separation of air in a distillation column system for nitrogen-oxygen separation, said distillation column system having at least one high-pressure column (8) and one low-pressure column (460), wherein the low-pressure column (460) is in a heat-exchanging connection with the high-pressure column (8) by means of a main condenser (461) designed as a condenser-evaporator. Feed air is compressed in an air compressor (2). The compressed feed air (6, 734, 802, 840) is cooled down in a main heat exchanger (20) and at least partially introduced into the high-pressure column (8). An oxygen-enriched liquid (462, 465) is removed from the high-pressure column (8) and fed to the low-pressure column (460) at a first intermediate position (464, 467, 906). A nitrogen-enriched liquid (468, 470) is removed from the high-pressure column (8) and/or the main condenser (461) and fed to the head of the low-pressure column (460). A liquid oxygen flow (11, 12) is removed from the distillation column system for nitrogen-oxygen separation, brought to an elevated pressure in the liquid state (13), introduced into the main heat exchanger (20) at said elevated pressure, evaporated or pseudo-evaporated and heated to approximately ambient temperature in the main heat exchanger (20), and finally obtained as a gaseous compressed oxygen product (14). A high-pressure process flow (34, 734) is brought into indirect heat exchange with the oxygen flow in the main heat exchanger (20) and then depressurized (36, 38; 736, 738), wherein the depressurized high-pressure flow (37, 737) is introduced at least partially in the liquid state into the distillation column system for nitrogen-oxygen separation. A gaseous circuit nitrogen flow (18, 19) is drawn from

the high-pressure column and at least partially (21) compressed in a circuit compressor (22). A first sub-flow (45, 46; 244, 242, 230; 845, 846) of the circuit nitrogen flow is removed from the circuit compressor (22, 322), cooled down in the main heat exchanger (20), at least partially condensed in the bottom evaporator (9, 209) of the high-pressure column (8) in indirect heat exchange with the bottom liquid of the high-pressure column (8), and conducted back into the distillation column system for nitrogen-oxygen separation.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/019753 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

---

separation. A second sub-flow of the circuit nitrogen flow is branched off upstream and/or downstream of the circuit compressor and/or from an intermediate stage of the circuit compressor at a product pressure (P, P1, P2, P3, P4) and obtained as a compressed nitrogen product (27, 29, 53, 564, 565). The circuit compressor (22, 322) is designed as a hot compressor and is driven by means of external energy.

(57) **Zusammenfassung:** Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Gewinnung von Drucksauerstoff und Druckstickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das mindestens eine Hochdrucksäule (8) und eine Niederdrucksäule (460) aufweist, wobei die Niederdrucksäule (460) über einen als Kondensator-Verdampfer ausgebildeten Hauptkondensator (461) mit der Hochdrucksäule (8) in wärmetauschender Verbindung steht. Einsatzluft wird in einem Luftverdichter (2) verdichtet. Die verdichtete Einsatzluft (6, 734, 802, 840) wird in einem Hauptwärmetauscher (20) abgekühlt und mindestens teilweise in die Hochdrucksäule (8) eingeleitet. Eine sauerstoffangereicherte Flüssigkeit (462, 465) wird aus der Hochdrucksäule (8) entnommen und der Niederdrucksäule (460) an einer ersten Zwischenstelle zugeführt (464, 467, 906). Eine stickstoffangereicherte Flüssigkeit (468, 470) wird aus der Hochdrucksäule (8) und/oder dem Hauptkondensator (461) entnommen und auf den Kopf der Niederdrucksäule (460) aufgegeben. Ein flüssiger Sauerstoffstrom (11, 12) wird aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (13), unter diesem erhöhten Druck in den Hauptwärmetauscher (20) eingeleitet, im Hauptwärmetauscher (20) verdampft oder pseudo-verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als gasförmiges Drucksauerstoffprodukt (14) gewonnen. Ein Hochdruck-Prozessstrom (34, 734) wird in dem Hauptwärmetauscher (20) in indirekten Wärmeaustausch mit dem Sauerstoffstrom gebracht und anschließend entspannt (36, 38; 736, 738) wird, wobei der entspannte Hochdruckstrom (37, 737) mindestens teilweise in flüssigem Zustand in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet. Ein gasförmiger Kreislaufstickstoffstrom (18, 19) wird aus der Hochdrucksäule abgezogen und mindestens zum Teil (21) in einem Kreislaufverdichter (22) verdichtet. Ein erster Teilstrom (45, 46; 244, 242, 230; 845, 846) des Kreislaufstickstoffstroms wird aus dem Kreislaufverdichter (22, 322) entnommen, in dem Hauptwärmetauscher (20) abgekühlt, in dem Sumpfordampfer (9, 209) der Hochdrucksäule (8) in indirektem Wärmeaustausch mit der Sumpfflüssigkeit der Hochdrucksäule (8) mindestens teilweise verflüssigt und in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung zurückgeleitet. Ein zweiter Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms wird stromaufwärts und/oder stromabwärts des Kreislaufverdichters und/oder von einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters unter einem Produktdruck (P, P1, P2, P3, P4) abgezweigt und als Druckstickstoffprodukt (27, 29, 53, 564, 565) gewonnen. Der Kreislaufverdichter (22, 322) ist als warmer Verdichter ausgebildet und wird mittels externer Energie angetrieben.

BeschreibungVerfahren und Vorrichtung zur Gewinnung von Drucksauerstoff und Druckstickstoff  
durch Tieftemperaturzerlegung von Luft

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Drucksauerstoff und  
5 Druckstickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß dem Oberbegriff des  
Patentanspruchs 1.

Das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung kann bei der Erfindung  
als Zwei-Säulen-System (zum Beispiel als klassisches Linde-Doppelsäulensystem),  
10 oder auch als Drei- oder Mehr-Säulen-System ausgebildet. Zusätzlich zu den Kolonnen  
zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung können weitere Vorrichtungen zur Gewinnung  
hochreiner Produkte und/oder anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen  
vorgesehen sein, beispielsweise eine Argongewinnung und/oder eine Krypton-Xenon-  
Gewinnung.

15

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

25 Unter "Hochdrucksäule" wird hier eine Säule verstanden, die unter  
überatmosphärischem Betriebsdruck von mindestens 4 bar, in der Regel etwa  
zwischen 4 und 6 bar betrieben wird, manchmal auch unter weiter erhöhtem Druck. Die  
"Niederdrucksäule" weist einen niedrigeren Betriebsdruck auf und steht mit der  
Hochdrucksäule über einen gemeinsamen Kondensator-Verdampfer in  
30 wärmetauschender Verbindung.

Der "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft und kann durch einen einzelnen Wärmetauscherblock oder auch durch eine Mehrzahl von Wärmetauscherblöcken gebildet sein.

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Erzeugung von gasförmigem Drucksauerstoff, bei dem die Druckerhöhung im Flüssigprodukt vorgenommen und die Hochdruckflüssigkeit anschließend in indirektem Wärmeaustausch mit einem Hochdruck-Prozessstrom (Wärmeträger) verdampft (beziehungsweise - bei überkritischem Druck - pseudo-verdampft) wird. Dieser Verfahrenstyp wird häufig als
- 10 "Innenverdichtung" bezeichnet und ist beispielsweise in Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985, S. 319-322 beschrieben. Als Hochdruck-Prozessstrom kann Stickstoff oder Einsatzluft eingesetzt werden. Der Produktdruck der Innenverdichtung beträgt beispielsweise 6 bis 100 bar, vorzugsweise 30 bis 95 bar. Der obere Kreislaufdruck des Stickstoffkreislaufs liegt beispielsweise zwischen 20 und
- 15 90 bar, vorzugsweise zwischen 20 und 75 bar.

Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus JP 11118352 A bekannt.

- 20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die wirtschaftlich besonders günstig sind und insbesondere einen besonders niedrigen Energieverbrauch bei vertretbarem apparativen Aufwand aufweisen.

- 25 Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Der Kreislaufverdichter ist als warmer Verdichter ausgebildet, das heißt er wird mit einer Eintrittstemperatur betrieben, die oberhalb von 250 K, insbesondere oberhalb von 270 K liegt. Außerdem wird er mittels externer Energie angetrieben, also zum Beispiel mit einem Elektromotor oder einer Dampfturbine, jedenfalls nicht mit einer Turbine, die einen Prozessstrom der Luftzerlegung entspannt. Entgegen der Grundidee
- 30 der JP 11118352 A wird der Kreislaufverdichter nicht als Kaltverdichter betrieben und auch nicht von einer Turbine angetrieben, in welcher der Kreislaufstickstoffstrom entspannt wird.

- 35 Hierdurch kann der Kreislaufstickstoffstrom unabhängig vom Kältebedarf der Anlage eingestellt werden. Insbesondere kann die Heizleistung im Sumpfverdampfer der

Hochdrucksäule frei gewählt werden. Damit kann das Verfahren erheblich flexibler an aktuelle Bedürfnisse angepasst und damit energetisch günstiger betrieben werden.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Hochdrucksäule mit einem  
5 Betriebsdruck (am Kopf) von beispielsweise 5 bis 6,5 bar, vorzugsweise 5,2 bis 6,2 bar betrieben. Im Fall des Einsatzes eines Zwei- oder Mehr-Kolonnen-Systems als Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung beträgt der Niederdrucksäulendruck weniger als 2 bar, vorzugsweise weniger als 1,6 bar.

10 Der "gasförmige Kreislaufstickstoffstrom" aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung zum Kreislaufverdichter wird vorzugsweise vom Kopf der Hochdrucksäule abgezogen.

Der Produktdruck des Druckstickstoffprodukts kann gleich, niedriger oder höher als der  
15 Druck sein, unter dem der erste Teilstrom aus dem Kreislaufverdichter abgezogen wird, er liegt beispielsweise auf dem Niveau des Betriebsdrucks der Hochdrucksäule oder höher. Das Druckstickstoffprodukt kann in einer Mehrzahl von Unterströmen unter unterschiedlichen Drücken abgegeben werden; in diesem Fall wird die Gesamtheit des Druckstickstoffprodukts hier als "zweiter Teilstrom" bezeichnet.

20 Im Rahmen einer Weiterbildung der Erfindung kann die Menge des im unteren Abschnitt der Niederdrucksäule aufsteigenden Dampfs durch die Einstellung der Menge des zweiten Teilstroms des Kreislaufstickstoffstroms eingestellt werden und die Menge der Rücklaufflüssigkeit im oberen Teil der Niederdrucksäule indirekt über die  
25 Einstellung der Menge des ersten Teilstroms des Kreislaufstickstoffstroms, also die Heizleistung des Hochdrucksäulen-Sumpfordampfers. Hiermit kann das Rücklaufverhältnis sowohl im oberen als auch im unteren Teil der Niederdrucksäule optimiert werden.

30 Wird die Menge des ersten Teilstroms des Kreislaufstroms erhöht oder vermindert und dadurch mehr oder weniger Stickstoff im Sumpfordampfer kondensiert, steht eine entsprechend veränderte Menge an flüssigem Stickstoff als Rücklaufflüssigkeit in der Hochdrucksäule zur Verfügung und es kann mehr oder weniger Hochdruckstickstoff  
35 entnommen werden; es spielt dabei keine Rolle ob ein Teil des flüssigen Stickstoffs aus dem Sumpfordampfer unmittelbar in die Niederdrucksäule eingeleitet wird, oder

ob er in die Hochdrucksäule eingeleitet wird und damit entsprechend mehr (oder weniger) flüssiger Stickstoff aus der Hochdrucksäule beziehungsweise aus dem Hauptkondensator in die Niederdrucksäule übergeleitet werden kann. Wird weniger oder mehr Hochdrucksäulen-Stickstoff als "zweiter Teilstrom" entnommen und steht  
5 somit mehr oder weniger Heizleistung am Hauptkondensator zur Verfügung, wird entsprechend mehr oder weniger aufsteigender Dampf für den unteren Teil der Niederdrucksäule erzeugt.

Das Verfahren eignet sich insbesondere für die Gewinnung von unreinem  
10 Drucksauerstoff mit einer Reinheit von weniger 98 mol-%, vorzugsweise von 97 % oder weniger. Es kann besonders vorteilhaft bei IGCC-Anlagen eingesetzt werden, in denen mindestens ein Teil des Drucksauerstoffprodukts in eine Kohlevergasung zur Erzeugung eines Brenngases eingeleitet wird und mindestens ein Teil des Druckstickstoffprodukts zum Kohletransport eingesetzt wird.

15 Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Verfahren mit konstanter Gesamtdruckstickstoffproduktmenge gefahren werden, wobei die Gesamtdruckstickstoffproduktmenge durch die Summe der Mengenströme gebildet wird, die stromaufwärts und/oder stromabwärts des Kreislaufverdichters und/oder von  
20 einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters unter einem Produktdruck aus dem Kreislaufstickstoffstrom abgezweigt und als Druckstickstoffprodukt gewonnen werden, also die Gesamtmenge an Stickstoffprodukt, die letztendlich von der Hochdrucksäule kommt und nicht aus der Niederdrucksäule oder einer anderen Säule. (Diese und alle anderen Mengenangaben sind molar zu verstehen.)

25 In einer bevorzugten Ausgestaltung wird das Verfahren jedoch mit variabler Last gefahren, wobei  
in einem ersten Lastfall

- eine erste Gesamtdruckstickstoffproduktmenge PN1 gewonnen wird,
- 30 - der erste Teilstrom in einer ersten Teilstrommenge TS1 durch den Sumpferdampfer der Hochdrucksäule geführt wird und
- die Einsatzluft in einer ersten Einsatzluftmenge EL1 in den Luftverdichter eingeleitet wird,

und wobei in einem zweiten Lastfall

- eine zweite, höhere Gesamtdruckstickstoffproduktmenge PN2 gewonnen wird,  
PN2 > PN1,
  - der erste Teilstrom in einer zweiten, höheren Teilstrommenge TS2 durch den  
Sumpfordampfer der Hochdrucksäule geführt wird, TS2 > TS1, und
  - 5 - die Einsatzluft in einer zweiten Einsatzluftmenge EL2 in den Luftverdichter  
eingeleitet wird, wobei die zweite Einsatzluftmenge EL2 gleich der ersten  
Einsatzluftmenge EL1 oder nur unwesentlich höher ist, wobei gilt  
(EL2 - EL1)/EL1 < 0,2 · (PN2 - PN1)/PN1.
- 10 Trotz der erhöhten Gesamtproduktion an Druckstickstoff bleibt also die  
Einsatzluftmenge gleich oder wird nur unwesentlich erhöht. "Unwesentlich" bedeutet  
hier, dass die relative Änderung der Luftmenge höchstens ein Fünftel, vorzugsweise  
weniger als ein Zehntel der relativen Änderung der Produktmenge an Druckstickstoff  
beträgt. Wenn in einem konkreten Beispiel die Gesamtdruckstickstoffproduktmenge  
15 PN2 im zweiten Lastfall um 50 % höher als im ersten, wird die zweite Einsatzluftmenge  
EL2 um weniger als 10 % erhöht, vorzugsweise bleibt sie gleich. Mit gleich bleibender  
oder nur geringfügig erhöhter Luftmenge kann also eine wesentliche Erhöhung der  
Gesamtproduktion an Druckstickstoff erreicht werden. Außerdem führt die im  
Wesentlichen gleich bleibende Luftmenge dazu, dass der Trennprozess innerhalb des  
20 Destilliersäulen-Systems bei einer Laständerung nur relativ wenig gestört wird und  
damit die Produktreinheiten weitgehend konstant bleiben. Außerdem kann die Menge  
an gasförmigem Drucksauerstoffprodukt gleich bleiben beziehungsweise sich nur  
unwesentlich ändern.
- 25 In einem konkreten Beispiel wird ein zweiter Teilstrom stromabwärts des  
Kreislaufverdichters als einziges Druckstickstoffprodukt entnommen. Bei einer  
Lasterhöhung von einem ersten zu einem zweiten Lastfall wird die  
Gesamtdruckstickstoffproduktmenge (also hier die Menge des zweiten Teilstroms) um  
25 % erhöht (PN2 = 1,25 PN1). Gleichzeitig wird die Menge des Heizstroms des  
30 Hochdrucksäulen-Sumpfordampfers um ca. 45 % erhöht (TS2 = 1,45 TS1), die  
Einsatzluftmenge bleibt dabei aber unverändert. Die Änderung des ersten Teilstroms  
hängt linear mit der Druckstickstoffprodukt-Änderung zusammen.
- Die Erhöhung der Druckstickstoff-Entnahme mit gleich bleibender Einsatzluftmenge hat  
35 einen fast unveränderten Sauerstoffgehalt im unreinen Stickstoff-Produkt der

Niederdrucksäule (UN2) zur Folge. Die Menge des innenverdichteten Produkt - Sauerstoffs bleibt konstant. Mit der Erhöhung der Druckstickstoff-Entnahme wird die UN2-Menge kleiner, die gleichzeitig die aufsteigende Gasmenge in der Niederdrucksäule bestimmt. Erhöht man die Druckstickstoff-Entnahme um  
5 10.000 Nm<sup>3</sup>/h, vermindert sich auch die UN2-Menge um 10.000 Nm<sup>3</sup>/h. Die Last am Hauptkondensator ist also direkt proportional der Druckstickstoff-Entnahme. Werden zum Beispiel 10.000 Nm<sup>3</sup>/h mehr entnommen, werden 10.000 Nm<sup>3</sup>/h weniger Stickstoff am Hauptkondensator verflüssigt. Die Wasch-LIN-Flüssigkeit für die Niederdrucksäule wird ebenfalls entsprechend kleiner (um ca.  $0,4 \cdot 10.000 = 4.000$  Nm<sup>3</sup>/h). Das heißt das  
10 Rücklaufverhältnis im oberen Abschnitt der Niederdrucksäule bleibt fast unverändert. Die Wasch-LIN-Flüssigkeit für die Drucksäule (aus dem Hauptkondensator) wird dabei um ca.  $0,6 \cdot 10.000 = 6.000$  Nm<sup>3</sup>/h geringer. Um aber die Produktreinheiten nicht zu verlieren, muss das Rücklaufverhältnis in der Drucksäule "wiederhergestellt" werden. Dieses wird nun durch entsprechende Erhöhung des ersten Teilstroms sichergestellt.  
15 Die Regelung des ersten Teilstroms kann dabei mittels eines AIC-Reglers erfolgen (zum Beispiel mit Konstanthalten der Sauerstoff-Produktreinheit).

Es ist ferner vorteilhaft, wenn ein dritter Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms als  
20 Turbinenstrom aus dem Kreislaufverdichter entnommen wird, arbeitsleistend entspannt und mindestens teilweise in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet wird. Die bei der arbeitsleistenden Entspannung des Turbinenstroms erzeugte Energie wird vorzugsweise mechanisch auf einen Nachverdichter übertragen, in dem beispielsweise der Turbinenstrom stromaufwärts  
25 der arbeitsleistenden Entspannung und/oder der erste Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms stromaufwärts seiner Einleitung in den Hauptwärmetauscher nachverdichtet werden.

Alternativ kann Prozesskälte durch arbeitsleistende Entspannung eines Teilstroms der  
30 Einsatzluft gewonnen werden. Die dabei gewonnene mechanische Energie wird vorzugsweise auf einen Nachverdichter für die Turbinenluft übertragen.

Es ist günstig, wenn bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eine Flüssigfraktion aus der Hochdrucksäule unter dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule in einen  
35 Kondensator-Verdampfer eingeleitet und dort in indirektem Wärmeaustausch mit

mindestens einem Teil des arbeitsleistend entspannten Turbinenstroms mindestens teilweise verdampft wird, wobei der dabei erzeugte Dampf mindestens teilweise in die Hochdrucksäule zurückgeleitet wird. Das Aufkochen der Hochdrucksäule verbessert deren Trennwirkung. Als Heizmittel wird im Rahmen der Erfindung kein eigens zu verdichtender Strom eingesetzt, sondern der ohnehin auf geeignetem Druckniveau vorhandene Turbinenstrom. Der Kreislaufverdichter wird somit zu einem weiteren Zweck, der Ausheizung der Hochdrucksäule genutzt.

Der "Kondensator-Verdampfer", in dem eine Flüssigfraktion aus der Hochdrucksäule aufgeköcht wird, ist als vom Hauptwärmetauscher getrennter Wärmetauscher ausgeführt, insbesondere als mindestens ein Plattenwärmetauscherblock, höchst vorzugsweise als ein einziger Plattenwärmetauscherblock; er kann innerhalb der Hochdrucksäule angeordnet sein oder auch außerhalb in einem separaten Behälter.

Die Flüssigfraktion zum Kondensator-Verdampfer kann aus dem Sumpf der Hochdrucksäule entnommen werden - der Kondensator-Verdampfer stellt dann den Sumpfverdampfer dar und ist vorzugsweise unmittelbar im Sumpf der Hochdrucksäule angeordnet. Alternativ ist der Kondensator-Verdampfer als Zwischenverdampfer der Hochdrucksäule ausgebildet und beispielsweise auf einem Zwischenniveau im Inneren der Hochdrucksäule angeordnet; die Flüssigfraktion für den Kondensator-Verdampfer wird dann an der entsprechenden Zwischenstelle der Hochdrucksäule abgezogen. In diesem Fall werden der Sumpf- und der Zwischenverdampfer von verschiedenen Teilströmen des Kreislaufstickstoffstroms beheizt, die bei unterschiedlichen geeigneten Drücken aus dem Kreislaufverdichter entnommen werden.

Häufig ist der Druck des ersten Teilstroms des Kreislaufstickstoffstroms der höchste im Verfahren benötigte Druck. Bei besonders hohem Kältebedarf kann auch der dritte Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms (Turbinenstrom) auf diesem Druckniveau aus dem Kreislaufverdichter abgezogen werden. In vielen Fällen ist es aber günstig, den dritten Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms unter einem oberen Zwischendruck (P3, P4) von einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters abzuziehen und anschließend der arbeitsleistenden Entspannung zuzuführen. Der Eintrittsdruck der arbeitsleistenden Entspannung liegt dann etwa auf dem Niveau des oberen Zwischendrucks, kann aber gegebenenfalls durch einen an die Entspannungsmaschine gekoppelten

Nachverdichter erhöht werden.

Der erste Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms kann unter einem hohen Druck (P4) aus dem Kreislaufverdichter abgezogen werden, der höher als der Zwischendruck (P3) ist, bei dem der dritte Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms aus dem

- 5 Kreislaufverdichter entnommen wird; anschließend wird der erste Teilstrom unter diesem hohen Druck oder unter einem noch höheren Druck in den Hauptwärmetauscher eingeleitet. Damit lässt sich einerseits ein besonders hoher Produktdruck für das gasförmige Drucksauerstoffprodukt realisieren, andererseits ist dieses Druckniveau entkoppelt von dem Eintrittsdruck der arbeitsleistenden
- 10 Entspannung, der niedriger sein kann. Darüber hinaus kann auch ein Teil des Kreislaufstickstoffstroms unter dem hohen Druck als Druckstickstoffprodukt gewonnen werden, ohne dass zusätzlicher Maschinenaufwand notwendig wäre.

- In einer ersten Betriebsweise wird ein vierter Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms
- 15 unter einem unteren Zwischendruck (P2) von einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters abgezogen, in einer Zwischendruckpassage des Hauptwärmetauschers abgekühlt und mit dem arbeitsleistend entspannten Turbinenstrom stromaufwärts des Kondensator-Verdampfers vermischt. Dies ist insbesondere dann günstig, wenn der Turbinenstrom zur Ausheizung der
- 20 Hochdrucksäule in dem ersten Kondensator-Verdampfer genutzt wird. Wenn relativ wenig Kälte benötigt wird, kann der Turbinenstrom so klein sein, dass er alleine nicht mehr die für die Kolonnenheizung benötigte Wärme aufbringen kann. Durch die Zumischung des vierten Teilstroms kann zusätzliche Wärme in den Kondensator-Verdampfer eingetragen werden. Kälteerzeugung und Kolonnenbetrieb sind damit
- 25 unabhängig. Die Kälteleistung, die durch den Turbinenstrom erbracht wird, kann in weitem Bereich variiert werden, ohne dass die den Betrieb des Destilliersäulen-Systems beeinflusst.

- Umgekehrt kann in einer zweiten Betriebsweise ein Teil des arbeitsleistend
- 30 entspannten Turbinenstroms in der Zwischendruckpassage des Hauptwärmetauschers angewärmt und dem Kreislaufverdichter an einer Zwischenstufe zugeführt werden. Dies ist vor Allem dann vorteilhaft, wenn viel Kälte erzeugt wird und der Turbinenstrom damit zu groß für die Beheizung des ersten Kondensator-Verdampfers ist. Für diese Rückführung und für die Führung des vierten Teilstroms in der ersten Betriebsweise

wird vorzugsweise eine Pendelleitung, die durch dieselben Passagen des Hauptwärmetauschers führt ("Zwischenpassage").

5 Vorzugsweise wird der flüssige Sauerstoffstrom für die Innenverdichtung aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule entnommen

10 Zusätzlich kann eine Zwischenflüssigkeit, deren Sauerstoffgehalt zwischen demjenigen der sauerstoffangereicherten Flüssigkeit und demjenigen der stickstoffangereicherten Flüssigkeit liegt, aus der Hochdrucksäule entnommen und der Niederdrucksäule an einer zweiten Zwischenstelle zugeführt werden, die oberhalb der ersten Zwischenstelle angeordnet ist, wobei die Zwischenflüssigkeit insbesondere in Höhe eines Zwischenverdampfers der Hochdrucksäule entnommen wird.

15 Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Gewinnung von Drucksauerstoff und Druckstickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß den Patentansprüchen 12 bis 14.

20 Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert, die alle als Zwei-Säulen-Systeme ausgebildet sind. Hierbei zeigen:

- Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit zwei Kondensator-Verdampfern in der Hochdrucksäule, bei dem die arbeitsleistende Entspannung auf den Eintrittsdruck der zweiten Stufe des Kreislaufverdichters führt,
- 25 Figur 2 eine Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels, bei dem die arbeitsleistende Entspannung auf den Eintrittsdruck der zweiten Stufe des Kreislaufverdichters führt,
- Figur 3 ein Ausführungsbeispiel mit nur einem Kondensator-Verdampfer in der Hochdrucksäule und Nachverdichtung des Turbinenstroms,
- 30 Figur 4 eine Abwandlung dieser Variante mit Nachverdichtung des ersten Teilstroms des Kreislaufstickstoffstroms,
- Figuren 5 bis 7 weitere Ausführungsbeispiele mit zwei Kondensator-Verdampfern in der Hochdrucksäule und

Figuren 8 und 9 zwei Ausführungsbeispiele mit nur einem Kondensator-Verdampfer in der Hochdrucksäule und mit einer Luftturbine.

In den Zeichnungen nicht dargestellt ist, wie atmosphärische Luft auf bekannte Weise über ein Filter von einem Luftverdichter angesaugt und auf einen Druck von ca. 6 bar verdichtet und weiter über eine Vorkühlungseinrichtung und eine Reinigungseinrichtung geführt wird.

In **Figur 1** wird die verdichtete und gereinigte Einsatzluft 6 in einem Hauptwärmetauscher 20 auf etwa Taupunkt abgekühlt und über Leitung 7 einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung zugeführt, das in dem Beispiel aus einer Hochdrucksäule 8 und den ihr zugeordneten Kolonnenverdampfern, einem Sumpfverdampfer 9 und einem Zwischenverdampfer 10 besteht, sowie aus einer Niederdrucksäule 460 und aus einem Hauptkondensator 461, über den die Hochdrucksäule 8 und die Niederdrucksäule 460 in wärmetauschender Verbindung stehen, indem das Kopfgas der Hochdrucksäule in indirekten Wärmeaustausch mit der Sumpfflüssigkeit der gebracht wird. Der Betriebsdruck am Kopf der Niederdrucksäule 460 beträgt ca. 1,4 bar. Der Hauptwärmetauscher 20 kann integriert oder gesplittet ausgeführt werden, Figur 1 und die nachfolgenden Zeichnungen zeigen nur die Grundfunktion des Tauschers - warme Ströme werden durch kalte gekühlt.

Die Sumpfflüssigkeit 462 ("sauerstoffangereicherte Flüssigkeit") aus der Hochdrucksäule 8 beziehungsweise von der Verflüssigungsseite ihres Sumpfverdampfers 9 wird vollständig durch einen ersten Unterkühlungs-Gegenströmer 16 und einen zweiten Unterkühlungs-Gegenströmer 415 geführt, in einem Drosselventil 463 auf Niederdrucksäulendruck entspannt und über Leitung 464 der Niederdrucksäule an einer ersten Zwischenstelle zugeführt. Ein Teil 465 der Zwischenflüssigkeit der Hochdrucksäule 8, die an der Verflüssigungsseite des Zwischenverdampfers 10 anfällt, wird von dort abgezogen, ebenfalls in den Unterkühlungs-Gegenströmern 16 und 416 unterkühlt und nach Drosselung 466 über Leitung 467 an einer zweiten Zwischenstelle der Hochdrucksäule 8 zugeleitet, die oberhalb der ersten Zwischenstelle liegt. Ein dritter Einsatzstrom in Form von unreinem flüssigen Stickstoff 468 wird nach Unterkühlung 16/416 und Drosselung 469 über Leitung 470 auf den Kopf der Niederdrucksäule 460 aufgegeben.

Der flüssige Sauerstoff wird hier vom Sumpf der Niederdrucksäule 460 beziehungsweise von der Verflüssigungsseite des Hauptkondensators 461 entnommen und analog zu Strom 11 der Figur 1 in einen Innenverdichtungsstrom ("flüssiger Sauerstoffstrom") 412 und ein Flüssigprodukt (415/417) aufgeteilt.

5

Im Sumpf der Niederdrucksäule 460 wird flüssiger Sauerstoff 11 erzeugt, der zu einem ersten Teil als "flüssiger Sauerstoffstrom" 12 in einer Pumpe 13 der - je nach Produkthanforderungen - auf einen Druck von 6 bis 100 bar gebracht wird. Die Flüssigkeit (IC-LOX) wird unter diesem erhöhten Druck in den Hauptwärmetauscher 20 eingeleitet, im Hauptwärmetauscher verdampft oder pseudo-verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Schließlich wird der Sauerstoff als gasförmiges Drucksauerstoffprodukt 14 gewonnen.

10

Ein anderer Teil 15 der Sumpfflüssigkeit 11 der Niederdrucksäule 460 wird - gegebenenfalls nach Unterkühlung in dem Unterkühlungs-Gegenströmer 416 über Leitung 17 als flüssiges Sauerstoffprodukt (LOX) abgegeben.

15

Vom Kopf der Hochdrucksäule 8 wird über Leitung 18 Stickstoff als "gasförmiger Kreislaufstickstoffstrom" abgezogen, in dem Unterkühlungs-Gegenströmer 16 und weiter (Leitung 19) im Hauptwärmetauscher 20 angewärmt und schließlich mindestens zu einem ersten Teil über Leitung 21 der ersten Stufe 23 eines Kreislaufverdichters 22 zugeführt, der in dem Beispiel vier Stufen 23, 25, 560 mit Nachkühlern 24, 16, 561 aufweist. (Die beiden letzten Verdichterstufen 560 und Nachkühler 561 sind vereinfacht dargestellt und können verfahrenstechnisch auch als zusätzlicher Produktverdichter zum dann als zweistufig anzusehenden Kreislaufverdichter 23/25 betrachtet werden) und mittels eines Elektromotors angetrieben wird; alternativ zu 23/25 kann ein Kreislaufverdichter im engeren Sinne mit drei oder mehr als vier Stufen eingesetzt werden.) Ein anderer Teil des Kreislaufstickstoffstroms kann als Druckstickstoffprodukt 27 (PGAN) unter etwa dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule gewonnen werden.

20

25

30

In der ersten Stufe 23 des Kreislaufverdichters 22 wird der Kreislaufstickstoffstrom auf einen ersten Zwischendruck (P1-GAN) von ca. 9 bar und in der zweiten Stufe 25 weiter auf einen zweiten Zwischendruck (P2-GAN) von ca. 12 bar verdichtet. Die beiden letzten Stufen 560 komprimieren auf einen hohen Druck, der das 1,4 bis 2,5-Fache des Sauerstoffdrucks beträgt (P4-GAN), beziehungsweise einen dritten

35

Zwischendruck (P3-GAN). (Weitere) Druckstickstoffproduktströme können - je nach Bedarf - von jedem dieser Druckniveaus (Leitungen 27, 53, 29, 565, 564) abgezogen werden; die Gesamtheit dieser Druckstickstoffproduktströme bildet einen "zweiten Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms". Ein Teil des Kreislaufstickstoffstroms auf  
5 einem dieser Niveaus bildet einen "dritten Teilstrom", wird in einem Nachverdichter 566 auf den 1,3 bis 2-fachen Druck nachverdichtet und nach Nachkühlung als Turbinenstrom 40 im Hauptwärmetauscher auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und schließlich in einer Entspannungsmaschine 41, die vorzugsweise durch eine Expansionsturbine gebildet wird, arbeitsleistend entspannt. Der arbeitsleistend  
10 entspannte Turbinenstrom 42 wird zu mindestens einem ersten Teil 30 in dem Zwischenverdampfer 9 ("erster Kondensator-Verdampfer") der Hochdrucksäule 8 als Heizmittel eingesetzt. Hierbei wird er in indirektem Wärmeaustausch mit verdampfender Zwischenflüssigkeit der Hochdrucksäule 8 mindestens teilweise verflüssigt. Anschließend wird dieser Strom über die Leitung 31, durch den  
15 Unterkühlungs-Gegenströmer 16, das Drosselventil 32 und schließlich Leitung 33 wieder in den Kopf der Hochdrucksäule 8 zurückgeleitet.

Für eine konkrete Anlage wird je nach Kältebedarf einer der Drücke P2-GAN bis P4-GAN für den Strom 540 ausgewählt und eine entsprechende Verrohrung realisiert. Die  
20 in der Expansionsturbine 41 erzeugte mechanische Leistung wird durch mechanische Kopplung auf den Nachverdichter 566 übertragen. Alternativ kann die Turbine 41 an einen anderen Verdichter, einen Generator oder an eine dissipative Bremsenrichtung gekoppelt sein.

25 Am Kopf der Hochdrucksäule 8 kann Flüssigstickstoff 43 als weiterer Produktstrom (PLIN) abgezogen werden

Mindestens ein Teil des Kreislaufstickstoffstroms, der auf den Enddruck des Kreislaufverdichters 22 verdichtet wurde, bildet eine "Hochdruck-Prozessstrom", der im  
30 Hauptwärmetauscher 20 die Wärme für die (Pseudo-)Verdampfung des flüssigen Drucksauerstoffs liefert. Der kalte Hochdruck-Prozessstrom 35 wird in dem Unterkühlungs-Gegenströmer 16 abgekühlt (in Figur 1 nicht dargestellt), in einem Drosselventil 36 auf Hochdrucksäulendruck entspannt und schließlich über Leitung 37 auf den Kopf der Hochdrucksäule 8 aufgegeben. Die Entspannung auf  
35 Hochdrucksäulendruck kann alternativ auch arbeitsleistend in einer Flüssigturbine 38

durchgeführt werden; in dem dargestellten Beispiel wird die Flüssigturbine 38 durch einen Generator 39 gebremst.

5 Vom Kopf der Niederdrucksäule 460 wird Unreinstickstoff 50 als Restgas abgezogen, in den Unterkühlungs-Gegenströmern 416 und 16 und weiter (Leitung 51, P-UN2) im Hauptwärmetauscher 20 angewärmt und schließlich über Leitung 52 als Restprodukt abgegeben; es kann in dem Verfahren noch als Regeneriergas oder als trockenes Gas in einem Verdunstungskühler genutzt werden.

10 Ein Teil 45 des Kreislaufstickstoffstroms stromabwärts der ersten Stufe 23 des Kreislaufverdichters 22 bildet einen "ersten Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms" und wird - nach Abkühlung im Hauptwärmetauscher 20 - als Zwischendruck-Kreislaufstickstoffstrom 46 in dem Sumpfvverdampfer 9 der Hochdrucksäule mindestens teilweise verflüssigt. Anschließend wird der Zwischendruck-Kreislaufstickstoffstrom  
15 über Leitung 47, den Unterkühlungs-Gegenströmer 16, und das Drosselventil 48 auf den Kopf der Hochdrucksäule 8 aufgegeben.

Eine Leitung 44, die durch eine Passagengruppe des Hauptwärmetauschers 20 ("Zwischenpassage") führt, wird in dem Ausführungsbeispiel als Pendelleitung  
20 betrieben.

In einer ersten Betriebsweise wird ein vierter Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms unter einem unteren Zwischendruck (P1-GAN) von der ersten Zwischenstufe des Kreislaufverdichters 22 abgezogen, in der Zwischendruckpassage des  
25 Hauptwärmetauschers abgekühlt und über die - in diesem Fall nach rechts durchströmte - Pendelleitung mit dem arbeitsleistend entspannten Turbinenstrom 42 stromaufwärts des ersten Kondensator-Verdampfers 10 vermischt. Dies ist insbesondere dann günstig, wenn relativ wenig Kälte benötigt wird und deshalb der Turbinenstrom für die Kolonnenheizung nicht ausreicht.

30

Umgekehrt kann in einer zweiten Betriebsweise ein Teil des arbeitsleistend entspannten Turbinenstroms in der Pendelleitung nach links geführt, in der Zwischendruckpassage des Hauptwärmetauschers angewärmt und dem Kreislaufverdichter 22 stromaufwärts der zweiten Stufe 25 wieder zugeführt werden.

Dies ist vor Allem dann vorteilhaft, wenn viel Kälte erzeugt wird und der Turbinenstrom damit zu groß für die Beheizung des ersten Kondensator-Verdampfers ist.

Das Verfahren von **Figur 2** unterscheidet sich dadurch von demjenigen der Figur 1, dass die arbeitsleistende Entspannung 41 einen höheren Austrittsdruck aufweist. Dieser liegt auf einem Niveau von ca. 12 bar, das hier am Austritt der zweiten Stufe 25 des Kreislaufverdichters 22 anliegt (P2-GAN). Dieser Druck reicht aus, um den Sumpfvverdampfer 209 der Hochdrucksäule 8 mit dem Strom 230 zu betreiben. Der "erste Teilstrom" zur Ausheizung des Sumpfvverdampfers 209 ist also teilweise identisch mit dem Turbinenstrom, dem "dritten Teilstrom". Die Pendelleitung 244 befindet sich ebenfalls auf dem höheren Druckniveau (P2-GAN). Als Heizmittel für den Zwischenverdampfer 210 wird hier ein Teilstrom 246 des Kreislaufstickstoffstroms verwendet, der stromaufwärts der zweiten Stufe 25 des Kreislaufverdichters 22 abgezweigt wird.

Bei dem Ausführungsbeispiel der **Figur 3** weist die Hochdrucksäule nur einen einzigen Kondensator-Verdampfer auf, den Sumpfvverdampfer 209. Gegenüber Figur 2 wurde der Zwischenverdampfer weggelassen. Dadurch kann auch der Kreislaufverdichter 322 eine Stufe weniger als in Figur 2 aufweisen.

**Figur 4** zeigt eine Abwandlung von Figur 3. Hier wird nicht der Turbinenstrom ("dritter Teilstrom") 440 durch den an die Turbine 41 gekoppelten Nachverdichter geschickt, sondern der "Hochdruck-Prozessstrom" 434, der anschließend im Hauptwärmetauscher 20 zur (Pseudo-)Verdampfung des Sauerstoffprodukts eingesetzt wird. Sowohl der erste als auch der dritte Teilstrom stammen hier vom Austritt der Endstufe des Kreislaufverdichters 322 (Druckniveau P4-GAN).

Alternativ kann in den Figuren 1 bis 3 statt der Turbinen-Nachverdichter-Kombination 41/566 auch eine Generatorturbine eingesetzt werden.

In **Figur 5** ist der Kreislaufverdichter 322 wie in den Figuren 3 und 4 ausgebildet; wobei er lediglich zwei Stufen 23, 25 aufweisen kann. Ansonsten ähnelt das hier dargestellte Verfahren mehr demjenigen von Figur 1, insbesondere weist die Hochdrucksäule 8 einen Zwischenverdampfer 10 auf.

In der ersten Stufe 23 des Kreislaufverdichters 22 wird der Kreislaufstickstoffstrom auf einen Zwischendruck von ca. 9 bar und in der zweiten Stufe 25 weiter auf einen oberen Kreislaufdruck von bis zu 16 bar verdichtet. Soweit der Stickstoff unter dem oberen Kreislaufdruck nicht über Leitung 29 als Druckstickstoffprodukt abgezogen wird, dient er hier ausschließlich als "erster Teilstrom" zur Ausheizung des Sumpferdampfers 9.

Die für das Verfahren benötigte Kälte wird durch arbeitsleistende Entspannung 541 eines Turbinenstroms 540 erzeugt, der in dem Beispiel durch Stickstoff gebildet wird, der er kommt von einem Stickstoffverdichter (zum Beispiel einem nicht dargestellten separaten Verdichter oder von einer zusätzlichen Stufe am Stickstoffkreislaufverdichter). Der Austrittsstrom 542 stromabwärts der arbeitsleistenden Entspannung 541 wird mit einem der Stickstoffströme auf einem der Druckniveaus PGAN, P1GAN oder P2GAN vermischt.

Die in der Expansionsturbine 41 erzeugt mechanische Leistung  $P_{turb}$  wird ins Warme abgegeben, insbesondere an einen Verdichter, einen Generator oder eine dissipative Bremse.

Als Hochdruck-Prozessstrom, der im Hauptwärmetauscher die Wärme für die (Pseudo-)Verdampfung des flüssigen Drucksauerstoffs liefert, wird in dem Beispiel ein Stickstoffstrom 534 eingesetzt, der unter einem geeigneten Druck steht und von einem Stickstoffverdichter kommt (zum Beispiel einem nicht dargestellten separaten Verdichter oder von einer zusätzlichen Stufe am Stickstoffkreislaufverdichter). Der Stickstoffstrom 34 kann grundsätzlich auch von jeder anderen Druckstickstoffquelle, also den Druckniveaus PGAN, P1-GAN oder P2-GAN stammen. Er kann auf jedes geeignete vorhandene Druckniveau PGAN oder P1-GAN entspannt und dann dem entsprechenden Kreislauf- oder Druckproduktstrom hinzugefügt werden. Alternativ führt die arbeitsleistende Entspannung führt auf Atmosphärenniveau und der entspannte Turbinenstrom wird schließlich - nach Anwärmung im Hauptwärmetauscher - drucklos abgegeben.

Der kalte Hochdruck-Prozessstrom 535 wird wie in Figur 1 geführt.

Das Verfahren von **Figur 6** unterscheidet sich von demjenigen der Figur 1 dadurch, dass der Austrittsdruck der arbeitsleistenden Entspannung 641 (Leitung 642) auf dem

Niveau PGAN des Betriebsdrucks der Hochdrucksäule 8 liegt. Dadurch kann entsprechend mehr Kälte für die Produktverflüssigung gewonnen werden.

5 Der Turbinenstrom 540 wird durch mindestens einen Teil eines der folgenden drei Ströme gebildet:

- 29 (P2-GAN) von der Endstufe des Kreislaufverdichters 28
- 565 (P3-GAN) von einer Zwischenstufe des Produktverdichters 560
- 564 (P4-GAN) von der Endstufe des Produktverdichters 560

10

Der Turbinenstrom wird arbeitsleistend auf etwa den Betriebsdruck der Drucksäule 8 entspannt. Der entspannte Turbinenstrom 642 wird schließlich dem Kreislaufstickstoffstrom 19 zugemischt, der vom Kopf der Drucksäule 8 kommt. Die Turbinenleistung wird hier an einen Stickstoff-Nachverdichter 666 abgegeben, der den  
15 Druck des Turbinenstroms weiter erhöht.

In dem Prozess von **Figur 7** wird der Hochdruck-Prozessstrom 734 nicht durch Stickstoff sondern durch einen Teilstrom der Einsatzluft gebildet. Dieser kann beispielsweise stromabwärts einer nicht dargestellten Reinigungseinrichtung  
20 abgezweigt und in einem Nachverdichter auf den benötigten Druck gebracht werden, der bis zu 90 bar betragen kann. (Hauptluftverdichter, Reinigungseinrichtung, Abzweigung und Nachverdichter sind in Figur 7 nicht dargestellt.) Analog zu den Figuren 1 bis 6 wird der Hochdruck-Prozessstrom 734 im Hauptwärmetauscher abgekühlt und (pseudo-)verflüssigt, im Drosselventil 736 auf Hochdrucksäulendruck  
25 entspannt und schließlich über Leitung 737 an einer geeigneten Zwischenstelle in die Hochdrucksäule 8 eingespeist. Ebenso analog zu den Figuren 1 bis 6 kann die Entspannung auf Drucksäulendruck auch arbeitsleistend in einer Flüssigturbine 738 durchgeführt werden, die vorzugsweise durch einen Generator 739 gebremst wird. Die in Figur 7 dargestellte Verwendung von Luft als Hochdruck-Prozessstrom kann auch  
30 auf die Prozessvarianten der Figuren 1 bis 6 angewendet werden.

Der Turbinenstrom 840 für die arbeitsleistende Entspannung 841 wird in Figur 7 nicht durch Stickstoff, sondern durch einen anderen Teil der Einsatzluft gebildet, hier insbesondere den Rest der Einsatzluft, der nicht als Hochdruck-Prozessstrom 734  
35 eingesetzt wird. Hierbei wird die Gesamtluft im Luftverdichter auf einen deutlich über

Hochdrucksäulendruck liegenden Druck von bis zu 90 bar verdichtet und anschließend auf den Turbinenstrom 840 und den Hochdruck-Prozessstrom 734 aufgeteilt.

(Alternativ können der Turbinenstrom 840 und/oder der Hochdruck-Prozessstrom separat weiter nachverdichtet werden.) Der entspannte Turbinenstrom wird an einer  
5 geeigneten Zwischenstelle in die Hochdrucksäule 8 eingeleitet.

Die zweite in Figur 7 dargestellte Abwandlung (Luftturbine statt Stickstoffturbine) kann ebenfalls bei den Verfahren der Figuren 1 bis 6), alleine oder in Kombination mit der Verwendung von Luft als Hochdruck-Prozessstrom.

10

Das Verfahren von **Figur 8** nutzt ebenfalls Einsatzluft als Hochdruck-Prozessstrom 734 und als Turbinenstrom 840. Die Gesamtluft wird in einem Hauptluftverdichter auf etwa Hochdrucksäulendruck verdichtet und anschließend in einer Reinigungseinrichtung gereinigt (beides ist in der Zeichnung nicht dargestellt). Die auf Hochdrucksäulendruck  
15 verdichtete und gereinigte Luft 801 wird in insgesamt drei Teilströme aufgeteilt, den Hochdruck-Prozessstrom 734, den Turbinenstrom 840 und außerdem in einen Direktluftstrom 802, 806, der ohne weitere druckverändernde Maßnahmen über Leitung 807 gasförmig in die Hochdrucksäule 8 eingeleitet wird. Der Hochdruck-Prozessstrom und der Turbinenstrom werden gemeinsam über Leitung 802 zu einem  
20 ersten extern angetriebenen Nachverdichter 803 mit Nachkühler 804 geführt und anschließend weiter verzweigt. Während der Hochdruck-Prozessstrom in einem weiteren extern angetriebenen Nachverdichter 808 mit Nachkühler 809 auf einen besonders hohen Druck weiter verdichtet wird, strömt der Turbinenstrom durch einen Nachverdichter 810, der von der Entspannungsmaschine 841 angetrieben wird, die  
25 durch einen Turboexpander gebildet wird und mechanisch über eine gemeinsame Welle mit dem Nachverdichter 810 gekoppelt ist. Der Nachverdichter 810 weist ebenfalls einen Nachkühler 811 auf.

30

Ein Teil 865 der über Leitung 737 flüssig in die Hochdrucksäule 8 eingeleiteten Luft wird gleich wieder aus der Hochdrucksäule entnommen und analog zu Strom 465 in Figur 1 der Niederdrucksäule 460 an einer Zwischenstelle zugeleitet.

35

Der "erste Teilstrom" des Kreislaufstickstoffstroms wird hier durch den Strom 845/846 gebildet, der zwischen den beiden Stufen 23, 25 des Kreislaufverdichters 22 entnommen und zum Sumpferdampfer 9 der Hochdrucksäule 8 geführt wird.

Über die Leitungen ist die Niederdrucksäule 460 mit einer konventionellen Argongewinnung verbunden. Die Details der Argongewinnung mit Rohargonsäule sind hier nicht dargestellt, das sie dem Fachmann geläufig sind.

5

In einer Alternative wird in **Figur 8** statt des Stroms 845 ein anderer Druckstickstoffstrom als Heizmedium für den Sumpfverdampfer 9 der Hochdrucksäule 8 genutzt. Außerdem wird ein zusätzlicher Druckstickstoffproduktstrom 853 durch Innenverdichtung gewonnen, indem ein Teil 850 des im Hauptkondensator 461

10 gewonnenen flüssigen Stickstoffs in einer Pumpe 851 flüssig auf einen hohen Druck gebracht, über Leitung 852 zum Hauptwärmetauscher 20 geführt und dort verdampft beziehungsweise pseudo-verdampft und auf Umgebungstemperatur angewärmt wird.

15

**Figur 9** entspricht weitgehend **Figur 8**, weist aber keine Stickstoff-Innenverdichtung auf. Hier sind die in **Figur 8** nicht dargestellten Unterkühlungs-Gegenströmer gezeigt. Das Verfahren unterscheidet sich durch eine zusätzliche Mitteldrucksäule 900, die unter einem Betriebsdruck betrieben wird, der zwischen den Betriebsdrücke von Niederdrucksäule 760 und Hochdrucksäule 8 liegt. Die Sumpfflüssigkeit 462 ("sauerstoffangereicherte Flüssigkeit") aus der Hochdrucksäule 8 beziehungsweise von

20 der Verflüssigungsseite ihres Sumpfverdampfers 9 wird hier nicht direkt, sondern indirekt der Niederdrucksäule 460 zugeleitet. Sie wird nach Unterkühlung 16 zunächst über Leitung 964 der Mitteldrucksäule 900 und dort weiter vorzerlegt. Auch die flüssige Luft 865 wird im Gegensatz zu den vorigen Ausführungsbeispielen hier nicht der Niederdrucksäule 460 zugeleitet, sondern nach Durchströmen des Unterkühlungs-

25 Gegenströmers 16 und eines Drosselventils über Leitung 965 der Mitteldrucksäule 900 an einer Zwischenstelle zugeleitet. (Ein Teil kann über Leitung 965 wieder entnommen und wie in **Figur 1** über 466 und 467 in die Niederdrucksäule 460 eingespeist werden.)

30

Die Mitteldrucksäule 900 weist zwei Kondensator-Verdampfer auf, einen Mitteldrucksäulen-Sumpfverdampfer 901 und einen Mitteldrucksäulen-Kopfcondensator 902. Der Mitteldrucksäulen-Sumpfverdampfer 901 wird mittels eines Teilstroms 903 des Kopfstickstoffs der Hochdrucksäule 8 beheizt. Der dabei kondensierte Stickstoff 904 wird als Rücklaufflüssigkeit auf den Kopf der Mitteldrucksäule 900 aufgegeben. Der Mitteldrucksäulen-Kopfcondensator 902 wird mit der Sumpfflüssigkeit 905 der

35 Mitteldrucksäule 900 beziehungsweise von der Verflüssigungsseite deren

Sumpferdampfers 901 gekühlt. Der dabei erzeugte Dampf 906 und der flüssig verbliebene Anteil 907 werden in die Niederdrucksäule 460 eingeleitet. Der Teil 908 des im Mitteldrucksäulen-Kopfcondensator 902 gewonnenen flüssigen Stickstoffs, der nicht als Rücklaufflüssigkeit in die Mitteldrucksäule 900 eingeleitet wird, kann nach  
5 Unterkühlung 16 als zusätzliche Rücklaufflüssigkeit 909 für die Niederdrucksäule 460 genutzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von Drucksauerstoff und Druckstickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das mindestens eine Hochdrucksäule (8) mit
- 5 Sumpferdampfer (9, 209) und eine Niederdrucksäule (460) aufweist, wobei die Niederdrucksäule (460) über einen als Kondensator-Verdampfer ausgebildeten Hauptkondensator (461) mit der Hochdrucksäule (8) in wärmetauschender Verbindung steht, wobei bei dem Verfahren
- Einsatzluft in einem Luftverdichter (2) verdichtet wird,
  - 10 - die verdichtete Einsatzluft (6, 734, 802, 840) in einem Hauptwärmetauscher (20) abgekühlt und mindestens teilweise in die Hochdrucksäule (8) eingeleitet wird,
  - eine sauerstoffangereicherte Flüssigkeit (462, 465) aus der Hochdrucksäule (8) entnommen und der Niederdrucksäule (460) an einer ersten Zwischenstelle
  - 15 zugeführt (464, 467, 906) wird,
  - eine stickstoffangereicherte Flüssigkeit (468, 470) aus der Hochdrucksäule (8) und/oder dem Hauptkondensator (461) entnommen und auf den Kopf der Niederdrucksäule (460) aufgegeben wird,
  - ein flüssiger Sauerstoffstrom (11, 12) aus dem Destilliersäulen-System zur
  - 20 Stickstoff-Sauerstoff-Trennung entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (13), unter diesem erhöhten Druck in den Hauptwärmetauscher (20) eingeleitet, im Hauptwärmetauscher (20) verdampft oder pseudo-verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als gasförmiges Drucksauerstoffprodukt (14) gewonnen wird,
  - 25 - ein Hochdruck-Prozessstrom (34, 734) in dem Hauptwärmetauscher (20) in indirekten Wärmeaustausch mit dem Sauerstoffstrom gebracht und anschließend entspannt (36, 38; 736, 738) wird, wobei der entspannte Hochdruckstrom (37, 737) mindestens teilweise in flüssigem Zustand in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet wird,
  - 30 - ein gasförmiger Kreislaufstickstoffstrom (18, 19) aus der Hochdrucksäule abgezogen wird und mindestens zum Teil (21) in einem Kreislaufverdichter (22) verdichtet wird,
  - ein erster Teilstrom (45, 46; 244, 242, 230; 845, 846) des Kreislaufstickstoffstroms aus dem Kreislaufverdichter (22, 322) entnommen, in

dem Hauptwärmetauscher (20) abgekühlt, in dem Sumpfverdampfer (9, 209) der Hochdrucksäule (8) in indirektem Wärmeaustausch mit der Sumpfflüssigkeit der Hochdrucksäule (8) mindestens teilweise verflüssigt und in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung zurückgeleitet wird und bei dem

- ein zweiter Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms stromaufwärts und/oder stromabwärts des Kreislaufverdichters und/oder von einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters unter einem Produktdruck (P, P1, P2, P3, P4) abgezweigt und als Druckstickstoffprodukt (27, 29, 53, 564, 565) gewonnen wird,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

- der Kreislaufverdichter (22, 322) als warmer Verdichter ausgebildet ist und mittels externer Energie angetrieben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine

Gesamtdruckstickstoffproduktmenge (PN) gewonnen wird, die durch die Summe der Mengenströme gebildet wird, die stromaufwärts und/oder stromabwärts des Kreislaufverdichters und/oder von einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters unter einem Produktdruck (P, P1, P2, P3, P4) aus dem Kreislaufstickstoffstrom abgezweigt und als Druckstickstoffprodukt (27, 29, 53, 564, 565) gewonnen werden, wobei in einem ersten Lastfall

- eine erste Gesamtdruckstickstoffproduktmenge PN1 gewonnen wird,
- der erste Teilstrom in einer ersten Teilstrommenge TS1 durch den Sumpfverdampfer (9, 209) der Hochdrucksäule (8) geführt wird und
- die Einsatzluft in einer ersten Einsatzluftmenge EL1 in den Luftverdichter (2) eingeleitet wird,

und wobei in einem zweiten Lastfall

- eine zweite, höhere Gesamtdruckstickstoffproduktmenge PN2 gewonnen wird,  $PN2 > PN1$ ,
- der erste Teilstrom in einer zweiten, höheren Teilstrommenge TS2 durch den Sumpfverdampfer (9, 209) der Hochdrucksäule (8) geführt wird,  $TS2 > TS1$ , und
- die Einsatzluft in einer zweiten Einsatzluftmenge EL2 in den Luftverdichter (2) eingeleitet wird, wobei die zweite Einsatzluftmenge EL2 gleich der ersten Einsatzluftmenge EL1 oder nur unwesentlich höher ist, wobei gilt  $(EL2 - EL1)/EL1 < 0,2 \cdot (PN2 - PN1)/PN1$ .

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein dritter Teilstrom (30) des Kreislaufstickstoffstroms als Turbinenstrom (40; 242) aus dem Kreislaufverdichter (22, 322) entnommen, arbeitsleistend entspannt (41) und  
5 Trennung eingeleitet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Flüssigfraktion aus der Hochdrucksäule (8) unter dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule in einen Kondensator-Verdampfer (9, 10) eingeleitet und dort in  
10 indirektem Wärmeaustausch mit mindestens einem Teil des arbeitsleistend entspannten Turbinenstroms mindestens teilweise verdampft wird, wobei der dabei erzeugte Dampf mindestens teilweise in die Hochdrucksäule (8) zurückgeleitet wird.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigfraktion vom Sumpf der Hochdrucksäule (8) oder von einer Zwischenstelle der Hochdrucksäule (8) abgezogen wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Kreislaufverdichter (22, 322) mehrstufig ausgebildet ist und der dritte Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms unter einem oberen Zwischendruck (P2, P3, P4) von einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters abgezogen und anschließend der arbeitsleistenden Entspannung zugeführt wird.
- 25 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teilstrom des Kreislaufstickstoffstroms unter einem hohen Druck (P4) aus dem Kreislaufverdichter abgezogen wird, der höher als der Zwischendruck (P3) ist, und anschließend als Hochdruck-Prozessstrom (34) verwendet wird.
- 30 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Kreislaufverdichter mehrstufig ausgebildet ist und in einer ersten Betriebsweise ein vierter Teilstrom (45) des Kreislaufstickstoffstroms unter einem unteren Zwischendruck (P1-GAN, P2-GAN) von einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters abgezogen, in einer Zwischendruckpassage des  
35 Hauptwärmetauschers abgekühlt und mit dem arbeitsleistend entspannten

Turbinenstrom (42) stromaufwärts des Sumpfordampfers (9) vermischt wird und das Gemisch den ersten Teilstrom (30) bildet.

- 5 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in einer zweiten Betriebsweise ein Teil des arbeitsleistend entspannten Turbinenstroms (42) in der Zwischendruckpassage des Hauptwärmetauschers angewärmt und dem Kreislaufverdichter an einer Zwischenstufe zugeführt wird, wobei mindestens ein Teil des Restes des arbeitsleistend entspannten Turbinenstroms (42) den ersten Teilstrom (30) bildet.
- 10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der flüssige Sauerstoffstrom (411, 412) aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (460) entnommen wird.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zwischenflüssigkeit (465, 467), deren Sauerstoffgehalt zwischen demjenigen der sauerstoffangereicherten Flüssigkeit (462) und demjenigen der stickstoffangereicherten Flüssigkeit (468) liegt, aus der Hochdrucksäule (8) entnommen und der Niederdrucksäule (460) an einer zweiten Zwischenstelle
- 20 zugeführt wird, die oberhalb der ersten Zwischenstelle angeordnet ist, wobei die Zwischenflüssigkeit (465) insbesondere in Höhe eines Zwischenverdampfers (10) der Hochdrucksäule (8) entnommen wird.
- 25 12. Vorrichtung zur Gewinnung von Drucksauerstoff und Druckstickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit
- einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das mindestens eine Hochdrucksäule (8) und eine Niederdrucksäule (460) aufweist, wobei die Niederdrucksäule (460) über sowie einen als Kondensator-Verdampfer ausgebildeten Hauptkondensator (461), zur wärmetauschenden
  - 30 Verbindung von Niederdrucksäule (460) und Hochdrucksäule (8) aufweist,
  - einem Luftverdichter (2) zum Verdichten von Einsatzluft,
  - einem Hauptwärmetauscher (20) zum Abkühlen der verdichteten Einsatzluft (6, 734, 802, 840),
  - Mitteln zum Einleiten der abgekühlten Einsatzluft in die Hochdrucksäule (8),

- Mitteln zum Entnehmen einer sauerstoffangereicherte Flüssigkeit (462, 465) aus der Hochdrucksäule (8) und zum Zuführen dieser Flüssigkeit (464, 467) oder einer daraus abgeleiteten Flüssigkeit (467, 906) zu der Niederdrucksäule (460) an einer ersten Zwischenstelle,
- 5 - Mitteln zum Entnehmen einer stickstoffangereicherten Flüssigkeit (468, 470) aus der Hochdrucksäule (8) und/oder dem Hauptkondensator (461) und zum Aufgeben dieser Flüssigkeit auf den Kopf der Niederdrucksäule (460),
- Mitteln zum Entnehmen eines flüssigen Sauerstoffstroms (11, 12, 411, 412) aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,
- 10 - Mitteln um den Sauerstoffstrom in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck zu bringen (13), unter diesem erhöhten Druck in den Hauptwärmetauscher (20) einzuleiten, im Hauptwärmetauscher (20) zu verdampfen oder pseudozuverdampfen und auf etwa Umgebungstemperatur anzuwärmen und schließlich als gasförmiges Drucksauerstoffprodukt (14) abzuziehen,
- 15 - Mitteln, um einen Hochdruck-Prozessstrom (34, 734) in dem Hauptwärmetauscher (20) in indirekten Wärmeaustausch mit dem Sauerstoffstrom zu bringen und anschließend zu entspannen (36, 38, 736, 738),
- Mitteln zum Einleiten des entspannten Hochdruck-Prozessstroms (37, 737)
- 20 mindestens teilweise in flüssigem Zustand in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,
- Mitteln zum Abziehen eines gasförmigen Kreislaufstickstoffstroms (18, 19) aus der Hochdrucksäule,
- einem Kreislaufverdichter (22, 322) zum Verdichten mindestens eines Teils (21)
- 25 des Kreislaufstickstoffstroms,
- Mitteln zum Entnehmen eines ersten Teilstroms (45, 46; 244, 242, 230; 845, 846) des Kreislaufstickstoffstroms aus dem Kreislaufverdichter (22, 322), zum Abkühlen des ersten Teilstroms in dem Hauptwärmetauscher (20), zum Einleiten des ersten Teilstroms in den Sumpfverdampfer (9) der
- 30 Hochdrucksäule (8) zwecks mindestens teilweise Verflüssigen in indirektem Wärmeaustausch mit der Sumpfflüssigkeit der Hochdrucksäule (8) und zum Zurückleiten des mindestens teilweise verflüssigten ersten Teilstroms in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung und mit
- Mitteln zum Abzweigen eines zweiten Teilstroms des Kreislaufstickstoffstroms
- 35 stromaufwärts und/oder stromabwärts des Kreislaufverdichters und/oder von

einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters unter einem Produktdruck (P, P1, P2, P3, P4) und zum Abziehen als Druckstickstoffprodukt (27, 29, 53, 564, 565),

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- 5 - der Kreislaufverdichter (22, 322) als warmer Verdichter ausgebildet ist und einen Antrieb aufweist, der mittels externer Energie angetrieben wird.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch Regelungsmittel, durch welche die
- 10 - die Gesamtdruckstickstoffproduktmenge (PN), die durch die Summe der Mengenströme gebildet wird, die stromaufwärts und/oder stromabwärts des Kreislaufverdichters und/oder von einer Zwischenstufe des Kreislaufverdichters unter einem Produktdruck (P, P1, P2, P3, P4) aus dem Kreislaufstickstoffstrom abgezweigt und als Druckstickstoffprodukt (27, 29, 53, 564, 565) gewonnen
- 15 werden,
- die Teilstrommenge (TS) an erstem Teilstrom, der durch den Sumpfverdampfer (9, 209) der Hochdrucksäule (8) geführt wird, und
- die Einsatzluftmenge (EL), die in die Hochdrucksäule (8) eingeleitet wird, einstellen, wobei die Regelungsmittel so ausgebildet sind, dass
- 20 - in einem ersten Lastfall
- eine erste Gesamtdruckstickstoffproduktmenge PN1 gewonnen wird,
- der erste Teilstrom in einer ersten Teilstrommenge TS1 durch den Sumpfverdampfer (9, 209) der Hochdrucksäule (8) geführt wird und
- die Einsatzluft in einer ersten Einsatzluftmenge EL1 in die Hochdrucksäule (8)
- 25 eingeleitet wird,
- und in einem zweiten Lastfall
- eine zweite, höhere Gesamtdruckstickstoffproduktmenge PN2 gewonnen wird,  $PN2 > PN1$ ;
- der erste Teilstrom in einer zweiten, höheren Teilstrommenge TS2 durch den Sumpfverdampfer (9, 209) der Hochdrucksäule (8) geführt wird,  $TS2 > TS1$ ,
- 30 und
- die Einsatzluft in einer zweiten Einsatzluftmenge EL2 in die Hochdrucksäule (8) eingeleitet wird, wobei die zweite Einsatzluftmenge EL2 gleich der ersten Einsatzluftmenge EL1 oder nur unwesentlich höher ist,
- 35  $EL1 \leq EL2 < EL1 \cdot 0,2 \cdot PN2/PN1$ .

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, mit Mitteln zum Entnehmen einer Zwischenflüssigkeit (465, 467), deren Sauerstoffgehalt zwischen demjenigen der sauerstoffangereicherten Flüssigkeit (462) und demjenigen der stickstoffangereicherten Flüssigkeit (468) liegt, aus der Hochdrucksäule (8) und zum Zuführen dieser Flüssigkeit zu der Niederdrucksäule (460) an einer zweiten Zwischenstelle, die oberhalb der ersten Zwischenstelle angeordnet ist, wobei die die Mittel zum Entnehmen der Zwischenflüssigkeit (465) insbesondere in Höhe eines Zwischenverdampfers (10) der Hochdrucksäule (8) angeordnet sind.
- 5

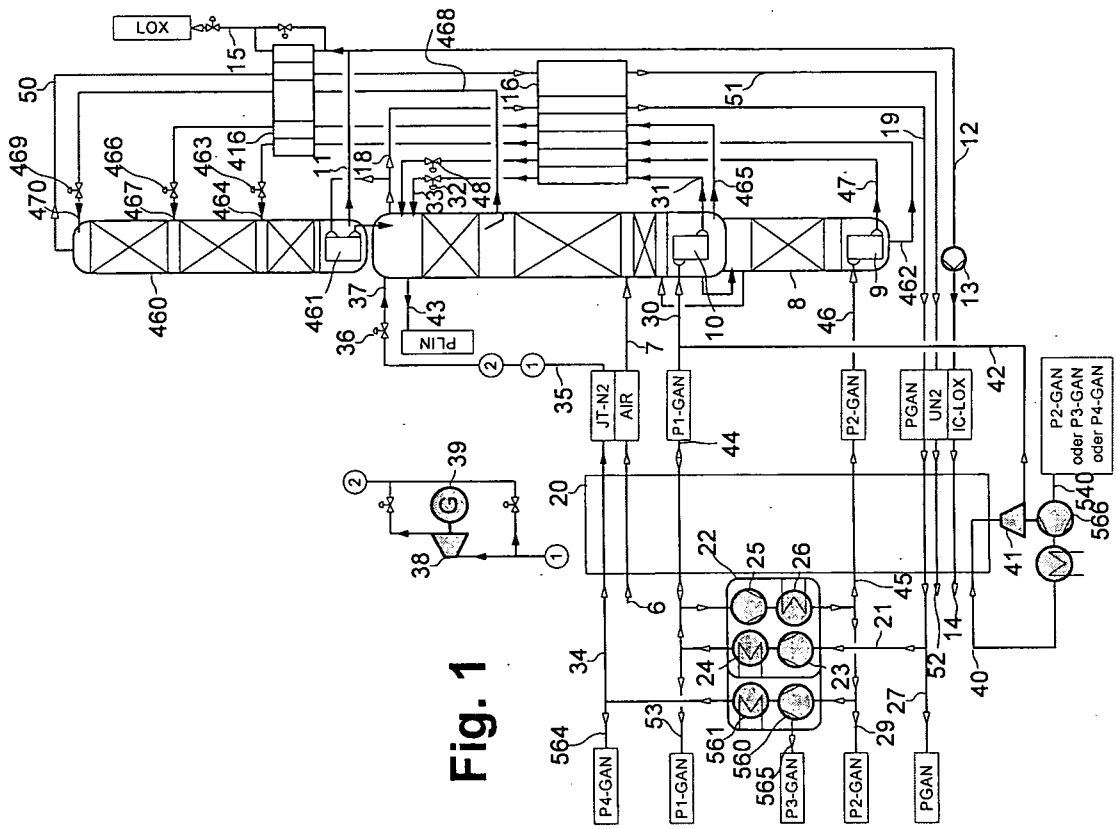


Fig. 1

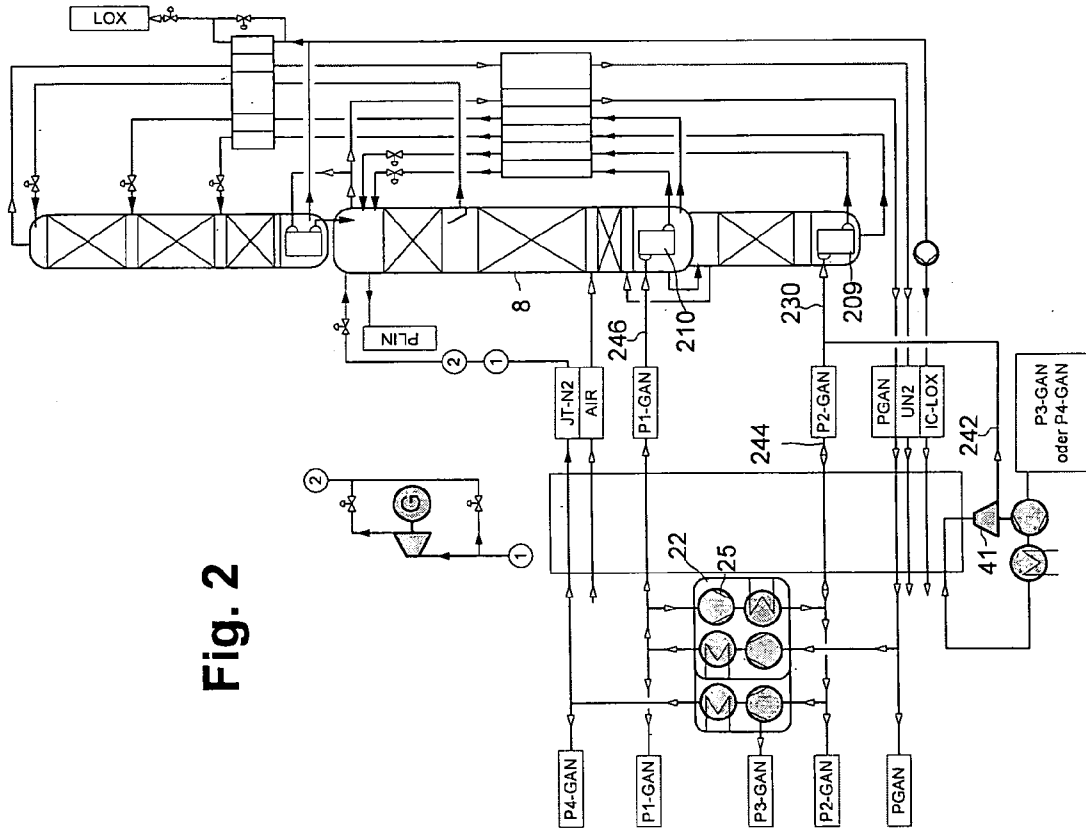


Fig. 2

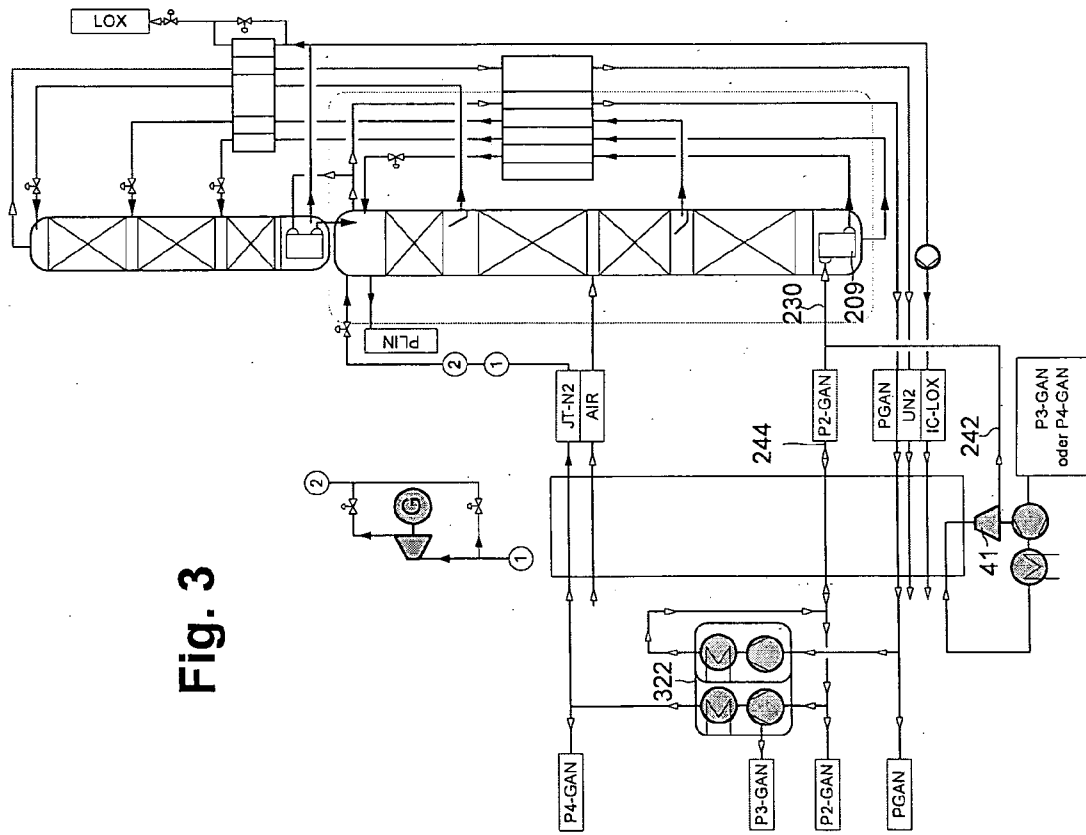
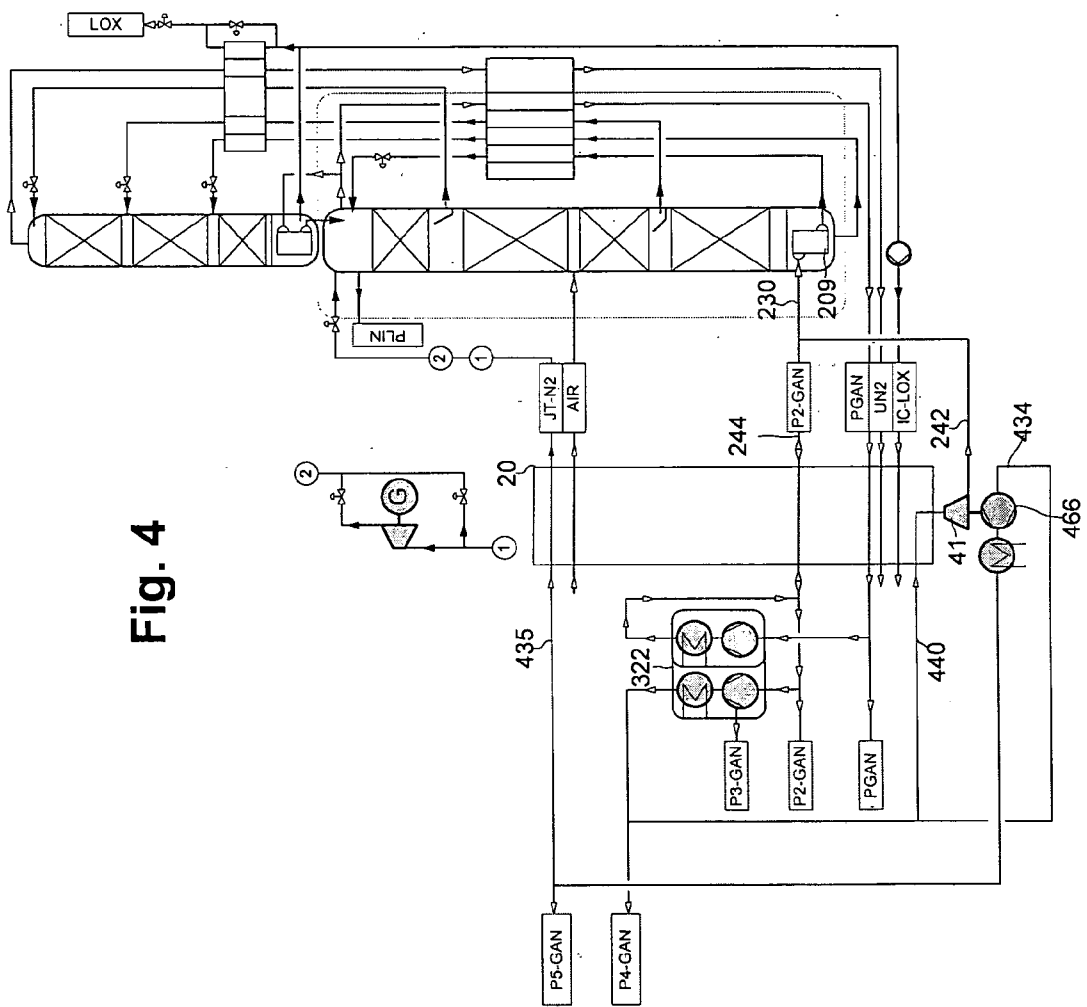


Fig. 3

Fig. 4



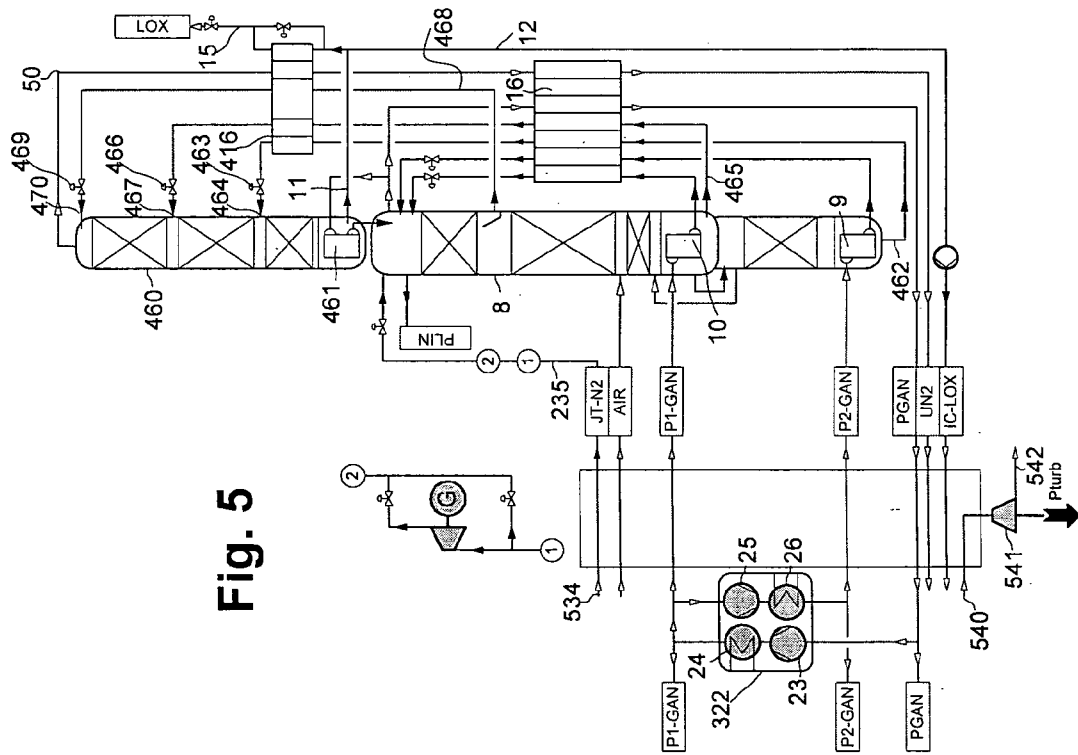


Fig. 5

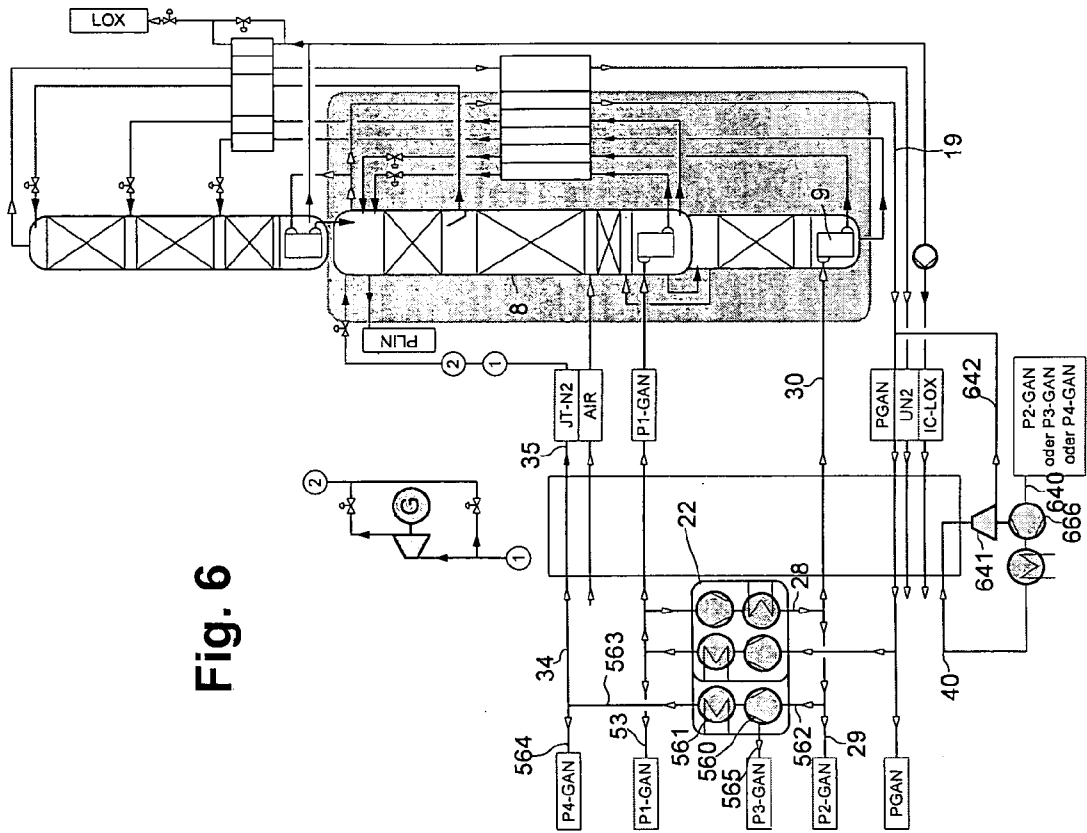


Fig. 6

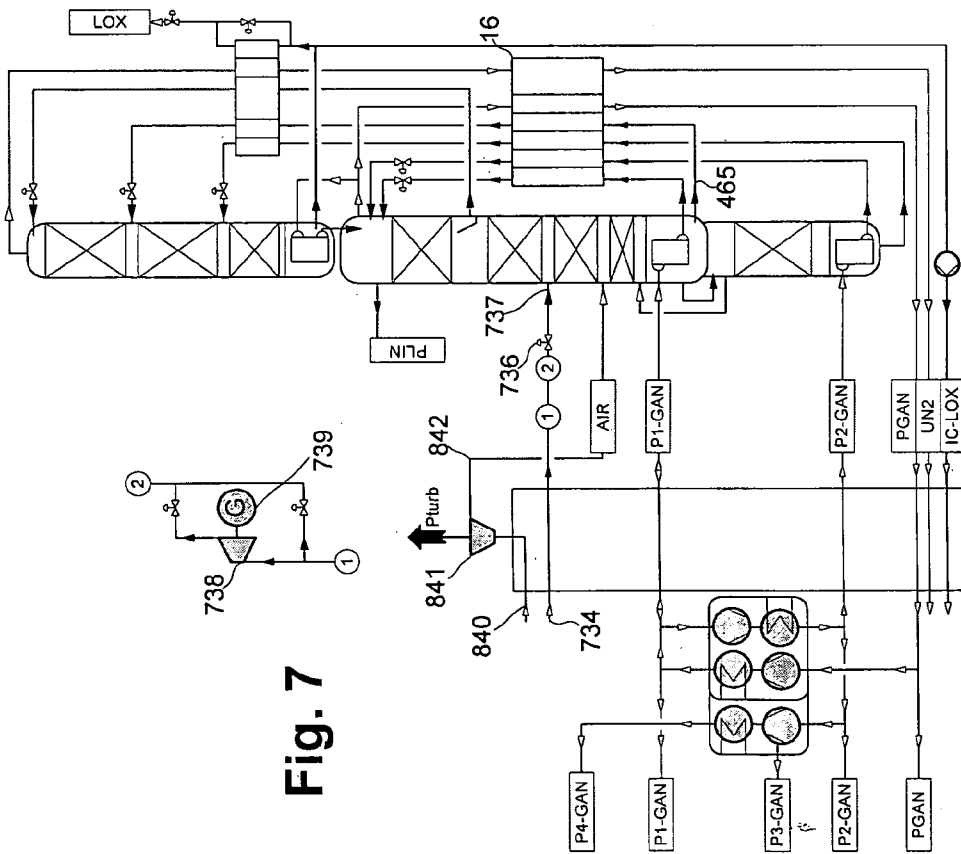


Fig. 7

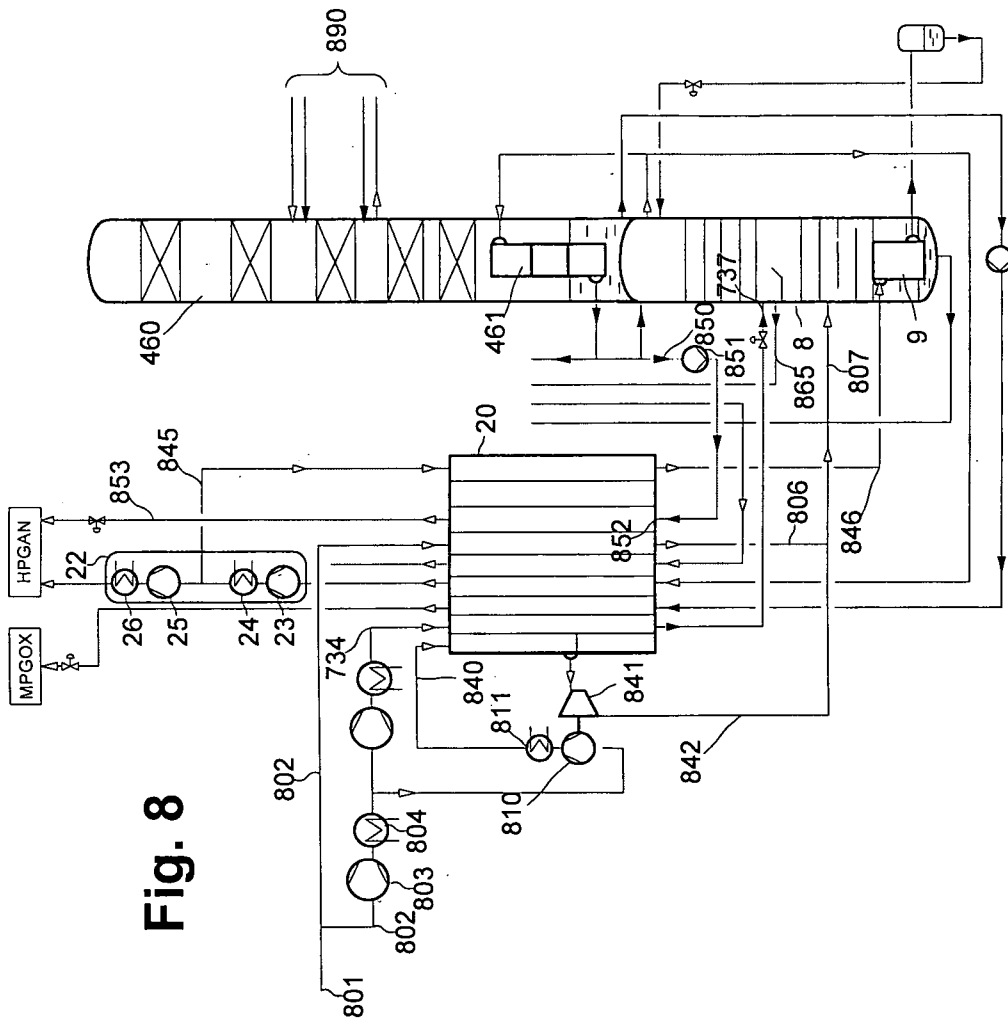


Fig. 8

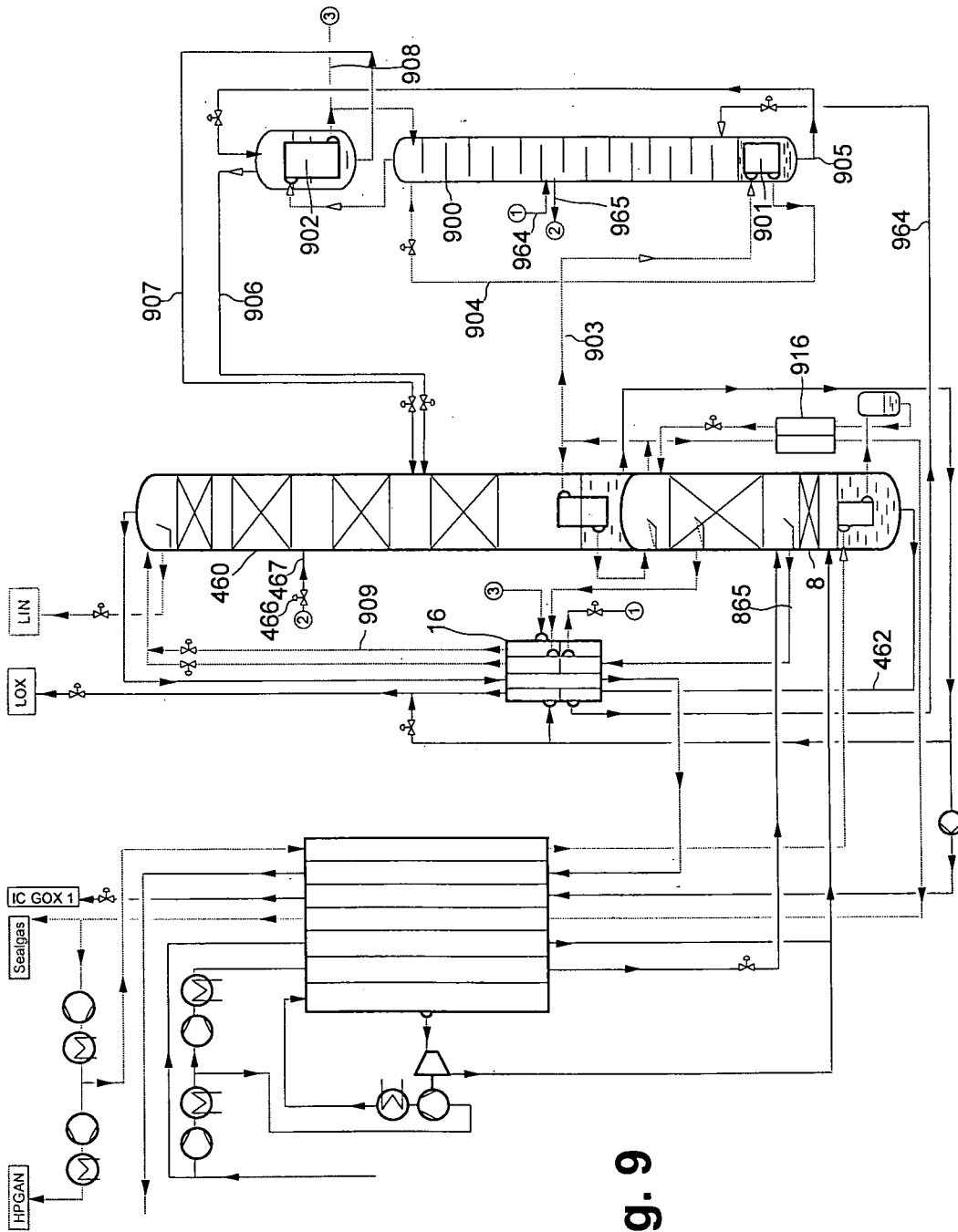


Fig. 9