



(11) **EP 2 573 492 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.03.2013 Patentblatt 2013/13

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

(21) Anmeldenummer: **11008534.7**

(22) Anmeldetag: **25.10.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **20.09.2011 DE 102011113668**

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

(72) Erfinder:
• **Alekseev, Alexander, Dr.**
82515 Wolfratshausen (DE)
• **Goloubev, Dimitri**
80804 München (DE)
• **Yayli, Ayhan**
80992 München (DE)

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

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine erste Hochdrucksäule (23) und eine Niederdrucksäule (25, 26) aufweist sowie einen Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) und einen Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer (28), die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind. Ein erster Einsatzluftstrom wird in einem Hauptwärmetauscher (20, 21) abgekühlt. Der abgekühlte erste Einsatzluftstrom (22) wird unter einem ersten Druck in die erste Hochdrucksäule (23) eingeführt. In dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) wird gasförmiger Kopfstickstoff (44, 45) aus der ersten Hochdrucksäule (23) kondensiert und eine flüssige Zwischenfraktion (75) aus der Niederdrucksäule (25, 26) verdampft. Mindestens ein Teil (47) des in dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) kondensierten Kopfstickstoffs (46) wird als Rücklaufflüssigkeit auf die erste Hochdrucksäule (23) aufgegeben. Mindestens ein Teil der in dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) verdampften Zwischenfraktion wird als aufsteigendes Gas in die Niederdrucksäule (25, 26) eingeleitet (77, 79). Mindestens ein Teil der Sumpfflüssigkeit (66) der Niederdrucksäule (25, 26) wird in dem Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer (28) in indirektem Wärmeaustausch mit einem kondensierenden Heizfluid (58) verdampft. Mindestens ein erster Teil des in dem Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer (28) erzeugten Dampfs wird in die Niederdrucksäule (25, 26) zurückgeleitet. Aus einem zweiten Teil des in dem Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer (28) erzeugten Dampfs und/

oder aus einem nicht verdampften Teil (67) der Sumpfflüssigkeit (66) der Niederdrucksäule (25, 26) wird ein gasförmiges Sauerstoffprodukt (69) gewonnen. Die erste Hochdrucksäule und mindestens ein Abschnitt der Niederdrucksäule (25, 26) sind nebeneinander angeordnet.

Die Niederdrucksäule wird durch mindestens durch zwei Abschnitte gebildet, wobei ein erster Abschnitt (25) und einen zweiten Abschnitt (26) jeweils in einem separaten Behälter, der Stoffaustauschelemente enthält, angeordnet sind.

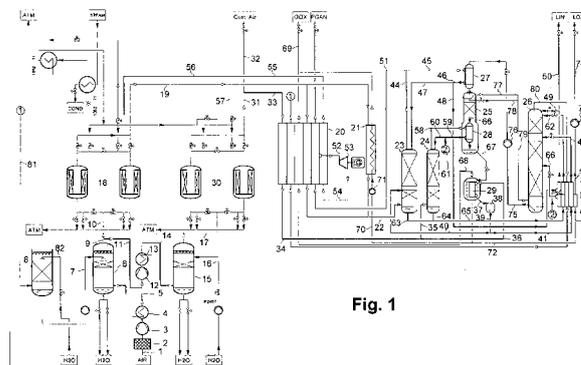


Fig. 1

EP 2 573 492 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Als "Kondensator-Verdampfer" wird ein Wärmetauscher bezeichnet, in dem ein erster kondensierender Fluidstrom in indirekten Wärmeaustausch mit einem zweiten verdampfenden Fluidstrom tritt. Jeder Kondensator-Verdampfer weist einen Verflüssigungsraum und einen Verdampfungsraum auf, die aus Verflüssigungspassagen beziehungsweise Verdampfungspassagen bestehen. In dem Verflüssigungsraum wird die Kondensation (Verflüssigung) eines ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung eines zweiten Fluidstroms. Verdampfungs- und Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen.

[0003] Ein Kondensator-Verdampfer kann beispielsweise als Fallfilm- oder Badverdampfer ausgebildet sein. Bei einem "Fallfilmverdampfer" strömt das zu verdampfende Fluid von oben nach unten durch den Verdampfungsraum und wird dabei teilweise verdampft. Bei einem "Badverdampfer" (gelegentlich auch "Umlaufverdampfer" oder Thermosiphon-Verdampfer" genannt) steht der Wärmetauscherblock in einem Flüssigkeitsbad des zu verdampfenden Fluids. Dieses strömt mittels des Thermosiphon-Effekts von unten nach oben durch die Verdampfungspassagen und tritt oben als Zwei-Phasen-Gemisch wieder aus. Die verbleibende Flüssigkeit strömt außerhalb des Wärmetauscherblocks in das Flüssigkeitsbad zurück. (Bei einem Badverdampfer kann der Verdampfungsraum sowohl die Verdampfungspassagen als auch den Außenraum um den Wärmetauscherblock umfassen.)

[0004] Die Kondensator-Verdampfer für die Niederdrucksäule (der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer und der Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer) können im Inneren der Niederdrucksäule angeordnet sein oder einem oder mehreren separaten Behältern.

[0005] Unter "Stoffaustauschelementen" werden hier alle Kolonneneinbauten verstanden, die den für die Destillation (Rektifikation) entscheidenden intensiven Stoffaustausch zwischen aufsteigendem Dampf und herabrieselnder Flüssigkeit bewirken. Der Begriff umfasst insbesondere konventionelle Stoffaustauschböden, geordnete Packung und Füllkörperschüttungen (ungeordnete Packung). Grundsätzlich können bei dem Verfahren und der Vorrichtung der Erfindung und bei den Ausführungsbeispielen konventionelle Stoffaustauschböden (wie beispielsweise Siebböden), Füllkörper (ungeordnete Packung) und/oder geordnete Packung in jeder der Säulen eingesetzt werden. Auch Kombinationen verschiedenartiger Elemente in einer Säule sind möglich. Wegen des geringen Druckverlusts werden geordnete Packungen bevorzugt. Diese verstärken die energiesparende Wirkung der Erfindung weiter.

[0006] Die Hochdrucksäule und die Niederdrucksäule

bilden jeweils eine Trennsäule im verfahrenstechnischen Sinne. Sie sind regelmäßig in jeweils einem Behälter angeordnet, der alle Stoffaustauschelemente dieser Säule enthält. Ein entsprechendes System ist aus DE 19609490 A1 = US 5669237 bekannt. Dort wird ein Zwei-Kondensator-Verfahren der eingangs genannten Art mit zwei Kondensator-Verdampfern für die Niederdrucksäule beschrieben, bei dem Hochdrucksäule und Niederdrucksäule nebeneinander angeordnet sind.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein derartiges Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung so zu gestalten, dass sie wirtschaftlich besonders günstig sind, in dem das System apparativ besonders wenig aufwändig zu realisieren und/oder energetisch besonders günstig zu betreiben ist.

[0008] Diese Aufgabe wird dadurch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0009] Bei dem Verfahren wird die Niederdrucksäule geteilt, das heißt ihre Stoffaustauschelemente werden auf mehr als einen Behälter verteilt, insbesondere auf genau zwei Behälter. Hierdurch können die die Säulen und Kondensator-Verdampfer so angeordnet werden, dass die Flüssigkeiten so weit wie möglich aufgrund natürlichen Gefälles in die entsprechenden Gefäße fließen.

[0010] Zwar ist die Anwendung einer "geteilten Niederdrucksäule" aus DE 10009977 an sich bekannt, allerdings in einem sehr speziellen Zusammenhang mit abweichender Kondensatorschaltung, mit erhöhtem Betriebsdruck in der Niederdrucksäule und einer spezifischen Seitenkolonne. Die Anwendung einer solchen Säulenteilung auf ein Niederdruckverfahren gemäß DE 19609490 A1 = US 5669237 daher bisher nicht erwogen.

[0011] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält der erste Abschnitt der Niederdrucksäule die Stoffaustauschelemente zwischen Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer und Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer und der zweite Abschnitt die Stoffaustauschelemente am Kopf der Niederdrucksäule. Grundsätzlich kann die Niederdrucksäule auch in drei oder mehr Abschnitte aufgeteilt werden. Vorzugsweise werden genau zwei Abschnitte eingesetzt.

[0012] Im Rahmen der Erfindung ist es günstig, wenn der zweite Abschnitt der Niederdrucksäule neben der ersten Hochdrucksäule angeordnet ist. "Neben" bedeutet hier, dass die beiden Säulen im normalen Betrieb der Anlage so angeordnet sind, dass die Projektionen ihrer Querschnitt auf eine horizontale Ebene sind nicht überschneiden.

[0013] Vorzugsweise ist der erste Abschnitt der Niederdrucksäule neben der ersten Hochdrucksäule angeordnet, insbesondere zwischen der ersten Hochdrucksäule und dem zweiten Abschnitt der Niederdrucksäule. Wenn die Hochdrucksäule einteilig und die Niederdrucksäule zweiteilig ausgebildet sind, sind in diesem Fall alle Säulenabschnitte nebeneinander angeordnet. Dadurch ergibt sich eine besonders geringe Gesamtbauhöhe. Alternativ kann der erste Abschnitt der Niederdrucksäule über der ersten Hochdrucksäule angeordnet sein.

[0014] Alternativ kann der erste Abschnitt der Niederdrucksäule über der ersten Hochdrucksäule oder einer weiteren Hochdrucksäule angeordnet sein.

[0015] Der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) wird vorzugsweise oberhalb des beziehungsweise innerhalb des ersten Abschnitts (25) der Niederdrucksäule angeordnet. Der erste Fall bezieht sich auf die Bauform, bei welcher der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer in einem externen, von der Niederdrucksäule getrennten Behälter untergebracht ist, der zweite auf einen internen, in den Kopf des ersten Abschnitts der Niederdrucksäule eingebauten Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer.

[0016] Es ist ferner günstig, wenn der Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer unterhalb des beziehungsweise innerhalb des ersten Abschnitts der Niederdrucksäule angeordnet ist. Der erste Fall bezieht sich auf die Bauform, bei welcher der Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer in einem externen, von der Niederdrucksäule getrennten Behälter untergebracht ist, der zweite auf einen internen, in den Sumpf der Niederdrucksäule eingebauten Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer.

[0017] Zusätzlich kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Nebenkondensator eingesetzt werden, indem ein nicht verdampfter Teil der Sumpfflüssigkeit der Niederdrucksäule in dem Nebenkondensator mindestens teilweise verdampft wird und mindestens ein Teil der in dem Nebenkondensator verdampften Flüssigkeit als gasförmiges Sauerstoffprodukt gewonnen wird, wobei der Nebenkondensator unterhalb des Niederdrucksäulen-Sumpfordampfers angeordnet ist.

[0018] Bei Nebeneinanderanordnung aller drei Säulenabschnitte kann dies insbesondere dadurch realisiert werden, dass der Nebenkondensator zwischen der Hochdrucksäule und dem zweiten Abschnitt der Niederdrucksäule angeordnet ist, vorzugsweise unterhalb einer übereinander angeordneten Kombination von Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer, erstem Abschnitt der Niederdrucksäule und Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer.

[0019] Der Einsatz für den Nebenkondensator wird entweder durch einen Teil der Sumpfflüssigkeit der Niederdrucksäule gebildet, die auch in den Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer eintritt; diese Verfahrensführung wird regelmäßig gewählt, wenn der Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer als Badverdampfer ausgebildet ist. Alternativ wird - zum Beispiel beim Einsatz eines Fallfilmverdampfers - die Sumpfflüssigkeit der Niederdrucksäule, die von dem untersten Stoffaustauschelement abläuft, in den Fallfilmverdampfer eingeführt, und der nicht verdampfte Anteil der Niederdrucksäulen-Sumpfflüssigkeit, der unten aus dem Niederdrucksäule austritt, wird mindestens teilweise dem Nebenkondensator zugeführt.

[0020] In dem Nebenkondensator kann Luft oder eine stickstoffangereicherte Fraktion aus einer Hochdrucksäule als Heizmedium eingesetzt werden.

[0021] Wie in der gleichzeitig einreichten Patentanmel-

dung (internes Aktenzeichen der Anmelderin P11 C116 = IC0732) im Einzelnen beschrieben, kann das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eine zweite (und gegebenenfalls eine dritte) Hochdrucksäule aufweisen, wobei ein zweiter Einsatzluftstrom in dem Hauptwärmetauscher abgekühlt wird, der abgekühlte zweite Einsatzluftstrom unter einem zweiten Druck, der höher ist als der erste Druck, in die zweite Hochdrucksäule eingeleitet wird und mindestens ein Teil des Kopfgases der zweiten Hochdrucksäule als Heizfluid in dem Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer eingesetzt wird. Hierbei wird die zweite Hochdrucksäule neben der ersten Hochdrucksäule angeordnet, insbesondere zwischen der ersten Hochdrucksäule und dem ersten Abschnitt der Niederdrucksäule beziehungsweise zwischen der ersten Hochdrucksäule und dem Nebenkondensator. Eine dritte Hochdrucksäule kann unterhalb des Nebenkondensators, des Niederdrucksäulen-Sumpfordampfers und des ersten Abschnitts der Niederdrucksäule platziert werden.

[0022] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 10. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch Vorrichtungsmerkmale ergänzt werden, die den Merkmalen der abhängigen Verfahrensansprüche entsprechen.

[0023] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Druckstickstoff-Turbine und zwei Reinigungseinrichtungen unter verschiedenem Druckniveau,

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel mit Einblaseturbine und einer gemeinsamen Reinigungseinrichtung und

Figur 3 ein drittes Ausführungsbeispiel mit drei Hochdrucksäulen.

[0024] Atmosphärische Luft 1 wird in Figur 1 von einem Hauptluftverdichter 3 mit Nachkühler 4 über ein Filter 2 angesaugt und dort auf einen ersten Gesamtluftdruck von 3,1 bar verdichtet. Der Hauptluftverdichter kann zwei oder mehr Stufen mit Zwischenkühlung aufweisen; er ist aus Redundanzgründen vorzugsweise zweisträngig ausgebildet (beides in der Zeichnung nicht dargestellt). Der Gesamtluftstrom 5 wird unter dem ersten Gesamtluftdruck und einer Temperatur von 295 K einem ersten Direktkontaktkühler 6 zugeführt und dort in direktem Wärmeaustausch mit Kühlwasser 7 aus einem Verdunstungskühler 8 weiter auf 283 K abgekühlt. Der abgekühlte Gesamtluftstrom 9 wird in einen ersten Luftteilstrom 10 und einen zweiten Luftteilstrom 11 aufgeteilt.

[0025] Der zweite Luftteilstrom 11 wird in einem Nachverdichter 12 mit Nachkühler 13 von dem ersten Gesamtluftdruck (minus Druckverlusten) auf einen zweiten Gesamtluftdruck von 4,9 bar verdichtet. Der Nachverdichter

kann zwei oder mehr Stufen mit Zwischenkühlung aufweisen; er ist aus Redundanzgründen vorzugsweise zweisträngig ausgebildet (beides in der Zeichnung nicht dargestellt). Je ein Strang des Hauptluftverdichters und des Nachverdichters können als eine Maschine mit gemeinsamem Antrieb ausgebildet sein, insbesondere als Getriebeverdichter. Der zweite Luftteilstrom 14 wird anschließend in einem zweiten Direktkontaktkühler 15 von 295 K auf 290 K abgekühlt, und zwar in direktem Wärmeaustausch mit einem, wärmeren Kühlwasserstrom 16.

[0026] Der erste Luftteilstrom wird in einer ersten Reinigungseinrichtung 18, die unter dem ersten Gesamtluftdruck betrieben wird, gereinigt und anschließend über Leitung 19 unter diesem Druck dem warmen Ende eines Hauptwärmetauschers zugeleitet, der in dem Ausführungsbeispiel durch zwei parallel geschaltete Blöcke 20, 21 gebildet wird. Die auf etwa Taupunkt abgekühlte Luft bildet einen "ersten Einsatzluftstrom", der einer ersten Hochdrucksäule 23 zugeführt wird.

[0027] Die erste Hochdrucksäule 23 ist Teil eines Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das außerdem eine zweite Hochdrucksäule 24, eine Niederdrucksäule, bestehend aus zwei Anschnitten 25, 26, einen Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer 27, einen Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer 28 und einen Nebenkondensator 29 aufweist. Der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer 27 und der Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer 28 sind als Fallfilmverdampfer ausgebildet, der Nebenkondensator 29 als Badverdampfer.

[0028] Der vorgekühlte zweite Luftteilstrom 17 wird in einer zweiten Reinigungseinrichtung 30, die unter dem zweiten Gesamtluftdruck betrieben wird, gereinigt. Aus dem gereinigten zweite Luftteilstrom kann über Leitung 32 ein kleiner Teil entnommen werden, der als Instrumentenluft oder für zwecke außerhalb der Luftzerlegung eingesetzt wird. Der Rest strömt über Leitung 33 zum Hauptwärmetauscher 20 und wird dort abgekühlt. Der abgekühlte zweite Luftteilstrom 34 wird aufgeteilt in einen "zweiten Einsatzluftstrom" 35, der in die zweite Hochdrucksäule 24 eingeleitet wird, und in einen "dritten Einsatzluftstrom" 36, welcher dem Verflüssigungsraum des Nebenkondensators 29 zugeleitet wird.

[0029] Der mindestens teilweise, vorzugsweise im Wesentlichen vollständig kondensierte dritte Teilstrom 37 wird in einen Abscheider (Phasentrenner) 38 eingeleitet. Der flüssige Anteil 39 wird zu einem ersten Teil 40 der ersten Hochdrucksäule 23 zugeleitet. Zu einem zweiten Teil 41 wird er über einen Unterkühlungs-Gegenströmer 42 und Leitung 43 in die Niederdrucksäule 26 eingespeist.

[0030] Stickstoffreiches Kopfgas 44 der ersten Hochdrucksäule 23 wird zu einem ersten Teil in dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer 27 kondensiert. Dabei gewonnener flüssiger Stickstoff 46 wird zu einem ersten Teil 47 als Rücklauf auf den Kopf der ersten Hochdrucksäule 23 aufgegeben. Ein zweiter Teil 48 wird in

dem Unterkühlungs-Gegenströmer 42 abgekühlt und über Leitung 49 als Rücklauf auf den Kopf der Niederdrucksäule 26 aufgegeben. Ein Teil 50 der unterkühlten Flüssigkeit kann bei Bedarf als Flüssigprodukt (LIN) gewonnen werden.

[0031] Ein zweiter Teil 51 des stickstoffreichen Kopfgases 44 der ersten Hochdrucksäule 23 wird in dem Hauptwärmetauscher 20 auf eine Zwischentemperatur angewärmt. Der angewärmte Druckstickstoff 52 wird in einer generatorgebremsten Druckstickstoff-Turbine 53 von 2,7 bar auf 1,25 bar arbeitsleistend entspannt. Der Austrittsdruck der Turbine reicht gerade aus, um den arbeitsleistend entspannten Strom 54 durch den Hauptwärmetauscher 20 und über die Leitungen 55, 56, 57 als Regeneriergas durch die erste und die zweite Reinigungseinrichtung 18, 30 zu drücken.

[0032] Stickstoffreiches Kopfgas 58 der zweiten Hochdrucksäule 24 wird in dem Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer 28 kondensiert. Dabei gewonnener flüssiger Stickstoff 59 wird zu einem ersten Teil 60 als Rücklauf auf den Kopf der zweiten

[0033] Hochdrucksäule 24 aufgegeben. Ein zweiter Teil 61 wird in dem Unterkühlungs-Gegenströmer 42 abgekühlt und über Leitung 62 als Rücklauf auf den Kopf der Niederdrucksäule 26 aufgegeben.

[0034] Die Sumpfflüssigkeiten 63, 64 der beiden Hochdrucksäulen 23, 24 werden zusammengeführt, über Leitung 65, den Unterkühlungs-Gegenströmer 42 und Leitung 66 in die Niederdrucksäule 26 eingespeist.

[0035] Die Sumpfflüssigkeit 66 der Niederdrucksäule 25 wird in den Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Sumpfordampfers 28 eingeleitet und dort teilweise verdampft. Der flüssig verbliebene Anteil 67 strömt in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators 29 und wird dort teilweise verdampft. Der verdampfte Anteil 68 wird zum kalten Ende des Hauptwärmetauscher-Blocks 20 geleitet, auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 69 als gasförmiges Sauerstoffprodukt (GOX) einer Reinheit von 95 mol-% gewonnen. Der flüssig verbliebene Anteil wird zu einem Teil 70 in einer Pumpe 71 auf einen Druck von 6 bar, in dem Hauptwärmetauscher-Block 21 verdampft und angewärmt und schließlich dem gasförmigen Sauerstoffprodukt 69 zugemischt. Ein anderer Teil 72 kann über den Unterkühlungs-Gegenströmer 42, Pumpe 73 und Leitung 74 als Flüssigsauerstoffprodukt (LOX) gewonnen werden.

[0036] Eine flüssige Zwischenfraktion 75, die am unteren Ende des zweiten Niederdrucksäulenabschnitts 26 anfällt wird mittels einer Pumpe 76 in den Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers 27 gefördert und dort teilweise verdampft. Dabei erzeugter Dampf wird gemeinsam mit dem am Kopf des ersten Niederdrucksäulenabschnitts 25 anfallenden Dampf über die Leitungen 77 und 79 in den zweiten Niederdrucksäulenabschnitt 26 geleitet, gegebenenfalls gemeinsam mit umlaufender Spülflüssigkeit 78. Der Rest der flüssig verbliebenen Zwischenfraktion dient als Rücklauf

im ersten Niederdrucksäulenabschnitt 25.

[0037] Am Kopf der Niederdrucksäule 26 wird stickstoffreiches Restgas 80 unter einem Druck von 1,26 bar abgezogen und nach Anwärmung in Unterkühlungs-Gegenströmer 42 und Hauptwärmetauscher 20 über Leitung 81 praktisch drucklos als trockenes Gas in den Verdunstungskühler 8 eingespeist und dort zur Abkühlung von Kühlwasser 82 genutzt.

[0038] Figur 2 unterscheidet sich hinsichtlich zweier Verfahrensabschnitte von Figur 1, nämlich der Kälteerzeugung sowie der Luftverdichtung mit Vorkühlung und Reinigung. Im Folgenden werden nur die abweichenden Aspekte näher erläutert, die beide unabhängig voneinander mit den übrigen Verfahrensabschnitten kombiniert werden können.

[0039] Kälte wird hier nicht durch eine Druckstickstoff-Turbine, sondern durch eine Einblaseturbine 153 erzeugt. Diese wird mit einem "vierten Einsatzluftstrom" 151, 152 betrieben, der aus dem ersten Luftteilstrom 119 unter dem niedrigeren ersten Gesamtluftdruck abzweigt und in dem Hauptwärmetauscher 20 auf eine Zwischentemperatur abgekühlt wurde. Der arbeitsleistend entspannte vierte Einsatzluftstrom 154 wird der Niederdrucksäule 26 an einer geeigneten Zwischenstelle zugeführt.

[0040] Die Luftverdichtung ist hier einfacher ausgeführt als in Figur und weist insbesondere nur eine einzige Reinigungseinrichtung 118 auf, in der die Gesamtluft 105, 110 unter dem ersten Gesamtluftdruck gereinigt wird. Es wird auch nur ein Direktkontaktkühler 106 eingesetzt.

[0041] Die Aufteilung in den ersten Luftteilstrom 119 und den zweiten Luftteilstrom 111 wird hier stromabwärts der Reinigungseinrichtung 118 vorgenommen. Der Nachverdichter 112 ist wie in Figur 1 aufgebaut, weist jedoch nur einen üblichen Nachkühler 113 auf und die Luft wird nicht in einem Direktkontaktkühler weiter abgekühlt. Über Leitung 119 wird dann der zweite Luftteilstrom analog zu Leitung 19 in Figur 1 geführt.

[0042] In den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 und 2 sind der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer 27, der erste Abschnitt 25 der Niederdrucksäule, der Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer 28 und der Nebenkondensator 29 übereinander angeordnet. Die erste Hochdrucksäule 23 ist neben dem ersten Abschnitt 25 der Niederdrucksäule angeordnet. (Dazwischen befindet sich hier speziell noch die zweite Hochdrucksäule 24.) Wiederum neben dem ersten Abschnitt 25 befindet sich der zweite Abschnitt 26 der Niederdrucksäule. In der horizontalen Ebene (nicht dargestellt) können die vier Säulenabschnitte grundsätzlich jede Position zueinander einnehmen. Im einen Extremfall sind sie alle entlang einer horizontalen Geraden ausgerichtet, im anderen Extremfall an den Ecken eines Vierecks, insbesondere eines Rechtecks, insbesondere eines Quadrats angeordnet.

[0043] Figur 3 entspricht weitgehend Figur 1. Der warme Abschnitt des Verfahrens ist nicht dargestellt und

kann wie in Figur 1 oder wie in Figur 2 ausgebildet sein.

[0044] Neben dem ersten Luftteilstrom 19 unter dem ersten Druck und dem zweiten Luftteilstrom wird ein Hochdruck-Einsatzluftstrom 233 in den Hauptwärmetauscher 20 eingeleitet. Der kalte Hochdruck-Einsatzluftstrom 235 tritt unter einem dritten Druck von 5,3 bar in eine dritte Hochdrucksäule 224 ein. Das stickstoffreiche Kopfgas 258 wird als Heizmittel in dem Nebenkondensator 228 eingesetzt und dort im Wesentlichen vollständig kondensiert. Dabei gewonnener flüssiger Stickstoff 259 wird zu einem ersten Teil 260 als Rücklauf auf den Kopf der zweiten Hochdrucksäule 24 aufgegeben. Ein zweiter Teil 261 wird in dem Unterkühlungs-Gegenströmer 42 abgekühlt und über Leitung 262 als Rücklauf auf den Kopf der Niederdrucksäule 26 aufgegeben.

[0045] Der Nebenkondensator 228 ist bei diesem Ausführungsbeispiel als mehrstöckiger Badverdampfer ausgeführt, insbesondere als Kaskadenverdampfer, bei dem die einzelnen Stockwerke verdampfungsseitig seriell und verflüssigungsseitig parallel verbunden sind. Hierbei kann jede entsprechende Ausführungsform eines Kaskadenverdampfers eingesetzt werden, insbesondere diejenigen, die im Einzelnen in EP 1077356 A1, WO 0192798 A2 = US 2005028554 A1, WO 01092799 A1 = US 2003159810 A1, WO 03012352 A2 oder DE 102007003437 A1 beschrieben werden.

[0046] Statt der Druckstickstoff-Turbine 53 kann in dem Verfahren von Figur 3 auch eine Einblaseturbine eingesetzt werden.

[0047] Die dritte Hochdrucksäule 224 ist, wie in Figur 3 dargestellt, vorzugsweise unterhalb des Nebenkondensators 228 beziehungsweise der Kombination aus Nebenkondensator 228, Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer, erstem Abschnitt der Niederdrucksäule und Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer. Die räumliche Anordnung der übrigen Säulen entspricht derjenigen der Figuren 1 und 2.

40 Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine erste Hochdrucksäule (23) und eine Niederdrucksäule (25, 26) aufweist sowie einen Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) und einen Niederdrucksäulen-Sumpfverdampfer (28), die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind, wobei bei dem Verfahren

- ein erster Einsatzluftstrom in einem Hauptwärmetauscher (20, 21) abgekühlt wird,
- der abgekühlte erste Einsatzluftstrom (22) unter einem ersten Druck in die erste Hochdrucksäule (23) eingeführt wird,
- in dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) gasförmiger Kopfstickstoff (44, 45) aus der ersten Hochdrucksäule (23) kondensiert

und eine flüssige Zwischenfraktion (75) aus der Niederdrucksäule (25, 26), verdampft wird,

- mindestens ein Teil (47) des in dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) kondensierten Kopfstickstoffs (46) als Rücklaufflüssigkeit auf die erste Hochdrucksäule (23) aufgegeben wird,

- mindestens ein Teil der in dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) verdampften Zwischenfraktion als aufsteigendes Gas in die Niederdrucksäule (25, 26) eingeleitet (77, 79) wird,

- mindestens ein Teil der Sumpfflüssigkeit (66) der Niederdrucksäule (25, 26) in dem Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28) in indirektem Wärmeaustausch mit einem kondensierenden Heizfluid (58) verdampft wird,

- mindestens ein erster Teil des in dem Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28) erzeugten Dampfs in die Niederdrucksäule (25, 26) zurückgeleitet wird,

- aus einem zweiten Teil des in dem Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28) erzeugten Dampfs und/oder aus einem nicht verdampften Teil (67) der Sumpfflüssigkeit (66) der Niederdrucksäule (25, 26) ein gasförmiges Sauerstoffprodukt (69) gewonnen wird und

- die erste Hochdrucksäule und mindestens ein Abschnitt der Niederdrucksäule (25, 26) nebeneinander angeordnet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass die Niederdrucksäule durch mindestens durch

zwei Abschnitte gebildet wird, wobei ein erster Abschnitt (25) und einen zweiten Abschnitt (26) jeweils in einem separaten Behälter, der Stoffaustauschelemente enthält, angeordnet sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Abschnitt (25) der Niederdrucksäule die Stoffaustauschelemente zwischen Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) und Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28) enthält und der zweite Abschnitt (26) die Stoffaustauschelemente am Kopf der Niederdrucksäule.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Abschnitt (26) der Niederdrucksäule neben der ersten Hochdrucksäule (23) angeordnet ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Abschnitt (25) der Niederdrucksäule neben der ersten Hochdrucksäule (23) angeordnet ist, insbesondere zwischen erster Hochdrucksäule (23) und zweiten Abschnitt (26) der Niederdrucksäule.

5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Abschnitt (25) der Niederdrucksäule über der ersten Hochdrucksäule (23) angeordnet ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) oberhalb des beziehungsweise innerhalb des ersten Abschnitts (25) der Niederdrucksäule angeordnet ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28) unterhalb des beziehungsweise innerhalb des ersten Abschnitts (25) der Niederdrucksäule angeordnet ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein nicht verdampfter Teil (67) der Sumpfflüssigkeit (66) der Niederdrucksäule (25, 26) in dem Nebenkondensator (29; 228) mindestens teilweise verdampft wird und

- mindestens ein Teil der in dem Nebenkondensator (29; 228) verdampften Flüssigkeit (68) als gasförmiges Sauerstoffprodukt (69) gewonnen wird,

- wobei der Nebenkondensator (29; 228) unterhalb des Niederdrucksäulen-Sumpfordampfers (28) angeordnet ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung außerdem eine zweite Hochdrucksäule (24) aufweist,

- ein zweiter Einsatzluftstrom in dem Hauptwärmetauscher (20, 21) abgekühlt wird,

- der abgekühlte zweite Einsatzluftstrom (35) unter einem zweiten Druck, der höher ist als der erste Druck, in die zweite Hochdrucksäule (24) eingeleitet wird und

- mindestens ein Teil des Kopfgases (58) der zweiten Hochdrucksäule (24) als Heizfluid in dem Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28) eingesetzt wird,

- wobei die zweite Hochdrucksäule (24) neben der ersten Hochdrucksäule (23) angeordnet ist, insbesondere zwischen der ersten Hochdrucksäule (23) und dem ersten Abschnitt (25) der Niederdrucksäule beziehungsweise zwischen der ersten Hochdrucksäule (23) und dem Nebenkondensator (29; 228).

10. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauer-

stoff-Trennung, das eine erste Hochdrucksäule (23) und eine Niederdrucksäule (25, 26) aufweist sowie einen Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) und einen Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28), die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind, und mit

- einem Hauptwärmetauscher (20, 21) zum Abkühlen eines ersten Einsatzluftstroms,
- Mitteln zum Einführen des abgekühlten ersten Einsatzluftstroms (22) unter einem ersten Druck in die erste Hochdrucksäule (23),
- Mitteln zum Einführen einer flüssigen Zwischenfraktion (75) aus der Niederdrucksäule (25, 26) in den Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers (27),
- Mitteln zum Einführen von gasförmigem Kopfstickstoff (44, 45) aus der ersten Hochdrucksäule (23) in den Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfers (27) kondensiert und eine flüssige Zwischenfraktion (75) aus der Niederdrucksäule (25, 26) verdampft wird,
- Mitteln zum Aufgeben mindestens eines Teils (47) des in dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) kondensierten Kopfstickstoffs (46) als Rücklaufflüssigkeit auf die erste Hochdrucksäule (23),
- Mitteln zum Einleiten (77, 79) mindestens eines Teils der in dem Niederdrucksäulen-Zwischenverdampfer (27) verdampften Zwischenfraktion als aufsteigendes Gas in die Niederdrucksäule (25, 26),
- Mitteln zum Einleiten mindestens eines Teils der Sumpfflüssigkeit (66) der Niederdrucksäule (25, 26) in den Verdampfungsraum des Niederdrucksäulen-Sumpfordampfers (28),
- Mitteln zum Einleiten eines Heizfluid (58) in den Verflüssigungsraum des Niederdrucksäulen-Sumpfordampfers (28),
- Mitteln zum Zurückleiten mindestens eines ersten Teils des in dem Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28) erzeugten Dampfs in die Niederdrucksäule (25, 26) und mit
- Mitteln zum Gewinnen eines gasförmigen Sauerstoffprodukts (69) aus einem zweiten Teil des in dem Niederdrucksäulen-Sumpfordampfer (28) erzeugten Dampfs und/oder aus einem nicht verdampften Teil (67) der Sumpfflüssigkeit (66) der Niederdrucksäule (25, 26), wobei
- die erste Hochdrucksäule und mindestens ein Abschnitt der Niederdrucksäule (25, 26) nebeneinander angeordnet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass die Niederdrucksäule durch mindestens durch zwei Abschnitte gebildet wird, wobei ein erster Abschnitt (25) und einen zweiter Abschnitt (26) jeweils in einem separaten Be-

hälter, der Stoffaustauschelemente enthält, angeordnet sind.

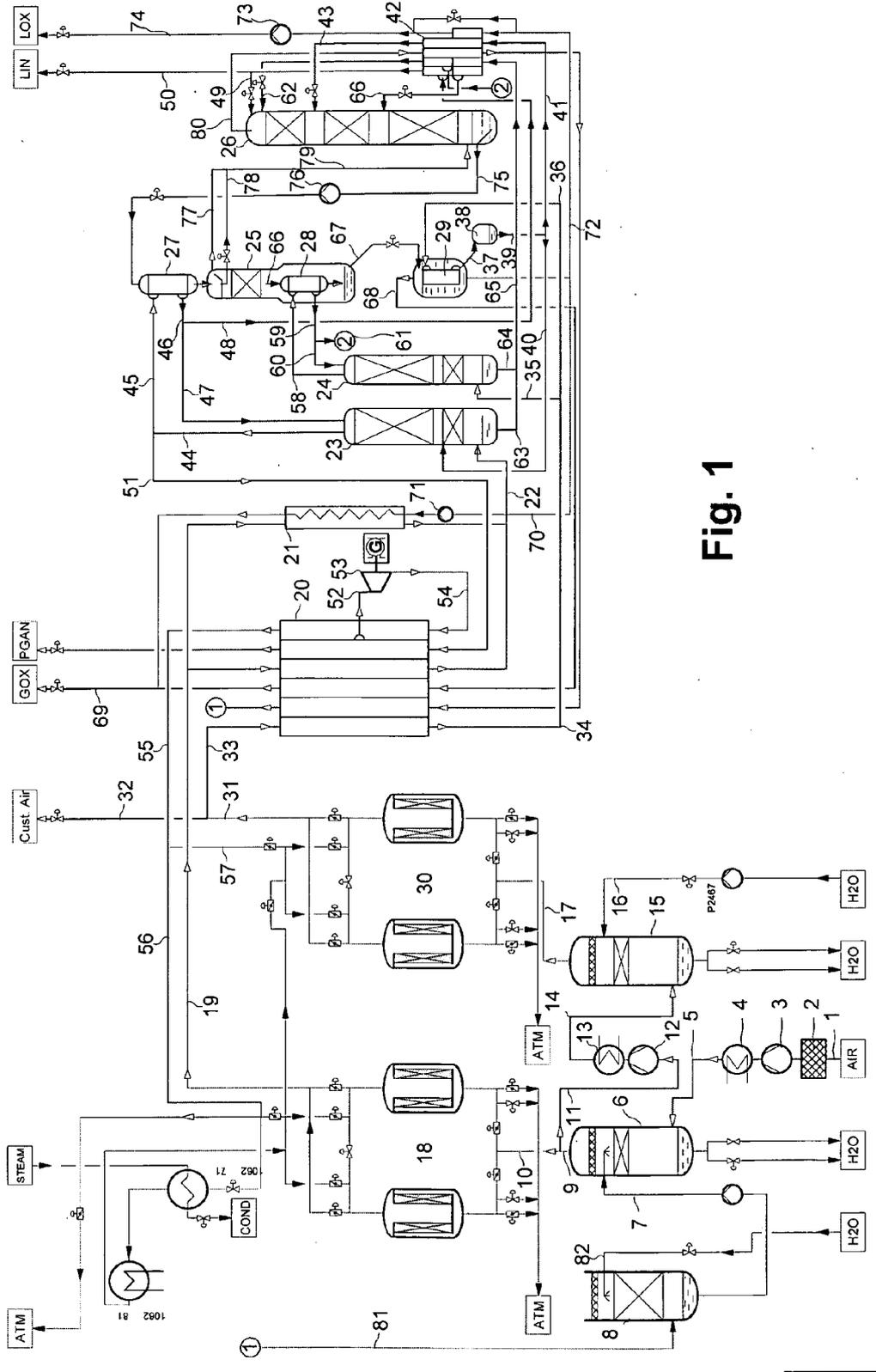


Fig. 1

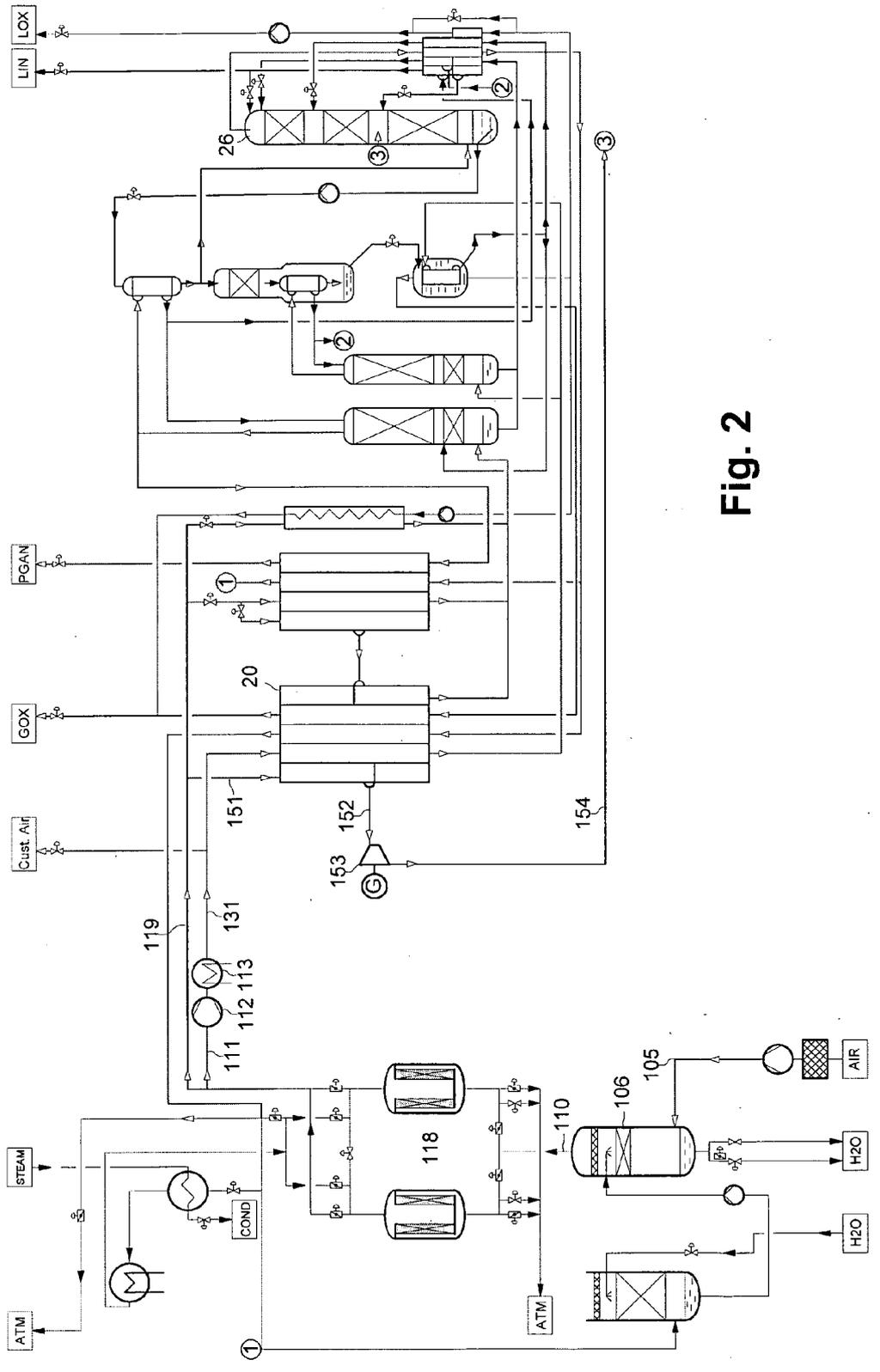


Fig. 2

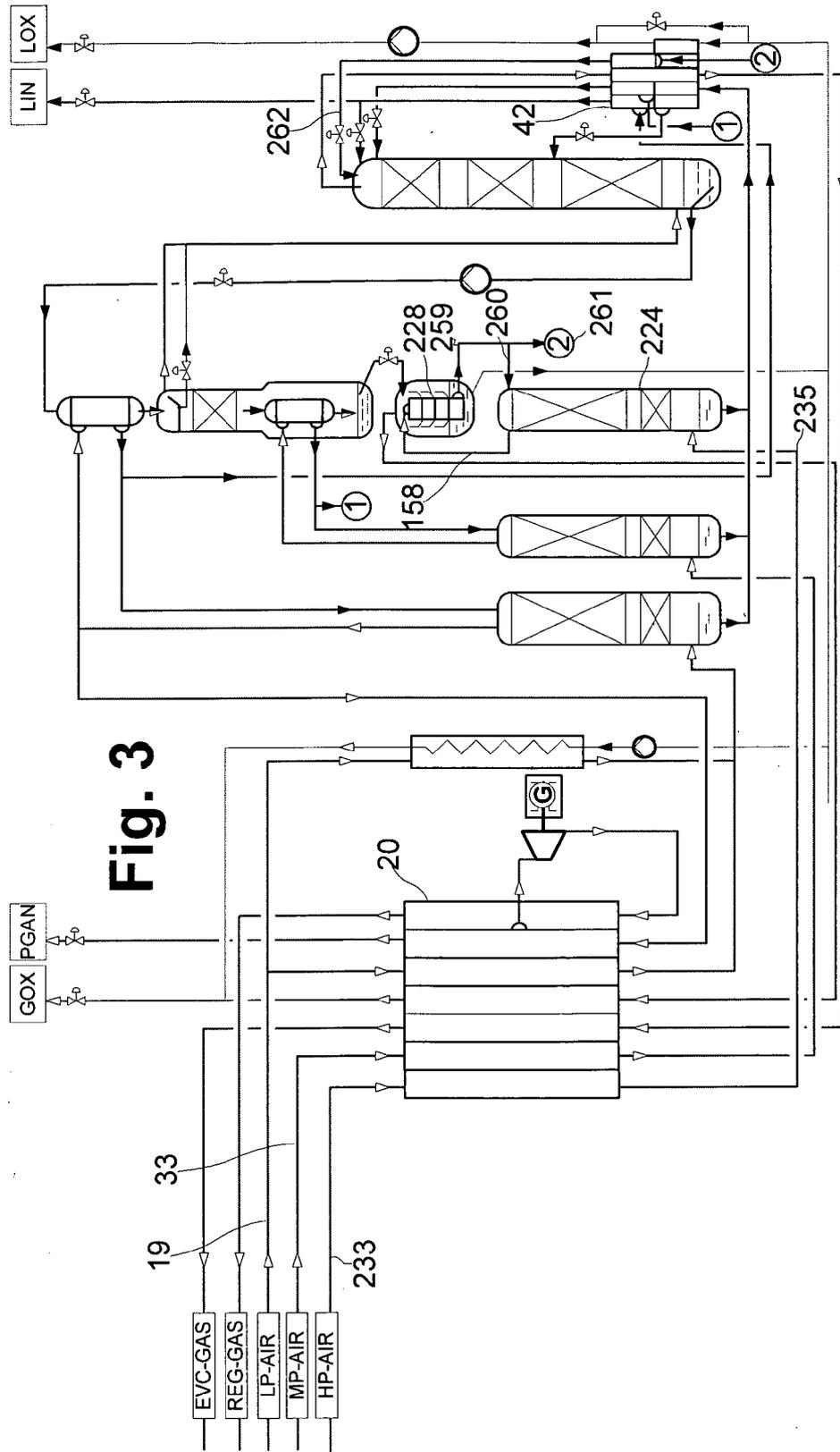


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 00 8534

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 202 05 751 U1 (LINDE AG [DE]) 11. Juli 2002 (2002-07-11) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 * * Seite 3, Zeile 10 - Seite 4, Zeile 31 * -----	1-10	INV. F25J3/04
Y	DE 100 09 977 A1 (LINDE AG [DE]) 6. September 2001 (2001-09-06) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 * * Spalte 3, Zeilen 41-49 * -----	1-8,10	
Y	DE 20 2006 004478 U1 (LINDE AG [DE]) 1. Juni 2006 (2006-06-01) * Zusammenfassung * * Absatz [0013] * -----	1-7,10	
Y	EP 1 413 840 A1 (LINDE AG [DE]) 28. April 2004 (2004-04-28) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 * * Absätze [0017] - [0023] * -----	9	
A	US 5 765 397 A (HONDA HIDEYUKI [JP] ET AL) 16. Juni 1998 (1998-06-16) * Zusammenfassung * * Ansprüche 1,3,6,9,10 * * Abbildung 2 * * Spalte 4, Zeilen 32-43, 51-57 * * Spalte 5, Zeilen 6-14, 47-53 * * Spalte 8, Zeilen 22-29, 59-64 * -----	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. Juni 2012	Prüfer Alvarez Rodriguez, C
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 11 00 8534

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-06-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 20205751	U1	11-07-2002	KEINE	

DE 10009977	A1	06-09-2001	KEINE	

DE 202006004478	U1	01-06-2006	KEINE	

EP 1413840	A1	28-04-2004	DE 10249383 A1	06-05-2004
			EP 1413840 A1	28-04-2004

US 5765397	A	16-06-1998	JP 10132458 A	22-05-1998
			US 5765397 A	16-06-1998

EPO FORM P0481

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19609490 A1 [0006] [0010]
- US 5669237 A [0006] [0010]
- DE 10009977 [0010]
- EP 1077356 A1 [0045]
- WO 0192798 A2 [0045]
- US 2005028554 A1 [0045]
- WO 01092799 A1 [0045]
- US 2003159810 A1 [0045]
- WO 03012352 A2 [0045]
- DE 102007003437 A1 [0045]