



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.01.2016 Patentblatt 2016/01

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

(21) Anmeldenummer: **15001884.4**

(22) Anmeldetag: **25.06.2015**

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

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

(72) Erfinder: **Goloubev, Dimitri**
80804 München (DE)

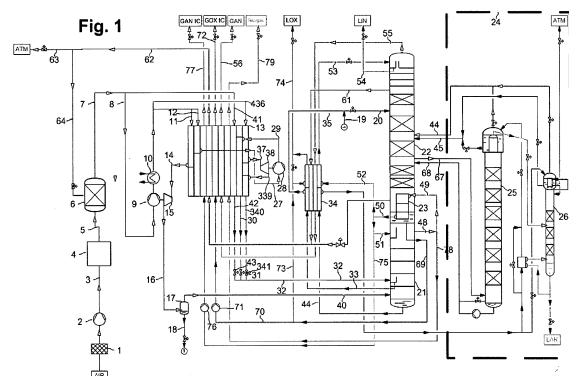
(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Legal Services Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(30) Priorität: **05.07.2014 EP 14002308**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR GEWINNUNG EINES DRUCKGASPRODUKTS DURCH TIEFTEMPORATURZERLEGUNG VON LUFT**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Gewinnung eines Druckgasprodukts (72; 73) mittels Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (21) und eine Niederdrucksäule (22) aufweist. Die gesamte Einsatzluft wird in einem Hauptluftverdichter (2) auf einen ersten Druck verdichtet, der mindestens 4 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (21) ist. Ein erster Teilstrom (8, 11, 14) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) wird in einem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und in einer ersten Luftturbine (15) arbeitsleistend entspannt. Mindestens ein erster Teil des arbeitsleistend entspannten ersten Teilstroms (16) wird in das Destillationssäulen-System eingeleitet (40; 18, 19, 20). Ein zweiter Teilstrom (12, 27, 29, 30) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft wird in einem ersten Nachverdichter (9), der insbesondere von der ersten Turbine (15) angetrieben wird, auf einen zweiten Druck nachverdichtet, der höher als der erste Druck ist, in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt, in einem zweiten Nachverdichter (28), der als Kaltverdichter betrieben und insbesondere von der zweiten Turbine (38) angetrieben wird, auf einen dritten Druck nachverdichtet, der höher als der zweite Druck ist, in dem Hauptwärmetauscher (13) abgekühlt und anschließend entspannt (31) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet (32). Ein dritter Teilstrom (436, 37) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) wird in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und in einer zweiten Luftturbine (38) arbeitsleistend entspannt. Mindestens ein erster Teil (339) des

arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms wird in das Destillationssäulen-System eingeleitet (340). Ein erster Produktstrom (69; 75) wird flüssig aus dem Destillationssäulen-System entnommen und einer Druckerhöhung (71; 76) auf einen ersten Produktdruck unterworfen. Der erste Produktstrom wird unter dem ersten Produktdruck im Hauptwärmetauscher (13) verdampft oder pseudo-verdampft und angewärmt. Der angewärmte erste Produktstrom (72; 77) wird als erstes Druckgasprodukt (GOX IC; GAN IC) gewonnen. Der dritte Teilstrom (37) wird in der zweiten Luftturbine (38) auf einen Druck entspannt, der mindestens 1 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (21) ist. Mindestens ein erster Teil (339) des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms wird in dem Hauptwärmetauscher (13) weiter abgekühlt, verflüssigt und anschließend entspannt (341) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur variablen Gewinnung eines Druckgasprodukts mittels Tieftemperaturzerlegung von Luft.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft sind zum Beispiel aus Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985, Kapitel 4 (Seiten 281 bis 337) bekannt.

[0003] Das Destillationssäulen-System einer solchen Anlage kann als Zwei-Säulen-System (zum Beispiel als klassisches Linde-Doppelsäulensystem) ausgebildet sein, oder auch als Drei- oder Mehr-Säulen-System. Es kann zusätzlich zu den Kolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung weitere Vorrichtungen zur Gewinnung hoch reiner Produkte und/oder anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen aufweisen, beispielsweise eine Argongewinnung und/oder eine Krypton-Xenon-Gewinnung.

[0004] 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) des ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung des zweiten Fluidstroms. Verdampfungs- und Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen. Der Verdampfungsraum eines Kondensator-Verdampfers kann als Badverdampfer, Fallfilmverdampfer oder Forced-Flow-Verdampfer ausgebildet sein.

[0005] Bei dem Prozess der Erfindung wird ein flüssig auf Druck gebrachter Produktstrom gegen einen Wärmeträger verdampft und schließlich als innenverdichtetes Druckgasprodukt gewonnen. Diese Methode wird auch als Innenverdichtung bezeichnet. Sie dient zur Gewinnung von gasförmigem Druckprodukt. Für den Fall eines überkritischen Drucks findet kein Phasenübergang im eigentlichen Sinne statt, der Produktstrom wird dann "pseudo-verdampft". Bei dem Produktstrom kann es sich beispielsweise um ein Sauerstoffprodukt aus der Niederdrucksäule eines Zwei-Säulen-Systems oder um ein Stickstoffprodukt aus der Hochdrucksäule eines Zwei-Säulen-Systems beziehungsweise aus dem Verflüssigungsraum eines Hauptkondensators handeln, über den Hochdrucksäule und Niederdrucksäule in wärmetauschender Verbindung stehen.

[0006] Gegen den (pseudo-)verdampfenden Produktstrom wird ein unter hohem Druck stehender Wärmeträger verflüssigt (beziehungsweise pseudo-verflüssigt, wenn er unter überkritischem Druck steht). Der Wärmeträger wird häufig durch einen Teil der Luft gebildet, im vorliegenden Fall von dem "zweiten Teilstrom" der ver-

dichteten Einsatzluft.

[0007] Innenverdichtungsverfahren sind zum Beispiel bekannt aus DE 830805, DE 901542 (= US 2712738/US 2784572), DE 952908, DE 1103363 (= US 3083544), DE 1112997 (= US 3214925), DE 1124529, DE 1117616 (= US 3280574), DE 1226616 (= US 3216206), DE 1229561 (= US 3222878), DE 1199293, DE 1187248 (= US 3371496), DE 1235347, DE 1258882 (= US 3426543), DE 1263037 (= US 3401531), DE 1501722 (= US 3416323), DE 1501723 (= US 3500651), DE 253132 (= US 4279631), DE 2646690, EP 93448 B1 (= US 4555256), EP 384483 B1 (= US 5036672), EP 505812 B1 (= US 5263328), EP 716280 B1 (= US 5644934), EP 842385 B1 (= US 5953937), EP 758733 B1 (= US 5845517), EP 895045 B1 (= US 6038885), DE 19803437 A1, EP 949471 B1 (= US 6185960 B1), EP 955509 A1 (= US 6196022 B1), EP 1031804 A1 (= US 6314755), DE 19909744 A1, EP 1067345 A1 (= US 6336345), EP 1074805 A1 (= US 6332337), DE 19954593 A1, EP 1134525 A1 (= US 6477860), DE 10013073 A1, EP 1139046 A1, EP 1146301 A1, EP 1150082 A1, EP 1213552 A1, DE 10115258 A1, EP 1284404 A1 (= US 2003051504 A1), EP 1308680 A1 (= US 6612129 B2), DE 10213212 A1, DE 10213211 A1, EP 1357342 A1 oder DE 10238282 A1 DE 10302389 A1, DE 10334559 A1, DE 10334560 A1, DE 10332863 A1, EP 1544559 A1, EP 1585926 A1, DE 102005029274 A1 EP 1666824 A1, EP 1672301 A1, DE 102005028012 A1, WO 2007033838 A1, WO 2007104449 A1, EP 1845324 A1, DE 102006032731 A1, EP 1892490 A1, DE 102007014643 A1, A1, EP 2015012 A2, EP 2015013 A2, EP 2026024 A1, WO 2009095188 A2 oder DE 102008016355A1.

[0008] Die Erfindung betrifft insbesondere Systeme, bei denen die gesamte Einsatzluft auf einen Druck verdichtet wird, der deutlich über dem höchsten Destillationsdruck, der im Inneren der Säulen des Destillationssäulen-Systems herrscht (im Normalfall ist dies der Hochdrucksäulendruck). Solche Systeme werden auch als HAP-Prozesse bezeichnet (HAP - high air pressure). Dabei liegt der "erste Druck", also der Austrittsdruck des Hauptluftverdichters (MAC = main air compressor), in dem die Gesamtluft verdichtet wird, beispielsweise mehr als 4 bar, insbesondere 6 bis 16 bar über dem höchsten Destillationsdruck. Absolut liegt der "erste Druck" beispielsweise zwischen 17 und 25 bar. Bei HAP-Verfahren stellt der Hauptluftverdichter regelmäßig die einzige mit externer Energie angetriebene Maschine zur Verdichtung von Luft dar. Unter einer "einzigsten Maschine" wird hier ein einstufiger oder mehrstufiger Verdichter verstanden, dessen Stufen alle mit dem gleichen Antrieb verbunden sind, wobei alle Stufen in demselben Gehäuse untergebracht oder mit demselben Getriebe verbunden sind.

[0009] Eine Alternative zu derartigen HAP-Verfahren stellen so genannte MAC-BAC-Verfahren dar, bei denen die Luft im Hauptluftverdichter auf einen relativ niedrigen Gesamtluftdruck verdichtet wird, zum Beispiel auf den

Betriebsdruck der Hochdrucksäule (plus Leitungsverlusten). Ein Teil der Luft aus dem Hauptluftverdichter wird in einem mit externer Energie angetriebenen Luftnachverdichter (BAC = booster air compressor) auf einen höheren Druck verdichtet. Dieser Luftteil unter höherem Druck (häufig Drosselstrom genannt) liefert den Großteil der für die (Pseudo-)Verdampfung des innenverdichteten Produkts notwendige Wärme im Hauptwärmetauscher. Er wird stromabwärts des Hauptluftverdichters in einem Drosselventil oder in einer Flüssigturbine (DLE = dense liquid expander) auf den im Destillationssäulen-System benötigten Druck entspannt.

[0010] Ein Verfahren der eingangs genannten Art mit serielle verbundenem erstem Nachverdichter (Warmbooster) und zweitem Nachverdichter (Kaltbooster) ist aus DE 102010055448 A1 bekannt.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein derartiges Verfahren hinsichtlich der energetischen Effizienz weiter zu verbessern.

[0012] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Neben dem "zweiten Teilstrom" - dem Drosselstrom unter dem besonders hohen dritten Druck - wird ein weiterer Drosselstrom unter einem vergleichsweise niedrigen Druck von beispielsweise 7 bis 15 bar, insbesondere 10 bis 13 bar durch den kalten Teil des Hauptwärmetauschers gefahren. Dieser weitere Drosselstrom wird durch den "dritten Teilstrom" der Luft stromabwärts seiner Entspannung in der zweiten Luftturbine gebildet. Der zusätzliche Luftstrom im kalten Teil des Hauptwärmetauschers ermöglicht es, ein günstiges Wärmetauschdiagramm zu erreichen und damit Energie zu sparen, insbesondere wenn als innenverdichtetes Produkt Stickstoff zwischen 7 und 15 bar gewonnen wird.

[0013] In vielen Fällen ist eine weitere Optimierung des Wärmeaustauschprozesses im Hauptwärmetauscher möglich, indem ein vierter Teilstrom der im Hauptluftverdichter verdichteten Luft unter dem ersten Druck, dem Austrittsdruck des Hauptluftverdichters, in dem Hauptwärmetauscher abgekühlt und anschließend entspannt und in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird.

[0014] Einer der beiden Turbinenströme oder beide können gemeinsam mit dem zweiten Teilstrom in dem ersten Nachverdichter auf den zweiten Druck nachverdichtet werden, wie es in den Patentansprüchen 3 und 4 beschrieben ist.

[0015] Insbesondere der dritte Teilstrom kann auch ohne Nachverdichtung bleiben; er wird dann unter dem ersten Druck in die zweite Luftturbine eingeleitet.

[0016] Wenn das System zeitweise mit besonders niedriger Flüssigproduktion oder als reine Gasanlage gefahren werden soll, ist es günstig, zu diesen Zeiten einen zweiten Teil des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms nicht in den Hauptwärmetauscher einzuführen, sondern in den Verflüssigungsraum einen Sumpfverdampfers der Hochdrucksäule, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist.

[0017] Der in dem Verdampfungsraum des Sumpfver-

dampfers der Hochdrucksäule mindestens teilweise kondensierte Strom wird dann vorzugsweise der Hochdrucksäule an einer Zwischenstelle zugeführt.

[0018] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Figuren 1 und 2 schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0019] In Figur 1 wird atmosphärische Luft (AIR) wird über ein Filter 1 von einem Hauptluftverdichter 2 angesaugt. Der Hauptluftverdichter weist in dem Beispiel fünf Stufen auf und verdichtet den Gesamtluftstrom auf einen "ersten Druck" von beispielsweise 19,7 bar. Der Gesamtluftstrom 3 stromabwärts des Hauptluftverdichters 2 wird unter dem ersten Druck in einer Vorkühlung 4 gekühlt. Der vorgekühlte Gesamtluftstrom 5 wird in einer Reinigungseinrichtung 6, die insbesondere durch ein Paar umschaltbarer Molsieb-Adsorber gebildet wird, gereinigt. Der gereinigte Gesamtluftstrom 7 wird zu einem ersten Teil 8 in einem im Warmen betriebenen Luftnachverdichter 9 mit Nachkühler 10 auf einen "zweiten Druck" von beispielsweise 24 bar nachverdichtet und anschließend in einen "ersten Teilstrom" 11 (erster Turbinenluftstrom) und einen "zweiten Teilstrom" 12 (erster Drosselstrom) aufgeteilt.

[0020] Der erste Teilstrom 11 wird in einem Hauptwärmetauscher 13 auf eine erste Zwischentemperatur von ca. 135K abgekühlt. Der abgekühlte erste Teilstrom 14 wird in einer ersten Luftturbine 15 von dem zweiten Druck auf etwa 5,5 bar arbeitsleistend entspannt. Die erste Luftturbine 15 treibt den warmen Luftnachverdichter 9 an. Der arbeitsleistend entspannte erste Teilstrom 16 wird in einen Abscheider (Phasentrenner) 17 eingeleitet. Der flüssige Anteil 18 wird über die Leitungen 19 und 20 in die Niederdrucksäule 22 des Destillationssäulen-Systems eingeleitet.

[0021] Das Destillationssäulen-System umfasst eine Hochdrucksäule 21, die Niederdrucksäule 22 und einen Hauptkondensator 23 sowie eine übliche Argongewinnung 24 mit Rohargonsäule 25 und Reinargonsäule 26. Der Hauptkondensator 23 ist als Kondensator-Verdampfer ausgebildet, in dem konkreten Beispiel als Kaskadenverdampfer. Der Betriebsdruck am Kopf der Hochdrucksäule beträgt in dem Beispiel 5,3 bar, derjenige am Kopf der Niederdrucksäule 1,35 bar.

[0022] Der zweite Teilstrom 12 der Einsatzluft wird in dem Hauptwärmetauscher 13 auf eine zweite Zwischentemperatur abgekühlt, die höher als die erste Zwischentemperatur ist, über Leitung 27 einem Kaltverdichter 28 zugeleitet und dort auf einen "dritten Druck" von ca. 35 bar nachverdichtet. Der nachverdichtete zweite Teilstrom 29 wird bei einer dritten Zwischentemperatur, die höher als die zweite Zwischentemperatur ist, wieder in den Hauptwärmetauscher 13 eingeleitet und dort bis zum kalten Ende abgekühlt. Der kalte zweite Teilstrom 30 wird in einem Drosselventil 31 auf etwa den Betriebsdruck der Hochdrucksäule entspannt und über Leitung 32 der Hochdrucksäule 21 zugeführt. Ein Teil 33 wird wieder entnommen, in einem Unterkühlungs-Gegenströmer 34

abgekühlt und über die Leitungen 35 und 20 in die Niederdrucksäule 22 eingespeist.

[0023] Ein "dritter Teilstrom" 436 der Einsatzluft wird unter dem zweiten Druck in den Hauptwärmetauscher 13 eingeleitet und dort auf eine vierte Zwischentemperatur abgekühlt, die in dem Beispiel etwas höher als die erste Zwischentemperatur liegt. Der abgekühlte dritte Teilstrom 37 wird in einer zweiten Luftturbine 38 von dem ersten Druck aus arbeitsleistend entspannt. Der arbeitsleistend entspannte Turbinenstrom 339 weist einen Druck auf, der mindestens 1 bar, insbesondere 4 bis 10 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule liegt, und eine Temperatur, die mindestens 10 K, insbesondere 15 bis 40 K oberhalb der Eintrittstemperatur der Niederdruck-Stickstoffströme 55, 61 am kalten Ende des Hauptwärmetauschers liegt. Dieser Strom wird dann im kalten Teil des Hauptwärmetauschers weiter abgekühlt. Der weiter abgekühlte dritte Teilstrom 340 wird als dritter Drosselstrom in einem Drosselventil 341 auf etwa Hochdrucksäulendruck entspannt und über Leitung 32 in die Hochdrucksäule eingeführt. Hierdurch lässt sich der Wärmeaustauschvorgang im Hauptwärmetauscher weiter optimieren, insbesondere im Falle von relativ geringen GAN-IC-Drücken von beispielsweise 7 bis 15 bar, insbesondere etwa 12 bar.

[0024] Die zweite Luftturbine 38 treibt den Kaltverdichter 28 an. Der arbeitsleistend entspannte dritte Teilstrom 339 wird über Leitung 40 der Hochdrucksäule 21 am Sumpf zugeführt.

[0025] (Die Aufteilung in die Teilstrome gleichen Drucks könnte abweichend von der Darstellung in der Zeichnung von Figur 1 auch im Inneren des Hauptwärmetauschers 13 durchgeführt werden.)

[0026] Ein "vierter Teilstrom" 41 (zweiter Drosselstrom) durchströmt den Hauptwärmetauscher 13 vom warmen bis zum kalten Ende unter dem ersten Druck. Der kalte vierte Teilstrom 42 wird in einem Drosselventil 43 auf etwa den Betriebsdruck der Hochdrucksäule entspannt und über Leitung 32 der Hochdrucksäule 21 zugeführt.

[0027] Die sauerstoffangereicherte Sumpfflüssigkeit 44 der Hochdrucksäule 21 wird im Unterkühlungs-Gegenströmer 34 abgekühlt und über Leitung 45 in die fakultative Argongewinnung 24 eingeleitet. Daraus erzeugter Dampf 46 und verbleibende Flüssigkeit 47 werden in die Niederdrucksäule 22 eingespeist.

[0028] Ein erster Teil 49 des Kopfstickstoffs 48 der Hochdrucksäule 21 wird im Verflüssigungsraum des Hauptkondensators 23 gegen im Verdampfungsraum verdampfenden flüssigen Sauerstoff aus dem Sumpf der Niederdrucksäule vollständig oder im Wesentlichen vollständig verflüssigt. Ein erster Teil 51 des dabei erzeugten flüssigen Stickstoffs 50 wird als Rücklauf auf die Hochdrucksäule 21 aufgegeben. Ein zweiter Teil 52 wird im Unterkühlungs-Gegenströmer 34 abgekühlt, über Leitung 53 in die Niederdrucksäule 22 eingespeist. Mindestens ein Teil des flüssigen Niederdruckstickstoffs 53 dient als Rücklauf in der Niederdrucksäule 21; ein anderer Teil

54 kann als Flüssigstickstoffprodukt (LIN) gewonnen werden.

[0029] Von einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule 22 wird gasförmiger Unreinstickstoff 61 abgezogen, im 5 Unterkühlungs-Gegenströmer 34 und im Hauptwärmetauscher 13 angewärmt. Der warme Unreinstickstoff 62 kann in die Atmosphäre (ATM) abgeblasen (63) und/oder als Regeneriergas 64 für die Reinigungseinrichtung 6 eingesetzt werden. Gasförmiger Stickstoff 55 vom Kopf 10 der Niederdrucksäule 22 wird ebenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 34 und im Hauptwärmetauscher 13 angewärmt und über Leitung 56 als Niederdruckstickstoffprodukt (GAN) abgezogen.

[0030] Die Leitungen 67 und 68 (sogenannter Argon- 15 übergang) verbinden die Niederdrucksäule 21 mit der Rohargonsäule 25 der Argongewinnung 24.

[0031] Ein erster Teil 70 des flüssigen Sauerstoffs 69 vom Sumpf der Niederdrucksäule 21 wird als "erster Produktstrom" abgezogen, in einer Sauerstoffpumpe 71 auf 20 einen "ersten Produktdruck" von beispielsweise 37 bar gebracht und unter dem ersten Produktdruck in dem Hauptwärmetauscher 13 verdampft und schließlich über Leitung 72 als "erstes Druckgasprodukt" (GOX IC - innenverdichteter gasförmiger Sauerstoff) gewonnen.

[0032] Ein zweiter Teil 73 des flüssigen Sauerstoffs 69 25 vom Sumpf der Niederdrucksäule 21 wird gegebenenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 34 abgekühlt und über Leitung 74 als Flüssigsauerstoffprodukt (LOX) gewonnen.

[0033] In dem Beispiel wird auch ein dritter Teil 75 des 30 flüssigen Stickstoffs 50 aus der Hochdrucksäule 21 beziehungsweise dem Hauptkondensator 23 einer Innenverdichtung unterzogen, indem er in einer Stickstoffpumpe 76 auf einen zweiten Produktdruck von beispielsweise 12 bar gebracht, unter dem zweiten Produktdruck in dem 35 Hauptwärmetauscher 13 pseudo-verdampft und schließlich über Leitung 77 als innenverdichtetes gasförmiges Stickstoff-Druckprodukt (GAN IC) gewonnen.

[0034] Ein zweiter Teil 78 des gasförmigen Kopfstickstoffs 48 der Hochdrucksäule 21 wird im Hauptwärmetauscher 40 angewärmt und über Leitung 79 entweder als gasförmiges Mitteldruckprodukt gewonnen oder - wie dargestellt - als Dichtgas (Sealgas) für eine oder mehrere der dargestellten Prozesspumpen eingesetzt.

[0035] Figur 2 unterscheidet sich von Figur 1 dadurch, 45 dass der dritte Teilstrom 36 der Einsatzluft unter dem ersten Druck in den Hauptwärmetauscher 13 eingeleitet wird und die zweite Turbine 38 damit einen entsprechend niedrigeren Eintrittsdruck hat.

[0036] In dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 weist 50 die Hochdrucksäule einen Sumpfverdampfer 351 auf. Dieser wird insbesondere dann eingesetzt, wenn mindestens zeitweise eine besonders niedrige Flüssigproduktion oder sogar reiner Gasbetrieb gewünscht ist. Die 55 Turbine 38 der vorigen Ausführungsbeispiele kann nicht mit ihrem maximalen Durchsatz gefahren werden, weil ansonsten zu viel Luft als dritter Teilstrom durch das kalte Ende des Hauptwärmetauschers gefahren werden

müsste und der Betrieb des Hauptwärmetauschers damit weniger effizient wäre.

[0037] In Figur 3 kann nun bei besonders niedriger Flüssigproduktion ein Teil 350 des dritten Teilstroms aus der Turbine 38 am Hauptwärmetauscher vorbeigeführt werden. Die Turbine 38 (und damit der gekoppelte Kaltverdichter) kann nun mit vollen Durchsatz gefahren werden, ohne den Wärmeaustauschvorgang im Hauptwärmetauscher zu belasten. Der Strom 350 wird im Verdampfungsraum des Sumpfverdampfers 351 mindestens teilweise kondensiert und anschließend über Leitung 352 der Hochdrucksäule an einer Zwischenstelle zugeführt. Er verstärkt damit die Destillation im unteren Teil der Hochdrucksäule.

[0038] Abweichend von der Darstellung in Figur 3 kann der Strom 350 auch vor der Einleitung in den Sumpfverdampfer im Hauptwärmetauscher auf den Tauzustand abgekühlt werden. Dies kann in einer separaten Passage erfolgen, aber auch durch Zwischenentnahme an geeigneter Stelle und entsprechende Umspeisung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung eines Druckgasprodukts (72; 73) mittels Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (21) und eine Niederdrucksäule (22) aufweist, bei dem

- die gesamte Einsatzluft in einem Hauptluftverdichter (2) auf einen ersten Druck verdichtet wird, der mindestens 4 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (21) ist,
- ein erster Teilstrom (8, 11, 14) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) in einem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und in einer ersten Luftturbine (15) arbeitsleistend entspannt wird,
- mindestens ein erster Teil des arbeitsleistend entspannten ersten Teilstroms (16) in das Destillationssäulen-System eingeleitet (40; 18, 19, 20) wird,
- ein zweiter Teilstrom (12, 27, 29, 30) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft in einem ersten Nachverdichter (9), der insbesondere von der ersten Turbine (15) angetrieben wird, auf einen zweiten Druck nachverdichtet wird, der höher als der erste Druck ist, in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt, in einem zweiten Nachverdichter (28), der als Kaltverdichter betrieben und insbesondere von der zweiten Turbine (38) angetrieben wird, auf einen dritten Druck nachverdichtet wird, der höher als der zweite Druck ist, in dem Hauptwärmetauscher (13) abgekühlt und anschließend entspannt (31) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet (32) wird,

- ein dritter Teilstrom (436, 37) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und in einer zweiten Luftturbine (38) arbeitsleistend entspannt wird und
- mindestens ein erster Teil (339) des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms in das Destillationssäulen-System eingeleitet (340) wird,

- ein erster Produktstrom (69; 75) flüssig aus dem Destillationssäulen-System entnommen und einer Druckerhöhung (71; 76) auf einen ersten Produktdruck unterworfen wird,

- der erste Produktstrom unter dem ersten Produktdruck im Hauptwärmetauscher (13) verdampft oder pseudo-verdampft und angewärmt wird und

- der angewärmte erste Produktstrom (72; 77) als erstes Druckgasprodukt (GOX IC; GAN IC) gewonnen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der dritte Teilstrom (37) in der zweiten Luftturbine (38) auf einen Druck entspannt wird, der mindestens 1 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (21) ist,

- der Eintrittsdruck der ersten Luftturbine (15) mindestens ein 1 bar kleiner als der dritte Druck ist und

- mindestens ein erster Teil (339) des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms in dem Hauptwärmetauscher (13) weiter abgekühlt, verflüssigt und anschließend entspannt (341) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein vierter Teilstrom (41, 42) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Luft (7) unter dem ersten Druck in dem Hauptwärmetauscher (13) abgekühlt und anschließend entspannt (43) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Teilstrom gemeinsam mit dem zweiten Teilstrom in dem erste Nachverdichter (9) auf den zweiten Druck gebracht wird und unter dem zweiten Druck in die erste Luftturbine (15) eingeleitet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Teilstrom gemeinsam mit dem zweiten Teilstrom und gegebenenfalls mit dem ersten Teilstrom in dem ersten Nachverdichter (9) auf den zweiten Druck gebracht wird und unter dem zweiten Druck in die zweite Luftturbine (38) eingeleitet wird.

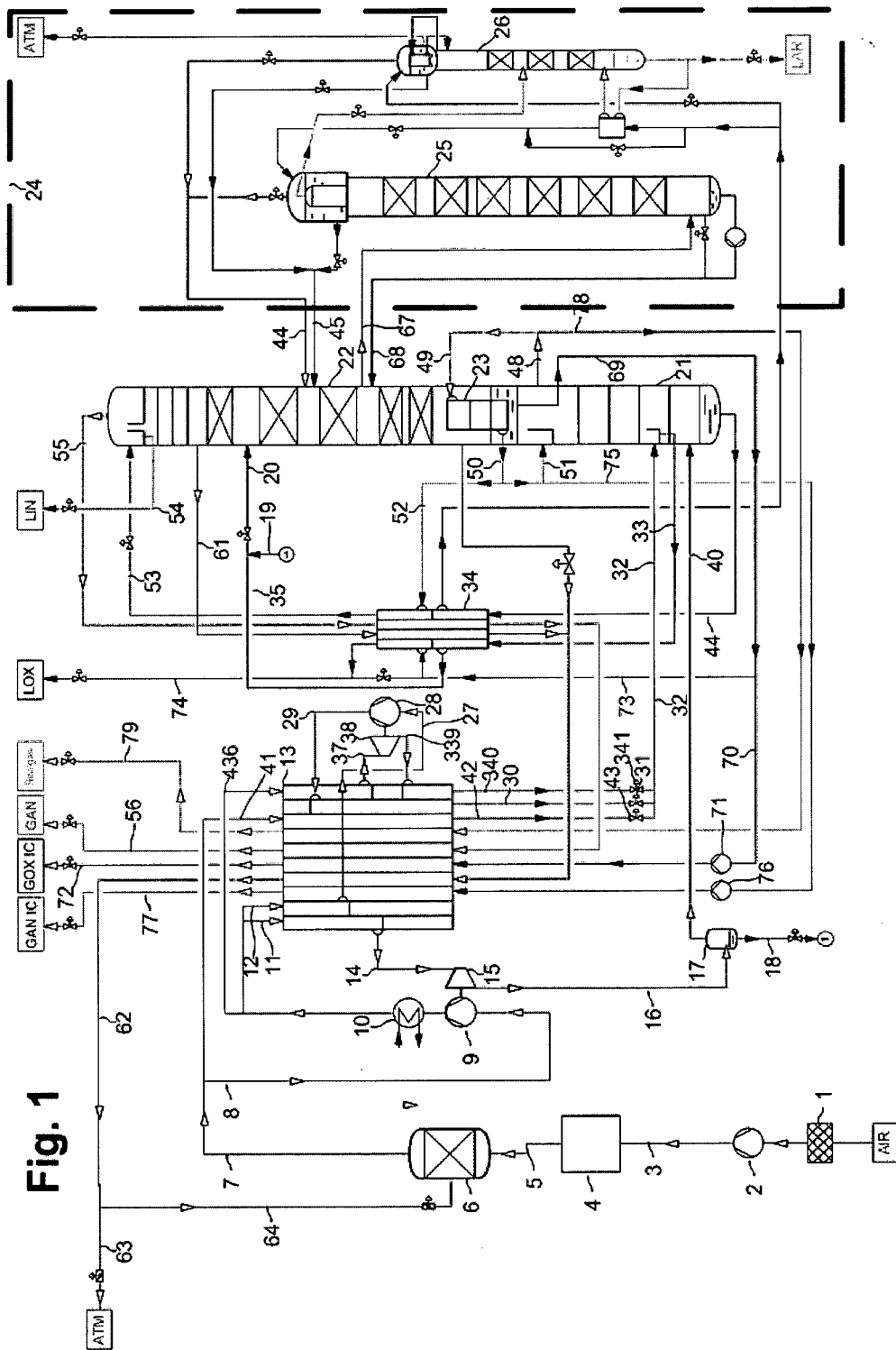
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **da-**

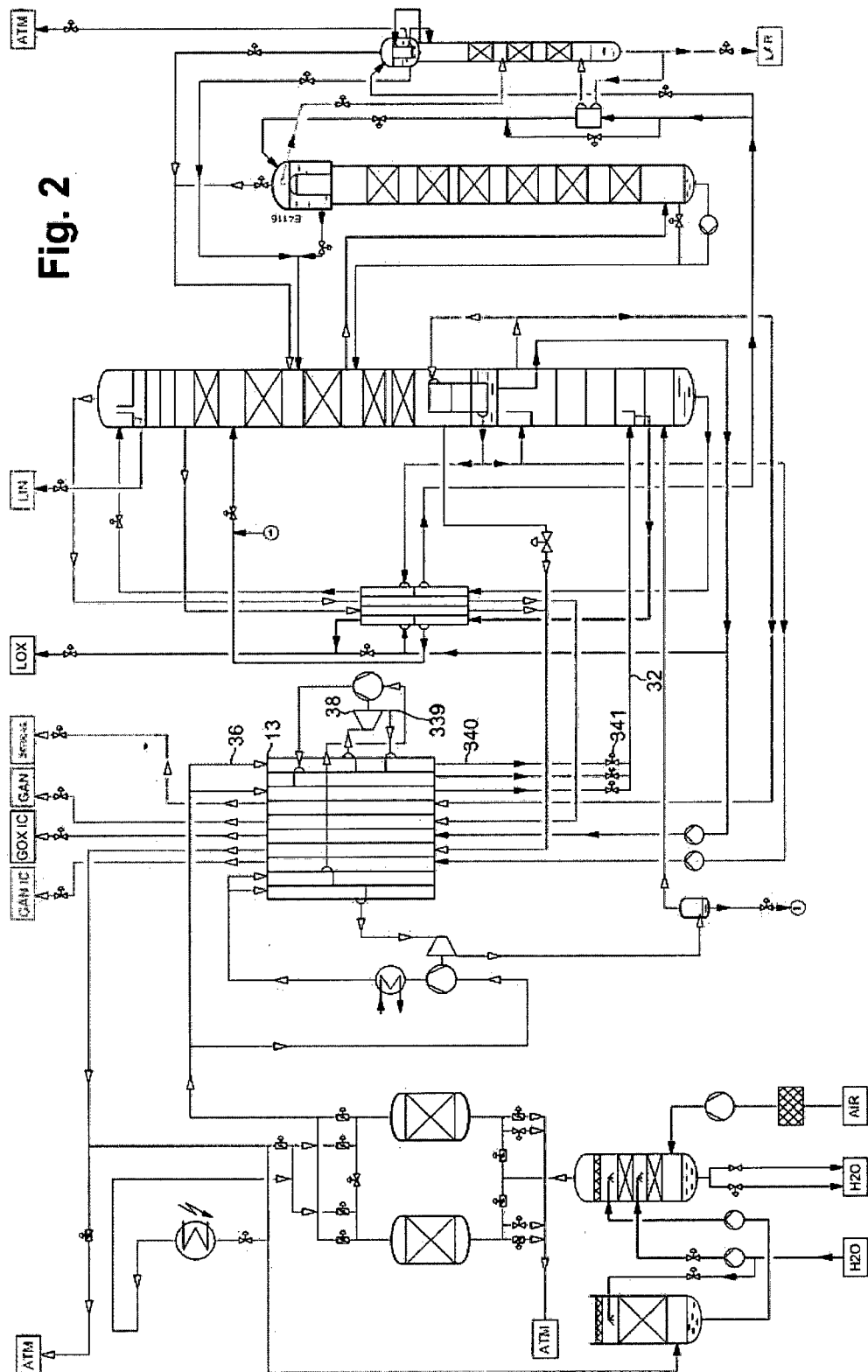
durch gekennzeichnet, dass der dritte Teilstrom unter dem ersten Druck in die zweite Luftturbine (38) eingeleitet wird.

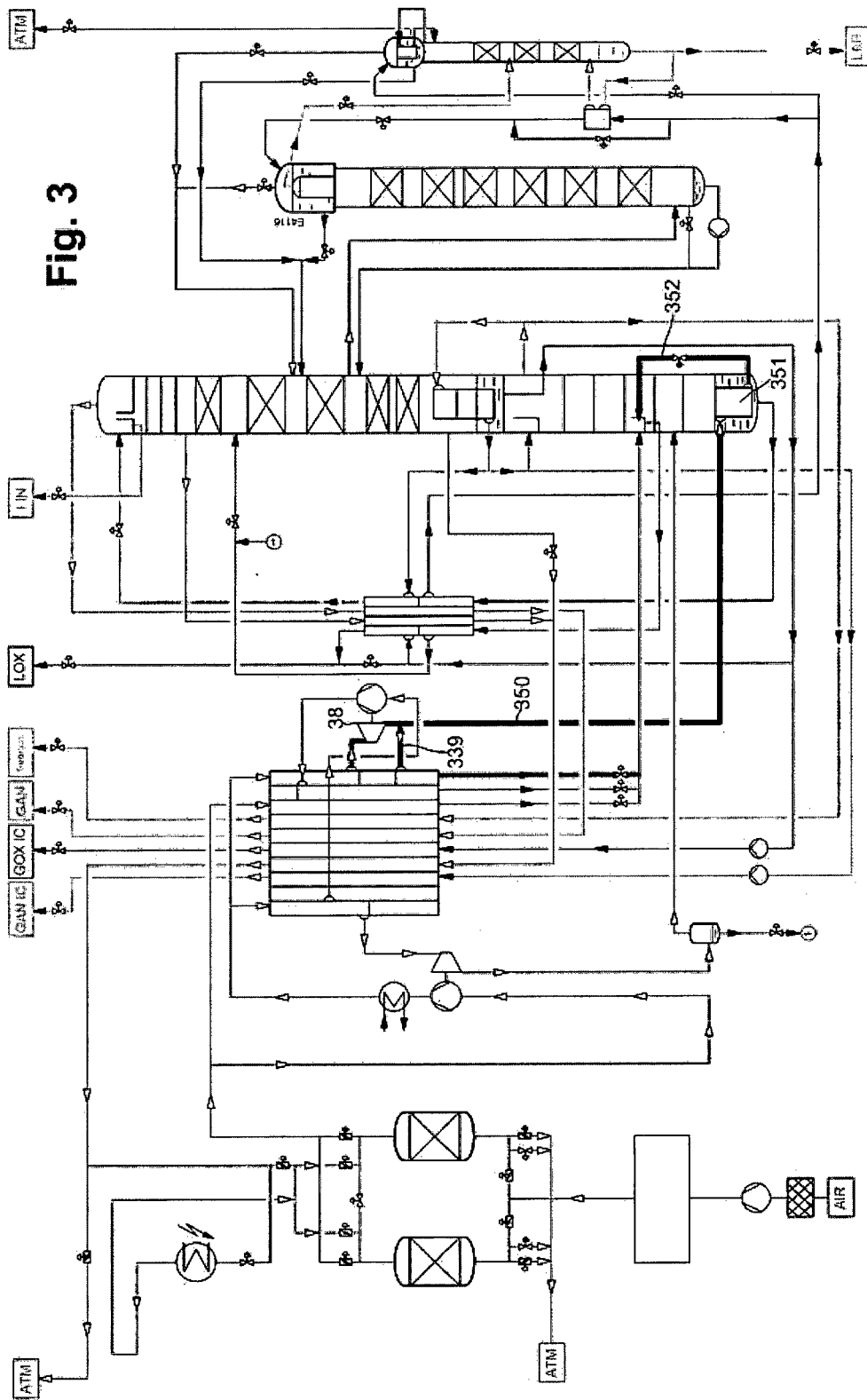
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zeitweise ein zweiter Teil (350) des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms nicht in den Hauptwärmetauscher (13) eingeführt wird, sondern in den Verflüssigungsraum eines Sumpfverdampfers (351) der Hochdrucksäule, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist. 5
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in dem Verdampfungsraum des Sumpfverdampfers (351) der Hochdrucksäule mindestens teilweise kondensierte Strom (352) der Hochdrucksäule an einer Zwischenstelle zugeführt wird. 10
8. Vorrichtung zur Gewinnung eines Druckgasprodukts (72; 73) mittels Tieftemperaturzerlegung von Luft mit 20
 - einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (21) und eine Niederdrucksäule (22) aufweist, 25
 - einem Hauptluftverdichter (2) zum Verdichten der gesamten Einsatzluft auf einen ersten Druck, der mindestens 4 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (21) ist, 30
 - Mittel zum Abkühlen eines ersten Teilstroms (8, 11, 14) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) in einem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur 35
 - Mittel zum Einleiten des auf die Zwischentemperatur abgekühlten ersten Teilstroms in eine erste Luftturbine (15),
 - Mittel (40; 18, 19, 20) zum Einleiten des in der ersten Luftturbine (15) arbeitsleistend entspannten ersten Teilstroms (16) in das Destillationssäulen-System, 40
 - einem ersten Nachverdichter (9), der insbesondere von der ersten Turbine (15) angetrieben wird, zum Nachverdichten eines zweiten Teilstroms (12, 27, 29, 30) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft auf einen zweiten Druck, der höher als der erste Druck ist, 45
 - Mittel zum Abkühlen des nachverdichteten zweiten Teilstroms in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur, 50
 - einem zweiten Nachverdichter (28), der als Kaltverdichter betrieben und insbesondere von der zweiten Turbine (38) angetrieben wird, zum Nachverdichten des zweiten Teilstroms auf einen dritten Druck, der höher als der zweite Druck ist, 55
 - Mittel zum Abkühlen des weiteren nachverdich-

teten zweiten Teilstroms in dem Hauptwärmetauscher (13) und zum anschließenden Entspannen (31) und Einleiten (32) in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird,

- Mittel zum Abkühlen eines dritten Teilstroms (436, 37) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur,
 - einer zweiten Luftturbine (38) zum arbeitsleistenden Entspannen des abgekühlten dritten Teilstroms,
 - Mittel zum Einleiten (340) des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms in das Destillationssäulen-System,
 - Mittel zum flüssigen Entnehmen eines ersten Produktstroms (69; 75) aus dem Destillationssäulen-System,
 - Mittel zur Druckerhöhung (71; 76) des flüssig entnommenen ersten Produktstroms (69; 75) auf einen ersten Produktdruck,
 - Mittel zur Verdampfung und Pseudo-Verdampfung des ersten Produktstroms unter dem ersten Produktdruck im Hauptwärmetauscher (13) und mit
 - Mittel zum Gewinnen des angewärmten ersten Produktstroms (72; 77) als erstes Druckgasprodukt (GOX IC; GAN IC),
- gekennzeichnet durch**
- Regelungsmittel zur Einstellung des Austrittsdrucks der zweiten Luftturbine (38) auf einen Druck, der mindestens 1 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (21) ist,
 - Mittel zum Einleiten des ersten Teilstroms in die erste Luftturbine (15) unter einem Eintrittsdruck, der mindestens ein 1 bar kleiner als der dritte Druck ist,
 - Mittel zum Einleiten des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms (399) in den Hauptwärmetauscher (13) zum Abkühlen und Verflüssigen und **durch**
 - Mittel zum Entspannen (341) und Einleiten in das Destillationssäulen-System des verflüssigten dritten Teilstroms.









EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 00 1884

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 5 475 980 A (GRENIER MAURICE [US] ET AL) 19. Dezember 1995 (1995-12-19) * Spalte 6, Zeile 5 - Spalte 6, Zeile 22; Abbildung 4 * * Spalte 1, Zeile 10 - Spalte 1, Zeile 16; Abbildung 1 *	1-8	INV. F25J3/04
Y	US 5 400 600 A (GRENIER MAURICE [FR]) 28. März 1995 (1995-03-28) * Spalte 6, Zeile 13 - Spalte 6, Zeile 26; Abbildung 4 *	1-8	
A	EP 0 660 058 A2 (BOC GROUP PLC [GB]) 28. Juni 1995 (1995-06-28) * Abbildung 1 *	6,7	
A	DE 10 2010 052545 A1 (LINDE AG [DE]) 31. Mai 2012 (2012-05-31) * Abbildung 1 *	1-8	
A	EP 2 634 517 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 4. September 2013 (2013-09-04) * Abbildung 6 *	1-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. November 2015	Prüfer Schopfer, Georg
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 15 00 1884

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

17-11-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5475980 A	19-12-1995	KEINE	
US 5400600 A	28-03-1995	AU 4135793 A CA 2098895 A1 CN 1080390 A DE 69305246 D1 DE 69305246 T2 EP 0576314 A1 FR 2692664 A1 JP H0658662 A US 5400600 A ZA 9304204 A	06-01-1994 24-12-1993 05-01-1994 14-11-1996 07-05-1997 29-12-1993 24-12-1993 04-03-1994 28-03-1995 10-01-1994
EP 0660058 A2	28-06-1995	AU 690152 B2 AU 8031594 A CA 2138512 A1 CN 1107572 A DE 69427072 D1 DE 69427072 T2 EP 0660058 A2 FI 945993 A JP H07218122 A NO 944970 A TW 258667 B ZA 9409544 A	23-04-1998 29-06-1995 23-06-1995 30-08-1995 17-05-2001 11-10-2001 28-06-1995 23-06-1995 18-08-1995 23-06-1995 01-10-1995 08-09-1995
DE 102010052545 A1	31-05-2012	DE 102010052545 A1 EP 2458311 A1	31-05-2012 30-05-2012
EP 2634517 A1	04-09-2013	CN 103292576 A EP 2634517 A1 US 2013219959 A1	11-09-2013 04-09-2013 29-08-2013

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 830805 [0007]
- DE 901542 [0007]
- US 2712738 A [0007]
- US 2784572 A [0007]
- DE 952908 [0007]
- DE 1103363 [0007]
- US 3083544 A [0007]
- DE 1112997 [0007]
- US 3214925 A [0007]
- DE 1124529 [0007]
- DE 1117616 [0007]
- US 3280574 A [0007]
- DE 1226616 [0007]
- US 3216206 A [0007]
- DE 1229561 [0007]
- US 3222878 A [0007]
- DE 1199293 [0007]
- DE 1187248 [0007]
- US 3371496 A [0007]
- DE 1235347 [0007]
- DE 1258882 [0007]
- US 3426543 A [0007]
- DE 1263037 [0007]
- US 3401531 A [0007]
- DE 1501722 [0007]
- US 3416323 A [0007]
- DE 1501723 [0007]
- US 3500651 A [0007]
- DE 253132 [0007]
- US 4279631 A [0007]
- DE 2646690 [0007]
- EP 93448 B1 [0007]
- US 4555256 A [0007]
- EP 384483 B1 [0007]
- US 5036672 A [0007]
- EP 505812 B1 [0007]
- US 5263328 A [0007]
- EP 716280 B1 [0007]
- US 5644934 A [0007]
- EP 842385 B1 [0007]
- US 5953937 A [0007]
- EP 758733 B1 [0007]
- US 5845517 A [0007]
- EP 895045 B1 [0007]
- US 6038885 A [0007]
- DE 19803437 A1 [0007]
- EP 949471 B1 [0007]
- US 6185960 B1 [0007]
- EP 955509 A1 [0007]
- US 6196022 B1 [0007]
- EP 1031804 A1 [0007]
- US 6314755 B [0007]
- DE 19909744 A1 [0007]
- EP 1067345 A1 [0007]
- US 6336345 B [0007]
- EP 1074805 A1 [0007]
- US 6332337 B [0007]
- DE 19954593 A1 [0007]
- EP 1134525 A1 [0007]
- US 6477860 B [0007]
- DE 10013073 A1 [0007]
- EP 1139046 A1 [0007]
- EP 1146301 A1 [0007]
- EP 1150082 A1 [0007]
- EP 1213552 A1 [0007]
- DE 10115258 A1 [0007]
- EP 1284404 A1 [0007]
- US 2003051504 A1 [0007]
- EP 1308680 A1 [0007]
- US 6612129 B2 [0007]
- DE 10213212 A1 [0007]
- DE 10213211 A1 [0007]
- EP 1357342 A1 [0007]
- DE 10238282 A1 [0007]
- DE 10302389 A1 [0007]
- DE 10334559 A1 [0007]
- DE 10334560 A1 [0007]
- DE 10332863 A1 [0007]
- EP 1544559 A1 [0007]
- EP 1585926 A1 [0007]
- DE 102005029274 A1 [0007]
- EP 1666824 A1 [0007]
- EP 1672301 A1 [0007]
- DE 102005028012 A1 [0007]
- WO 2007033838 A1 [0007]
- WO 2007104449 A1 [0007]
- EP 1845324 A1 [0007]
- DE 102006032731 A1 [0007]
- EP 1892490 A1 [0007]
- DE 102007014643 A1 [0007]
- EP 2015012 A2 [0007]
- EP 2015013 A2 [0007]
- EP 2026024 A1 [0007]
- WO 2009095188 A2 [0007]
- DE 102008016355 A1 [0007]
- DE 102010055448 A1 [0010]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HAUSEN ; LINDE.** Tieftemperaturtechnik. 1985, 281-337 **[0002]**