

(19)



(11)

EP 2 963 367 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.01.2016 Patentblatt 2016/01

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

(21) Anmeldenummer: **14002307.8**

(22) Anmeldetag: **05.07.2014**

(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

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

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

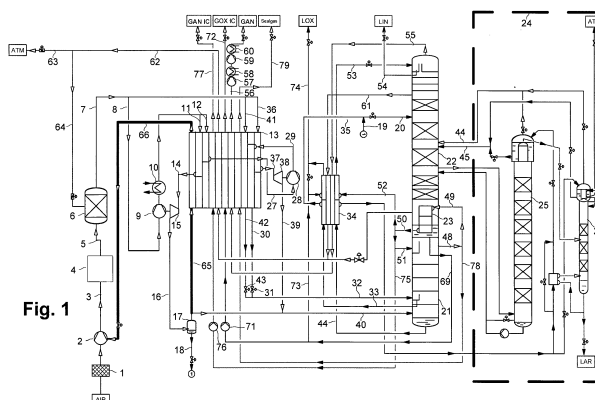
(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Legal Services Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Tieftemperaturerlegung von Luft mit variablem Energieverbrauch**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur variablen Gewinnung eines Druckgasprodukts (72; 73) mittels Tieftemperaturerlegung 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 und 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) nachverdichtet, in dem Hauptwärmetauscher (13) abgekühlt und anschließend entspannt (31) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet. Ein erster Produktstrom (69; 75) wird flüssig

aus dem Destillationssäulen-System entnommen, einer Druckerhöhung (71; 76) auf einen ersten Produktdruck unterworfen, im Hauptwärmetauscher (13) verdampft oder pseudo-verdampft und angewärmt und als erstes Druckgasprodukt (GOX IC; GAN IC) gewonnen.

Ein erster Prozessstrom wird in einem mehrstufigen Verdichter (2; 57/59) von einem Eintrittsdruck auf einen Enddruck verdichtet. Mindestens zeitweise wird ein zweiter Prozessstrom (65; 180) stromabwärts der ersten Stufe des mehrstufigen Verdichters (2; 57/59) mit dem ersten Prozessstrom vermischt. In einem ersten Betriebsmodus wird eine erste Menge an erstem Druckgasprodukt gewonnen und in einem zweiten Betriebsmodus eine zweite, geringer Menge. In dem ersten Betriebsmodus wird einer erste Menge des zweiten Prozessstroms (65; 180), die auch Null sein kann, in dem mehrstufigen Verdichter (2; 57/59) verdichtet, im zweiten Betriebsmodus eine zweite, größere Menge.

**EP 2 963 367 A1**

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] Bei dem Prozess wird im Rahmen einer "Innenverdichtung" 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

[0005] 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 verdichteten Einsatzluft.

[0006] 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 102008016355 A1.

[0007] Die Erfindung betrifft insbesondere Systeme, bei denen die gesamte Einsatzluft auf einen Druck, der deutlich über dem höchsten Destillationsdruck, der im Inneren der Säulen des Destillationssäulen-Systems herrscht (im Normalfall ist dies der Hochdrucksäulendruck verdichtet wird. 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 "einzigen 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.

[0008] 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 in einem mit externer Energie angetriebenen Luftnachverdichter (BAC = booster air compressor) auf einen höheren Druck verdichtet wird. 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 Hauptluftverdichter in einem Drosselventil oder in einer Flüssigturbine (DLE = dense liquid expander) auf den im Destillationssäulen-System benötigten Druck entspannt.

[0009] Vielfach zwingt ein schwankender Bedarf an innenverdichtetem Produkt dazu, eine Luftzerlegungsanlage auf variablen Betrieb mit variabler Druckgasproduktion auszulegen. Umgekehrt kann es sinnvoll sein, eine Luftzerlegungsanlage trotz konstanter oder im Wesentlichen konstanter Produktion variabel zu betreiben, indem verschiedene Be-

triebsweisen vorgesehen sind, die unterschiedlich hohen Energieverbrauch aufweisen.

[0010] Ein konkretes Beispiel für eine derartige Randbedingung ist die Lieferung von innenverdichtetem Sauerstoff (GOXIV) und gegebenenfalls weiteren gasförmigen und/oder flüssigen Produkten an einer Ethylenoxid-Produktionsanlage. Hier ist es oftmals der Fall, dass der Sauerstoff-Bedarf dem Katalysator-Zustand bei der EO-Produktion angepasst wird; er kann daher zwischen 100% und ca. 70% während der Katalysator-Lebensdauer (in der Regel um die 3 Jahre) variiert werden. Dabei ist es wesentlich, dass während dieser Zeit die Luftzerlegungsanlage ca. die gleichen Zeiten mit unterschiedlichen GOXIV-Produktmengen (zwischen 100% und ca. 70%) betrieben wird. Daher ist es wichtig, dass die Anlage nicht nur im Design-Fall mit 100% GOXIV, sondern auch in Unterlastfällen effizient betrieben wird. Diese Forderung wird noch dadurch erschwert, dass die Produktion von anderen Luftzerlegungsprodukten unabhängig vom GOXIV-Produkt ist; zum Beispiel kann der Bedarf an einem, mehreren oder allen anderen Luftzerlegungsprodukten unverändert bleiben, während die GOX-Produktion von 100 % auf etwa 70 % sinkt. Bei solchen "anderen Luftzerlegungsprodukten" und kann es sich beispielsweise um ein, mehrere oder alle der folgenden Produkte handeln:

- Innenverdichtetes Stickstoffprodukt (GANIV)
- Anderes gasförmiges Druckprodukt wie zum Beispiel gasförmig aus der Hochdrucksäule entnommener Druckstickstoff (HPGAN), der gegebenenfalls in einem Stickstoffverdichter weiter verdichtet wird.
- Flüssigprodukt(e) wie flüssiger Sauerstoff, flüssiger Stickstoff und/oder flüssiges Argon.

[0011] Mit einem konventionellen MAC-BAC-Verfahren ist diese Aufgabenstellung relativ gut zu bewerkstelligen, da beide Verdichter (MAC und BAC) für funktional getrennte Aufgaben zuständig sind. Der Hauptluftverdichter liefert im Prinzip nur die Einsatzluft für die Zerlegung; der Luftnachverdichter liefert Energie für die Innenverdichtung (GOXIV, GANIV) und für die Flüssigproduktion. Beide Maschinen können dabei in der Regel zwischen 70% und 100% relativ einfach geregelt werden.

[0012] Bei einem HAP-Verfahren werden diese beiden Aufgaben (Lieferung von Zerlegungsluft und von Energie zur Innenverdichtung/Flüssigproduktion) mit einem einzigen Verdichter gelöst. Dabei kann es zu Situationen führen, dass bestimmte Betriebsfälle außerhalb des Verdichter-Kennfeldes liegen und nicht fahrbar sind. Der Gesamtenergiebedarf einer Luftzerlegungsanlage wird nicht nur durch das GOXIV-Produkt, sondern zu einem großen Teil durch Flüssigproduktion beziehungsweise durch andere innenverdichteten Produkte bestimmt. Für die Menge der Zerlegungsluft ist das GOXIV-Produkt aber oftmals bestimmend. Wird die GOXIV-Menge deutlich reduziert, wird auch deutlich weniger Zerlegungsluft in die Anlage gefahren. Damit wird aber auch deutlich weniger Energie ins System eingetragen, was unter Umständen nicht mehr für die gewünschte Produktion von anderen Produkten (Flüssigkeiten, GANIV etc.) ausreichen kann. Um trotz der deutlich geringeren Luftmenge genügend Energie zu liefern, muss der Verdichterdruck deutlich höher gefahren werden. Dies ist aber bei einem HAP-Verfahren nur bedingt machbar, weil

- a) das Maschinen-Kennfeld begrenzt ist und
- b) der Auslegungsdruck für den "warmen" Anlagenteil (Vorkühlung, Adsorber etc.) darf nicht überschritten werden darf.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, welche die Vorteile von HAP-Verfahren mit einer Flexibilität zu verbinden, wie sie ähnlich bei MAC-BAC-Verfahren bekannt ist. Unter "Flexibilität" wird hier insbesondere verstanden, dass das System nicht nur bei einer bestimmten Produktionsmenge an innenverdichtetem Produkt energetisch günstig betrieben werden kann, sondern in einem relativ weiten Lastbereich bei ungefähr gleich bleibend geringem spezifischen Energieverbrauch. Dabei soll insbesondere die Produktion von anderen Luftzerlegungsprodukten gleich bleiben oder sich zumindest weniger stark als die Produktmenge des Innenverdichtungsprodukts ändern.

[0014] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0015] Bei der Erfindung wird in dem zweiten Betriebsmodus ein Teil der Einsatzluftmenge oder eines stickstoffangereicherten Prozessstroms ("zweiter Prozessstrom") an der Niederdrucksäule beziehungsweise an dem gesamten Destillationssäulen-System vorbeigeleitet. Diese Menge nimmt dann nicht an der Erzeugung des ersten Produktstroms teil, kann aber trotzdem durch die erste Turbine geleitet werden, um damit genügend Kälte zu produzieren beziehungsweise genügend Energie ins System zu liefern, um die Flüssigproduktion aufrechterhalten zu können oder mindestens relativ weniger stark zu vermindern als die Menge der ersten Druckproduktion.

[0016] In einer ersten Variante der Erfindung wird ein Teil der Einsatzluft nicht in das Destillationssäulen-System eingeleitet, sondern in den Hauptluftverdichter zurückgeführt, indem

- der mehrstufige Verdichter durch den Hauptluftverdichter,
- der erste Prozessstrom durch die gesamte Einsatzluft und
- der zweite Prozessstrom durch einen Teil des arbeitsleistend entspannten ersten Teilstroms der Einsatzluft

gebildet werden.

[0017] Die überschüssige Luft wird nicht in das Destillationssäulen-System geleitet, sondern gleich nach Entspannung in der Turbine zurück in den Wärmetauscher geführt und anschließend ohne Abdrosselung an einer passenden Stelle (zum Beispiel nach der zweiten oder dritten Stufe) des Hauptluftverdichters eingespeist. Dadurch wird die notwendige Menge an "Überschuss"-Luft nicht vom atmosphärischen Druck, sondern beispielsweise von ca. 5 bar aus verdichtet, und es wird viel Energie gespart.

[0018] In einer zweiten Variante der Erfindung wird ein Teil des in der Hochdrucksäule gewonnenen Stickstoffs nicht in die Niederdrucksäule eingeleitet, sondern einem Stickstoffproduktverdichter zugeführt, indem

- der mehrstufige Verdichter durch einen Stickstoffproduktverdichter,
- der erste Prozessstrom durch einen ersten gasförmigen Stickstoffstrom aus der Niederdrucksäule und
- der zweite Prozessstrom durch ersten gasförmigen Stickstoffstrom aus der Hochdrucksäule

gebildet werden.

[0019] Ist im Prozess zum Beispiel wegen großen Mengen an Stickstoff-Produkt ein Niederdruck-GAN-Verdichter als Stickstoffproduktverdichter vorgesehen, kann dieser durch Zwischeneinspeisung von Druck-GAN aus der Hochdrucksäule entlastet werden. Anders als im Design-Fall, wird im Falle von geringerer GOXIV-Produktion deutlich mehr Luft ins Rektifikationssystem gefahren und als Druck-GAN aus der Drucksäule entnommen, als für die Sauerstoffproduktion notwendig ist. Nach Anwärmen im Wärmetauscher wird dieser Druck-GAN an einer passenden Stelle (zum Beispiel nach der zweiten oder dritten Verdichterstufe) beim Stickstoffproduktverdichter eingespeist. Dadurch kann der Anteil des Niederdruck-GAN (die von ca. atmosphärischem Druck auf etwa 5 bar zu verdichtende Gas-Menge) entsprechend reduziert werden. So werden zum Beispiel (anderes als im Design-Fall mit 100% GOXIV) im Betriebsfall mit ca. 75% GOXIV, voller Flüssigproduktion und 100% HPGAN-Produktmenge - ca. 70-75% Niederdruck-GAN und ca. 25-30% Druck-GAN aus der Drucksäule verdichtet (s. dazu *Abbildung 2*). Dadurch gewinnt man die mit der überschüssigen Luftmenge am Hauptluftverdichter aufgenommene Energie teilweise zurück.

Eine andere Möglichkeit (bei nicht vorhandenem Niederdruck-GAN-Verdichter) besteht darin, die überschüssige Luft ins Destillationssäulen-System zu leiten und zu trennen. Dabei kann das in dieser Luftmenge vorhandene Argon gewonnen werden. Die überschüssige Sauerstoff-Menge kann dabei als Niederdruck-Sauerstoff aus der Niederdrucksäule entnommen werden und dem UN2-Strom zugeführt werden. Hier verliert man im Prinzip nur die Trennarbeit zur Gewinnung von zusätzlichen Sauerstoff-Molekülen, gleichzeitig wird aber deutlich mehr an Argon produziert.

[0020] Die beiden Varianten der Erfindung können aber auch kombiniert werden, wie es im Patentanspruch 4 beschrieben ist.

[0021] Grundsätzlich kann der zweite Prozessstrom auch am Eintritt eines Stickstoffproduktverdichters mit dem ersten Prozessstrom vermischt werden. In vielen Fällen ist es aber günstig, wenn die Vermischung des zweiten mit dem ersten Prozessstrom beziehungsweise des vierten mit dem zweiten Prozessstrom bei einer Zwischenstufe des mehrstufigen Verdichters beziehungsweise des Stickstoffproduktverdichters durchgeführt wird.

[0022] Zusätzlich kann in dem zweiten Betriebsmodus ein Sauerstoffgasstrom aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule entnommen, mit einem stickstoffangereicherten Strom aus dem oberen Bereich der Niederdrucksäule vermischt und das Gemisch im Hauptwärmetauscher angewärmt werden.

[0023] Außerdem kann in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung eine zweite Luftturbine eingesetzt werden, wobei ein dritter Teilstrom der im Hauptluftverdichter verdichteten Einsatzluft in einem Hauptwärmetauscher auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und in der zweiten Luftturbine arbeitsleistend entspannt wird und mindestens ein erster Teil des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird.

[0024] Außerdem kann der zweite Teilstrom der im Hauptluftverdichter verdichteten Einsatzluft in dem Hauptwärmetauscher auf eine Zwischentemperatur abgekühlt, in einem zweiten Nachverdichter, der als Kaltverdichter betrieben und von der zweiten Turbine angetrieben wird, auf einen dritten Druck nachverdichtet werden, der höher als der erste Druck ist, in dem Hauptwärmetauscher abgekühlt, (pseudo-)verflüssigt und anschließend entspannt und in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird. Auf diese Weise kann der Druck des zweiten Teilstroms ohne Aufwendung äußerer Energie weiter erhöht werden. Ein entsprechend höherer Innenverdichtungsdruck kann erreicht werden.

[0025] Zusätzlich kann ein vierter Teilstrom der im Hauptluftverdichter verdichteten Luft unter dem ersten Druck in dem Hauptwärmetauscher abgekühlt und anschließend entspannt und in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird. Durch einen derartigen zweiten Drosselstrom wird der Wärmeaustauschvorgang im Hauptwärmetauscher weiter optimiert.

[0026] Bei einer anderen Ausführungsform mit der einer zweiten Turbine ist es günstig, wenn der dritte Teilstrom in der zweiten Luftturbine auf einen Druck entspannt wird, der mindestens 1 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule ist, und der arbeitsleistend entspannte dritte Teilstrom in dem Hauptwärmetauscher weiter abgekühlt und anschließend entspannt und in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird. Durch einen derartigen dritten Drosselstrom wird der Wärmeaustauschvorgang im Hauptwärmetauscher weiter optimiert.

[0027] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird insbesondere beim Übergang von dem ersten in den zweiten Betriebsmodus die im Hauptluftverdichter verdichtete Gesamtluftmenge gar nicht reduziert oder weniger stark reduziert als die Drucksauerstoff-Produktmenge, indem

- in dem ersten Betriebsmodus eine erste Menge an Einsatzluft in dem Hauptluftverdichter verdichtet wird und
- in dem zweiten Betriebsmodus eine zweite Menge an Einsatzluft in dem Hauptluftverdichter verdichtet wird, wobei
- das Verhältnis von zweiter Menge an Einsatzluft zu erster Menge an Einsatzluft größer, insbesondere um mindestens 3 %, insbesondere um mehr als 5 % größer ist als das Verhältnis zwischen zweiter Menge an erstem Druckgasprodukt und erster Menge an erstem Druckgasprodukt.

[0028] In Betriebsfällen mit geringerer GOXIV-Produktion, wird die Einsatzluftmenge in die Coldbox "künstlich" angehoben, das heißt es wird mehr Luft in den Tieftemperaturteil der Anlage gefahren als zur Gewinnung der für diesen Betriebsfall spezifizierten Drucksauerstoff-Produkte notwendig ist. Führt man die Einsatzluft im "Überschuss", kann der Druck am Verdichter-Austritt reduziert werden, da die Energielieferung für die (Pseudo-)Verdampfung des GOXIV-Produkts dann nicht mit dem Luft-Druck, sondern mit der Luft-Menge erfolgt. Dabei ist es von der Bedeutung, dass die Luft nicht nur einfach im Überschuss gefahren (im Hauptluftverdichter verdichtet, im Wärmetauscher abgekühlt, in der Turbine auf den Hochdrucksäulen-Druck entspannt, im Wärmetauscher wieder angewärmt und schließlich auf atmosphärischen Druck abgedrosselt) wird, sondern es werden mit den weiter oben beschriebenen Merkmale auch weitere Vorteile erzielt.

[0029] Durch diese Maßnahme steht weiterhin ausreichend Luft für die Gewinnung von anderen Produkten zur Verfügung. Zu Beispiel kann ausreichend Kälte erzeugt werden, um eine gleich bleibende Menge an Flüssigprodukten zu liefern.

[0030] Vorzugsweise wird der erste Teilstrom der im Hauptluftverdichter verdichteten Einsatzluft stromaufwärts seiner Einleitung in den Hauptwärmetauscher in einem ersten Nachverdichter nachverdichtet, der im Warmen betrieben und insbesondere von der ersten Turbine angetrieben wird. Dadurch ist der Eintrittsdruck der ersten Turbine deutlich höher als der erste Druck, auf den die Gesamtluft verdichtet wird. Die Luft für die zweite Turbine wird dagegen beispielsweise nicht nachverdichtet, das heißt ihr Eintrittsdruck liegt auf dem niedrigeren Niveau des ersten Drucks.

[0031] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 13. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch Vorrichtungsmerkmale ergänzt werden, die den Merkmalen der abhängigen Verfahrensansprüche entsprechen.

[0032] Bei den "Mitteln zum Umschalten zwischen einem ersten und einem zweiten Betriebsmodus" handelt es sich um komplexe Regel- und Steuerungsvorrichtungen, die im Zusammenwirken ein mindestens teilweise automatisches Umschalten zwischen den beiden Betriebsmodi ermöglichen, beispielsweise durch ein entsprechend programmiertes Betriebsleitsystem.

[0033] 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 Ausführungsbeispiel für die erste Variante der Erfindung mit Rückführung von Turbinenluft zum Hauptluftverdichter in dem zweiten Betriebsmodus,
- Figur 2 ein Ausführungsbeispiel für die zweite Variante der Erfindung mit Einführung von gasförmigem Stickstoff aus der Hochdrucksäule in einen Stickstoffproduktverdichter und
- Figuren 3 und 4 Abwandlungen der Figur 1 und 2 mit einem dritten Drosselstrom.

[0034] Anhand von Figur 1 wird zunächst der erste Betriebsmodus einer Ausführungsform des Verfahrens gemäß der ersten Variante der Erfindung beschrieben. 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 22 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 28 bar nachverdichtet und anschließend in einen "ersten Teilstrom" 11 (erster Turbinenluftstrom) und einen "zweiten Teilstrom" 12 (erster Drosselstrom) aufgeteilt.

[0035] Der erste Teilstrom 11 wird in einem Hauptwärmetauscher 13 auf eine erste Zwischentemperatur 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 einem Abscheider (Phasentrenner) 17 eingeleitet. Der flüssige Anteil 18 wird über die Leitungen 19 und 20 in die Niederdrucksäule 22 des Destillationssäulen-Systems eingeleitet.

[0036] Das Destillationssäulen-System umfasst eine Hochdrucksäule 21, die Niederdrucksäule 22 und einen Haupt-

kondensator 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.

[0037] 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. 40 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.

[0038] Ein "dritter Teilstrom" 36 der Einsatzluft wird unter dem ersten Druck in den Hauptwärmetauscher 13 eingeleitet und dort auf eine vierte Zwischentemperatur abgekühlt, die in dem Beispiel etwas niedriger als die erste Zwischentemperatur liegt. Der abgekühlte dritte Teilstrom 37 wird in einer zweiten Luftturbine 37 von dem ersten Druck auf etwa Hochdrucksäulendruck arbeitsleistend entspannt. Die zweite Luftturbine 38 treibt den Kaltverdichter 28 an. Der arbeitsleistend entspannte dritte Teilstrom 39 wird über Leitung 40 der Hochdrucksäule 21 am Sumpf zugeführt.

[0039] 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.

[0040] Die sauerstoffangereicherte Sumpfflüssigkeit 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.

[0041] 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 51 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.

[0042] Vom Kopf der Niederdrucksäule 22 wird gasförmiger Niederdruckstickstoff 55 abgezogen, im Unterkühlungs-Gegenströmer 34 und im Hauptwärmetauscher 13 angewärmt. Der warme Niederdruckstickstoff 56 wird in einem aus zwei Sektionen bestehenden Stickstoffproduktverdichter (57, 59) mit Zwischen- und Nachkühlung (58, 60) auf den gewünschten Produktdruck verdichtet, der in dem Beispiel 12 bar beträgt. Die erste Sektion 57 des Stickstoffproduktverdichters besteht beispielsweise aus zwei oder drei Stufen mit dazugehörigen Nachkühlern; die zweite Sektion 59 weist mindestens eine Stufe auf und ist vorzugsweise ebenfalls zwischen- und nachgekühlt.

[0043] Von einer Zwischenstelle Niederdrucksäule 22 wird gasförmiger Unreinstickstoff 55 abgezogen, im 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.

[0044] Die Leitungen 67 und 68 (sogenannter Argonübergang) verbinden die Niederdrucksäule 21 mit der Rohargonsäule 25 der Argongewinnung 24.

[0045] Ein erster Teil 70 des flüssigen Sauerstoffs 69 vom Sumpf der Niederdrucksäule 21 wird als "erster Produktstrom" abgezogen, in einer Sauerstoffpumpe 71 auf 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.

[0046] Ein zweiter Teil 73 des flüssigen Sauerstoffs 69 vom Sumpf der Niederdrucksäule 21 wird gegebenenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 34 abgekühlt und über Leitung 74 als Flüssigsauerstoffprodukt (LOX) gewonnen.

[0047] In dem Beispiel wird auch ein dritter Teil 75 des 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 37 bar gebracht, unter dem zweiten Produktdruck in dem Hauptwärmetauscher 13 pseudo-verdampft und schließlich über Leitung 77 als innenverdichtetes gasförmiges Stickstoff-Druckprodukt (GAN IC) gewonnen.

[0048] Ein zweiter Teil 78 des gasförmigen Kopfstickstoffs 48 der Hochdrucksäule 21 wird im Hauptwärmetauscher angewärmt und über Leitung 79 entweder als gasförmiges Mitteldruckprodukt gewonnen oder - wie dargestellt - als Dichtgas (Sealgas) für eine oder mehrere der dargestellten Prozesspumpen eingesetzt.

[0049] Wenn man als "ersten Betriebsmodus" den Betrieb mit der maximalen Sauerstoffproduktion (100 % gemäß der Auslegung) bezeichnet, bleiben in dieser Betriebsweise die fett dargestellten Leitungen 65/66 außer Betrieb.

[0050] Eine niedrigere Sauerstoffproduktion (beispielsweise 75 %) kann dann als "zweiter Betriebsmodus" angesehen

werden. Hier wird ein Teil des gasförmigen Anteils 17 des arbeitsleistend entspannten ersten Teilstroms 16 als "zweiter Prozessstrom" über die Leitungen 65, 66 durch den Hauptwärmetauscher zu einer Zwischenstufe des Hauptluftverdichters 2 zurückgeführt. In dem Beispiel wird der Rückführstrom zwischen der zweiten und der dritten Stufe beziehungsweise zwischen der dritten und vierten Stufe des Hauptluftverdichters der Einsatzluft zugemischt. (Diese Einsatzluft stellt in der ersten Variante der Erfindung den "ersten Prozessstrom" dar.) Dadurch kann die Luftmenge durch die Turbine 15 relativ hoch gehalten werden und eine unveränderte - oder zumindest eine weniger stark reduzierte - Menge an Stickstoff- und Flüssigprodukten gewonnen werden.

[0051] Genauso gut könnte eine 95 %-Betriebsweise als "erster Betriebsmodus" angesehen werden. Ein "zweiter Betriebsmodus" wird dann beispielsweise mit einer Sauerstoffproduktion von 90 % des Auslegungswerts erreicht.

[0052] Die folgende Tabelle führt beispielhafte Zahlenwerte zweier verschiedener Betriebsmodi der Anlage von Figur 1 an:

GOX-IC-Menge 72	Luftmenge durch Filter 1	Rückführmenge 65/66*
100%	100 %	0%
76 %	83%	4,2%

[0053] Die Rückführmenge bezieht sich in der Tabelle auf die aktuelle Luftmenge durch Filter 1. Alle Prozentangaben beziehen sich hier und im übrigen Text auf molare Mengen, wenn nichts Anderes angegeben ist.

[0054] In Figur 2 ist eine Ausführungsform der zweiten Variante der Erfindung dargestellt. Sie unterscheidet sich von Figur 1 durch die folgenden Merkmale.

[0055] Die Rückführleitung 65, 66 für Luft fehlt hier. Stattdessen wird im zweiten Betriebsmodus zusätzlich zu der Dichtgasmenge 79 ein zusätzlicher Teil 180 des gasförmigen Kopfstickstoffs 48 vom Kopf der Hochdrucksäule als "zweiter Prozessstrom" 180 über die Leitungen 178, 179 geführt und schließlich zwischen den beiden Sektionen 57, 59 des Stickstoffproduktverdichters mit den Stickstoff 56 aus der Niederdrucksäule vermischt, der in der zweiten Variante den "ersten Prozessstrom" bildet.

[0056] Die entsprechende Stickstoffmenge 180 aus der Hochdrucksäule wird nicht im Hauptkondensator 23 kondensiert und nicht in die Niederdrucksäule eingeleitet. Dadurch nimmt sie nicht an der Rektifikation in der Niederdrucksäule teil (weder indirekt über die Verdampfung des Sumpfsauerstoffs, noch direkt durch Verwendung als Rücklaufflüssigkeit) und ermöglicht dabei die Verringerung der Sauerstoffproduktion. Gleichzeitig steht gleich viel Luft (oder nur unwesentlich weniger) zur Kälteproduktion und Stickstofferzeugung zur Verfügung.

[0057] Im ersten Betriebsmodus wird eine geringere Menge an zweitem Prozessstrom 180 zur Zwischenstelle des Stickstoffproduktverdichters gefahren oder Leitung 180 ist ganz geschlossen.

[0058] Die Flexibilität des Verfahrens kann durch die im Folgenden beschrieben fakultative Maßnahme weiter erhöht werden (die grundsätzlich auch bei der ersten Variante nach Figur 1 eingesetzt werden kann). Hierbei wird in dem zweiten Betriebsmodus gasförmiger Sauerstoff 181 aus der Niederdrucksäule abgezogen und mit dem gasförmigen Unreinstickstoff 61 aus der Niederdrucksäule vermischt. Die Vermischung findet in dem Beispiel stromabwärts des Unterkühlungs-Gegenströmers 34 statt. Im ersten Betriebsmodus ist die Leitung 181 geschlossen oder es wird weniger Gas über Leitung 181 geführt.

[0059] Die folgende Tabelle führt beispielhafte Zahlenwerte zweier verschiedener Betriebsmodi der Anlage von Figur 2 an:

GOX-IC-Menge 72	Luftmenge durch Hauptluftverdichter 2	Stickstoffmenge durch Leitung 180	Sauerstoffmenge durch Leitung 181
100 %	100 %	0 %	0 %
76 %	83 %	5 %	0 %

[0060] Die Stickstoffmenge durch Leitung 180 bezieht sich auf die Luftmenge durch Filter 1 im Designfall.

[0061] **Figur 3** unterscheidet sich von Figur 1 durch einen dritten Drosselstrom. Hierzu wird die zweite Turbine 38 mit einem relativ großen Austrittsdruck und einer relativ hohen Austrittstemperatur betrieben. Der arbeitsleistend entspannte Turbinenstrom 339 weist dann einen Druck auf, der mindestens 1 bar, insbesondere 4 bis 11 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule liegt, und eine Temperatur, die mindestens 10 K, insbesondere 20 bis 60 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.

[0062] In **Figur 4** wird in Abweichung von **Figur 3** der dritte Teilstrom 436 nicht unter dem ersten Druck, sondern unter dem höheren zweiten Druck in die zweite Turbine 38 eingeleitet.

[0063] Die zusätzlichen Maßnahmen der **Figuren 3 und 4** können nicht nur bei der ersten Variante der Erfindung eingesetzt werden, sondern auch bei der zweiten Variante.

Patentansprüche

1. Verfahren zur variablen 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) abgekühlt und anschließend entspannt (31) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet 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,
 - der angewärmte erste Produktstrom (72; 77) als erstes Druckgasprodukt (GOX IC; GAN IC) gewonnen wird,
 - ein erster Prozessstrom, der mindestens 78 mol-% Stickstoff enthält, in einem mehrstufigen Verdichter (2; 57/59) von einem Eintrittsdruck auf einen Enddruck verdichtet wird,
 - mindestens zeitweise ein zweiter Prozessstrom (65; 180), der mindestens 78 mol-% Stickstoff enthält, stromabwärts der ersten Stufe des mehrstufigen Verdichters (2; 57/59) mit dem ersten Prozessstrom vermischt wird,
 - in einem ersten Betriebsmodus eine erste Menge an erstem Druckgasprodukt gewonnen wird und
 - in einem zweiten Betriebsmodus eine zweite Menge an erstem Druckgasprodukt gewonnen wird, die geringer ist als die erste Menge,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- in dem ersten Betriebsmodus einer erste Menge des zweiten Prozessstroms (65; 180), die auch Null sein kann, in dem mehrstufigen Verdichter (2; 57/59) verdichtet wird und
 - in dem zweiten Betriebsmodus eine zweite Menge des zweiten Prozessstroms (65; 180) in dem mehrstufigen Verdichter (2; 57/59) verdichtet wird, die größer ist als die erste Menge des zweiten Prozessstroms.

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

- der mehrstufige Verdichter durch den Hauptluftverdichter (2),
- der erste Prozessstrom durch die gesamte Einsatzluft und
- der zweite Prozessstrom durch einen Teil (65) des arbeitsleistend entspannten ersten Teilstroms (16) der Einsatzluft gebildet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der mehrstufige Verdichter durch einen Stickstoffproduktverdichter (57/59),
- der erste Prozessstrom durch einen ersten gasförmigen Stickstoffstrom (55, 56) aus der Niederdrucksäule und
- der zweite Prozessstrom (180) durch ersten gasförmigen Stickstoffstrom (178, 179) aus der Hochdrucksäule (21) gebildet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein dritter Prozessstrom in einem Stickstoffproduktverdichter von einem Eintrittsdruck auf einen Enddruck verdichtet wird,
- mindestens zeitweise ein vierter Prozessstrom stromabwärts der ersten Stufe des Stickstoffproduktverdichters mit dem dritten Prozessstrom vermischt wird, wobei
- der dritte Prozessstrom durch einen ersten gasförmigen Stickstoffstrom aus der Niederdrucksäule und
- der vierte Prozessstrom durch einen ersten gasförmigen Stickstoffstrom aus der Hochdrucksäule gebildet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Prozessstrom beziehungsweise der vierte Prozessstrom bei einer Zwischenstufe des mehrstufigen Verdichters beziehungsweise des Stickstoffproduktverdichters mit dem ersten Prozessstrom beziehungsweise mit dem zweiten Prozessstrom vermischt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zweiten Betriebsmodus ein Sauerstoffgasstrom (181) aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (22) entnommen, mit einem stickstoffangereicherten Strom (61) aus dem oberen Bereich der Niederdrucksäule (22) vermischt und das Gemisch im Hauptwärmetauscher (13) angewärmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein dritter Teilstrom (36, 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 des arbeitsleistend entspannten dritten Teilstroms (39) in das Destillationssäulen-System eingeleitet (40) wird,
- wobei der Turbineneintrittsdruck der zweiten Luftturbine insbesondere gleich dem ersten Druck ist.

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

- der zweite Teilstrom (12, 27, 29, 30) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) stromabwärts des ersten Nachverdichters (9) in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt, in einem zweiten Nachverdichter (28), der als Kaltverdichter betrieben und von der zweiten Turbine (38) angetrieben wird, auf einen dritten Druck nachverdichtet wird, der höher als der erste Druck ist, in dem Hauptwärmetauscher (13) abgekühlt und anschließend entspannt (31) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet (32) wird.

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

10. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8 oder nach Anspruch 9 rückbezogen auf einen der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der dritte Teilstrom (37, 339) in der zweiten Luftturbine (38) auf einen Druck entspannt wird, der mindestens 1 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (21) ist, und
- der arbeitsleistend entspannte dritte Teilstrom (339) in dem Hauptwärmetauscher (13) weiter abgekühlt und anschließend entspannt (341) und in das Destillationssäulen-System eingeleitet wird.

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

- in dem ersten Betriebsmodus eine erste Menge an Einsatzluft in dem Hauptluftverdichter (2) verdichtet wird und
- in dem zweiten Betriebsmodus eine zweite Menge an Einsatzluft in dem Hauptluftverdichter (2) verdichtet wird, wobei
- das Verhältnis von zweiter Menge an Einsatzluft zu erster Menge an Einsatzluft größer, insbesondere um mehr als 3 % größer ist als das Verhältnis zwischen zweiter Menge an erstem Druckgasprodukt und erster Menge an erstem Druckgasprodukt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Teilstrom (8, 11) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) stromaufwärts seiner Einleitung in den Hauptwärmetauscher (13) in einem ersten Nachverdichter (9) nachverdichtet wird, der im Warmen betrieben und insbesondere von der ersten Turbine angetrieben wird.

13. Vorrichtung zur variablen Gewinnung eines Druckgasprodukts (72; 73) mittels Tieftemperaturzerlegung von Luft mit

- einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (21) und eine Niederdrucksäule (22) aufweist,
 - einem Hauptluftverdichter (2) zum Verdichten der gesamten Einsatzluft auf einen ersten Druck, der mindestens 4 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (21) ist,
 - Mittel zum Abkühlen eines ersten Teilstroms (8, 11, 14) der im Hauptluftverdichter (2) verdichteten Einsatzluft (7) in einem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur,
 - einer ersten Luftturbine (15) zum arbeitsleistenden Entspannen des abgekühlten ersten Teilstroms,
 - Mittel zum Einleiten (40; 18, 19, 20) des arbeitsleistend entspannten ersten Teilstroms (16) in das Destillationssäulen-System,
 - einem ersten Nachverdichter (9) 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, wobei der Nachverdichter (9) insbesondere von der ersten Turbine (15) angetrieben wird, nachverdichtet wird,
 - Mittel zum Abkühlen des nachverdichteten zweiten Teilstroms in dem Hauptwärmetauscher (13) abgekühlt,
 - Mittel zum Entspannen (31) und Einleiten in das Destillationssäulen-System des abgekühlten zweiten Teilstroms,
 - Mittel zum flüssigen Entnehmen eines ersten Produktstroms (69; 75) aus dem Destillationssäulen-System entnommen und zur Druckerhöhung (71; 76) des flüssigen ersten Produktstroms auf einen ersten Produktdruck,
 - Mittel zum Verdampfen oder Pseudo-Verdampfen und Anwärmen des ersten Produktstroms unter dem ersten Produktdruck im Hauptwärmetauscher (13),
 - Mittel zum Gewinnen des angewärmten ersten Produktstroms (72; 77) als erstes Druckgasprodukt (GOX IC; GAN IC),
 - einem mehrstufigen Verdichter (2; 57/59) zum Verdichten eines ersten Prozessstroms, der mindestens 78 mol-% Stickstoff enthält, von einem Eintrittsdruck auf einen Enddruck,
 - Mittel zum Vermischen eines zweiten Prozessstroms (65; 180), der mindestens 78 mol-% Stickstoff enthält, mit dem ersten Prozessstrom stromabwärts der ersten Stufe des mehrstufigen Verdichters (2; 57/59),
 - und mit Mitteln zum Umschalten zwischen einem ersten und einem zweiten Betriebsmodus, wobei
 - in dem ersten Betriebsmodus eine erste Menge an erstem Druckgasprodukt gewonnen wird und
 - in einem zweiten Betriebsmodus eine zweite Menge an erstem Druckgasprodukt gewonnen wird, die geringer ist als die erste Menge,
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Mitteln zum Umschalten zwischen dem ersten und dem zweiten Betriebsmodus so ausgebildet sind, dass
- in dem ersten Betriebsmodus einer erste Menge des zweiten Prozessstroms (65; 180), die auch Null sein kann, in dem mehrstufigen Verdichter (2; 57/59) von einem Eintrittsdruck auf einen Enddruck verdichtet wird
 - in dem zweiten Betriebsmodus eine zweite Menge des zweiten Prozessstroms (65; 180) in dem mehrstufigen Verdichter (2; 57/59) verdichtet wird, die größer ist als die erste Menge des zweiten Prozessstroms.

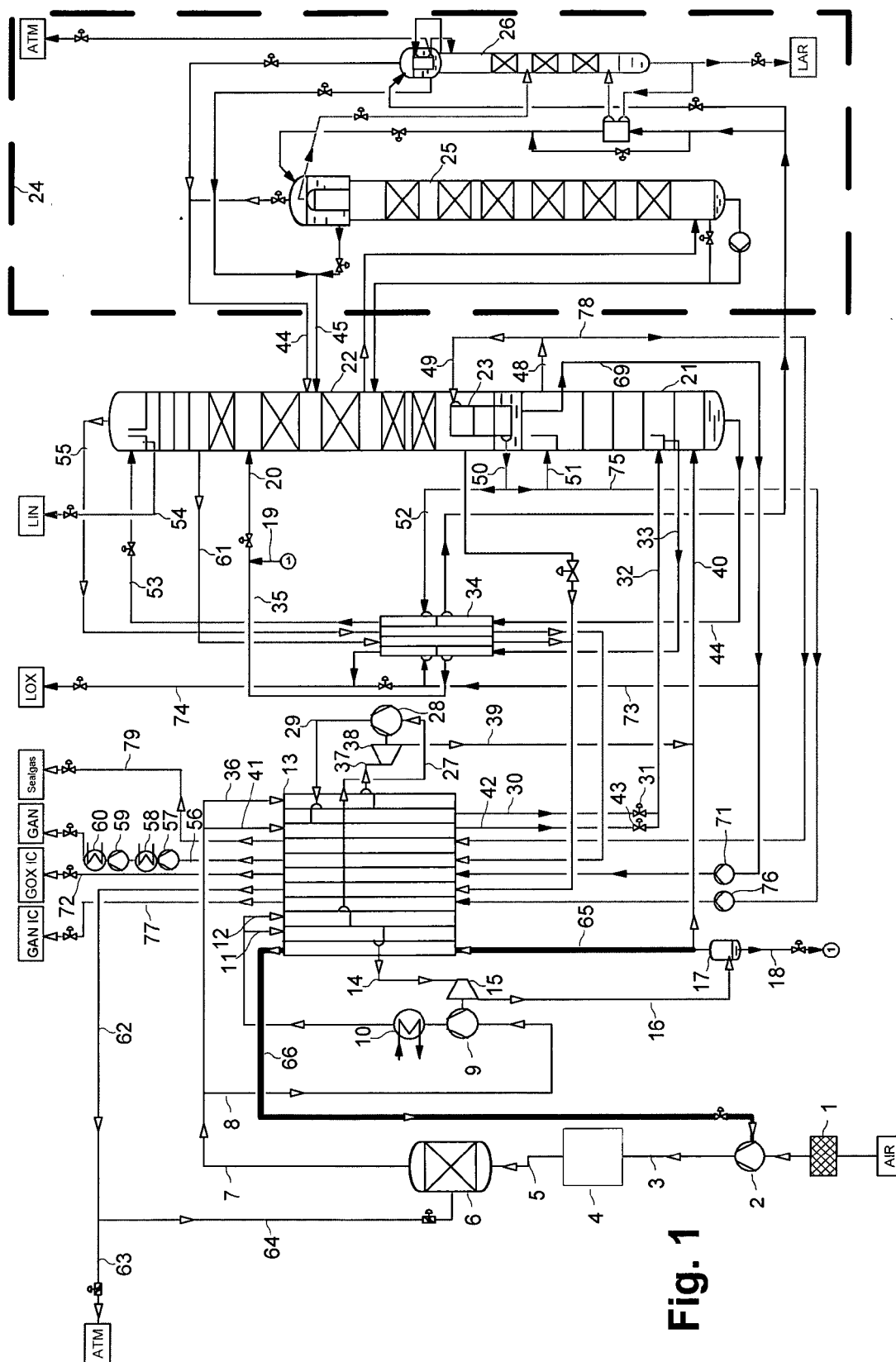
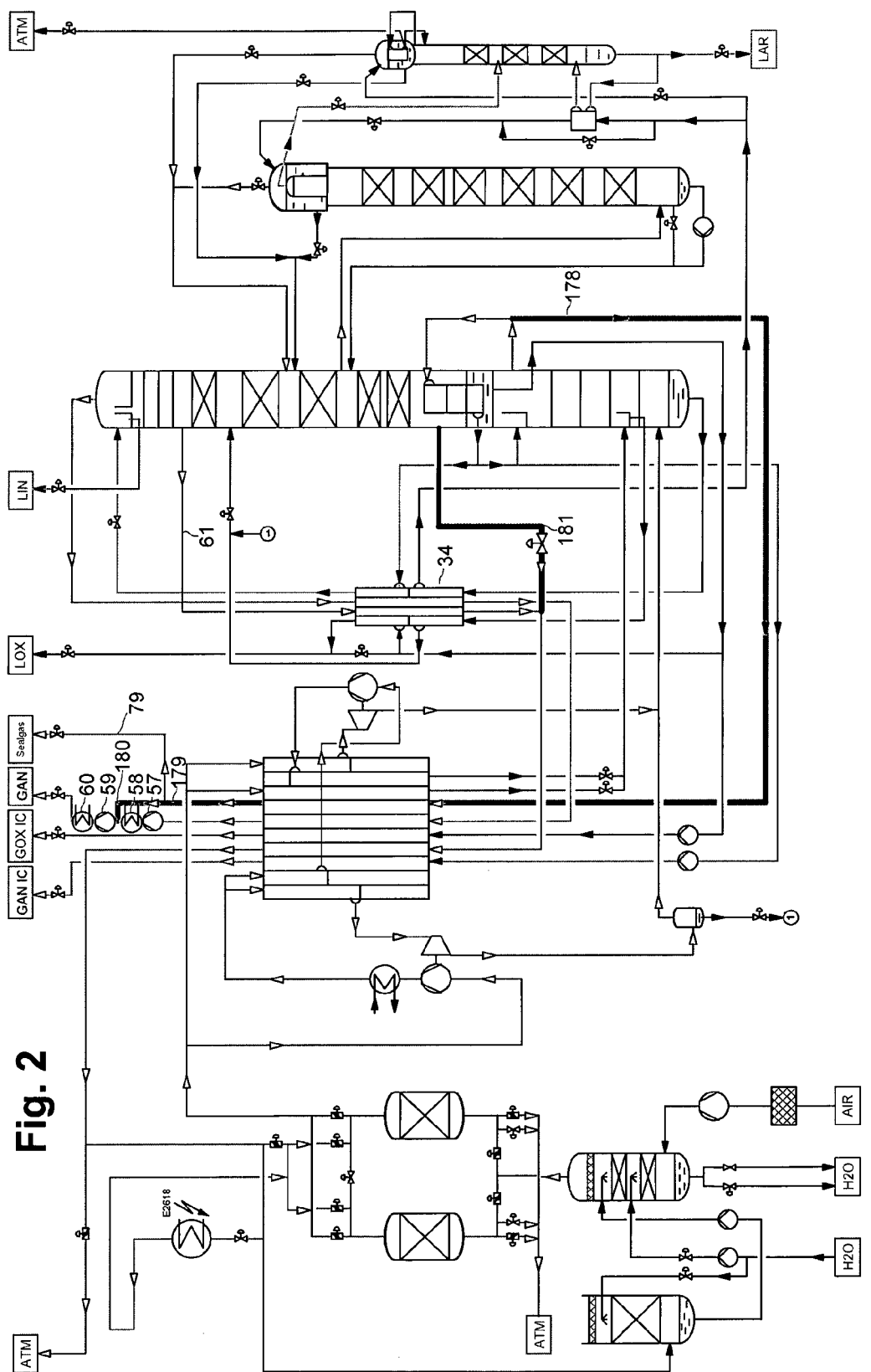
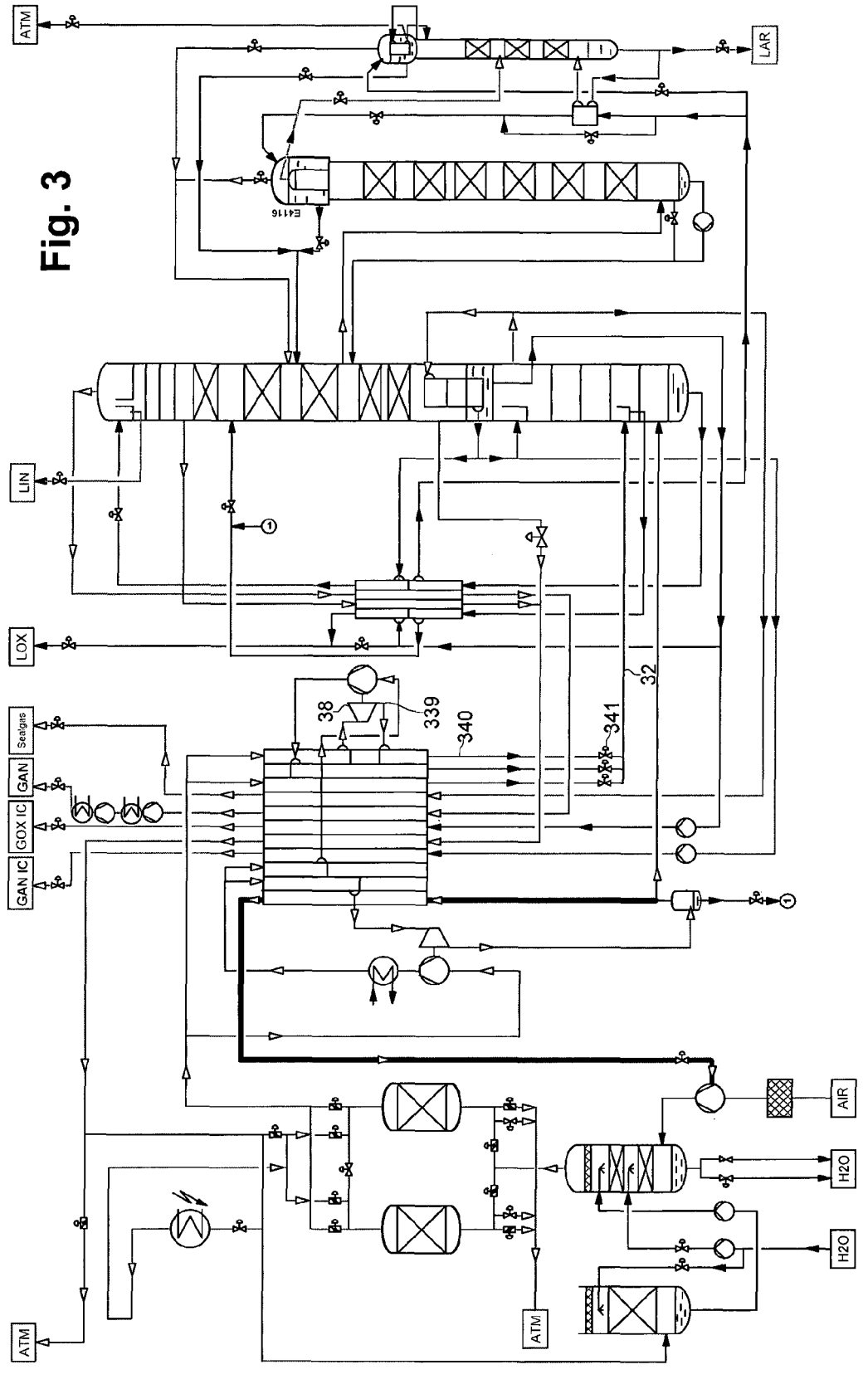
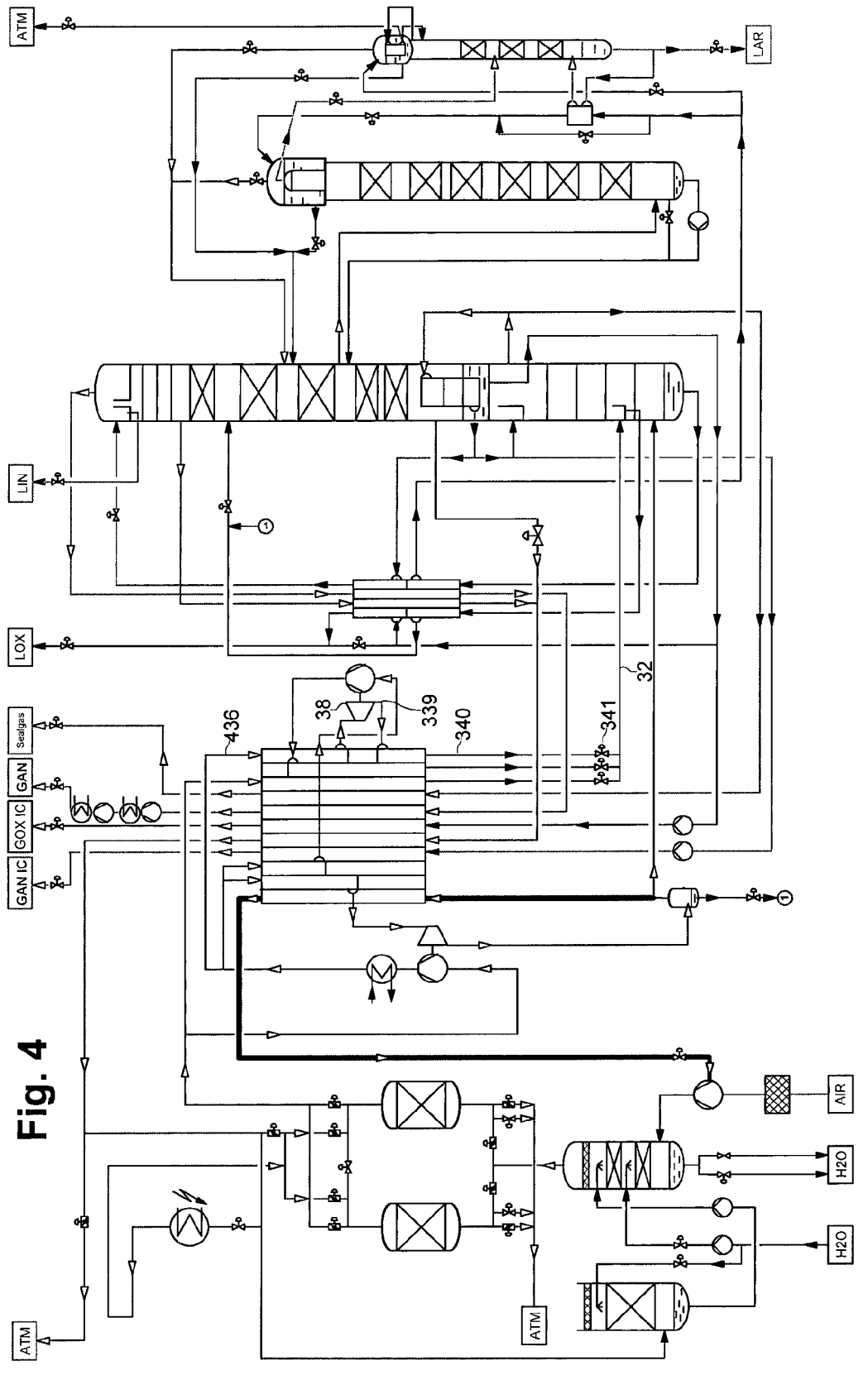


Fig. 1









EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 00 2307

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	DE 10 2010 052545 A1 (LINDE AG [DE]) 31. Mai 2012 (2012-05-31) * Seite 3, Absatz 0015 - Seite 3, Absatz 0015; Anspruch 1; Abbildung 1 * * Seite 3, Absatz 0022 - Seite 3, Absatz 0022 *	1,2,4-13	INV. F25J3/04
Y	EP 0 316 768 A2 (LINDE AG [DE]) 24. Mai 1989 (1989-05-24) * Spalte 2, Zeile 45 - Spalte 2, Zeile 55; Abbildung 1 * * Spalte 4 - Spalte 4 *	1,2,4-13	
Y	US 2005/126221 A1 (HA BAO [US] ET AL) 16. Juni 2005 (2005-06-16) * Seite 2, Absatz 0025 - Seite 2, Absatz 0025; Abbildung 7 * * Seite 1, Absatz 0003 - Seite 1, Absatz 0005 *	9	
Y	EP 2 520 886 A1 (LINDE AG [DE]) 7. November 2012 (2012-11-07) * Spalte 1, Absatz 0006 - Absatz 0006; Abbildung 1 * * Spalte 4, Absatz 0026 - Spalte 5, Absatz 0028 * * Spalte 5, Absatz 0031 - Spalte 5, Absatz 0031 *	9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
Y	US 5 400 600 A (GRENIER MAURICE [FR]) 28. März 1995 (1995-03-28) * Spalte 6, Zeile 13 - Zeile 26; Abbildung 4 *	10	
A	US 6 116 052 A (HA BAO [US] ET AL) 12. September 2000 (2000-09-12) * Abbildung 1 *	4	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Mai 2015	Prüfer Petereit, A
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 : nichtschriftliche 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)

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 14 00 2307

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)
A	US 2005/132746 A1 (BRUGEROLLE JEAN-RENAUD [FR] ET AL) 23. Juni 2005 (2005-06-23) * Abbildung 2 *	4	
A	FR 2 831 249 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 25. April 2003 (2003-04-25) * Seite 7, Zeile 29 - Seite 8, Zeile 4; Abbildung 1 *	6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Mai 2015	Prüfer Petereit, A
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 : nichtschriftliche 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)



Nummer der Anmeldung

EP 14 00 2307

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

'siehe Folgeseite(n)'

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 14 00 2307

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 2(vollständig); 1, 4-13(teilweise)

Ein Teil der Einsatzluft wird als zweiter Prozessstrom wieder zum Hauptluftverdichter zurückgeführt und mit der Einsatzluft (erster Prozessstrom) nach der ersten Verdichterstufe kombiniert

2. Ansprüche: 3(vollständig); 1, 4-13(teilweise)

Der N₂-Druckgasproduktstrom wird als erster Prozessstrom stromabwärts des Hauptwärmeübertrages in einem mehrstufigen Verdichter verdichtet, wobei dieser erste Prozessstrom nach der ersten Verdichterstufe mit einem N₂-Produktstrom aus der HD-Kolonne (zweiter Produktstrom) kombiniert wird.

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

EP 14 00 2307

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.

05-05-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010052545 A1	31-05-2012	DE 102010052545 A1	31-05-2012
		EP 2458311 A1	30-05-2012
EP 0316768 A2	24-05-1989	DE 3738559 A1	24-05-1989
		EP 0316768 A2	24-05-1989
		JP H01239376 A	25-09-1989
		US 4883518 A	28-11-1989
US 2005126221 A1	16-06-2005	BR PI0417444 A	06-03-2007
		CA 2548797 A1	23-06-2005
		CN 1890525 A	03-01-2007
		EP 1700072 A1	13-09-2006
		US 2005126221 A1	16-06-2005
		WO 2005057112 A1	23-06-2005
EP 2520886 A1	07-11-2012	KEINE	
US 5400600 A	28-03-1995	AU 4135793 A	06-01-1994
		CA 2098895 A1	24-12-1993
		CN 1080390 A	05-01-1994
		DE 69305246 D1	14-11-1996
		DE 69305246 T2	07-05-1997
		EP 0576314 A1	29-12-1993
		FR 2692664 A1	24-12-1993
		JP H0658662 A	04-03-1994
		US 5400600 A	28-03-1995
		ZA 9304204 A	10-01-1994
US 6116052 A	12-09-2000	CA 2303664 A1	09-10-2000
		EP 1043556 A1	11-10-2000
		JP 2000310481 A	07-11-2000
		US 6116052 A	12-09-2000
US 2005132746 A1	23-06-2005	BR PI0417269 A	13-03-2007
		CA 2550947 A1	14-07-2005
		CN 1918444 A	21-02-2007
		EP 1706692 A1	04-10-2006
		EP 2031329 A1	04-03-2009
		JP 4885734 B2	29-02-2012
		JP 2007516407 A	21-06-2007
		US 2005132746 A1	23-06-2005
		US 2007130992 A1	14-06-2007
		WO 2005064252 A1	14-07-2005
FR 2831249 A1	25-04-2003	KEINE	

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 [0006]
- DE 901542 [0006]
- US 2712738 A [0006]
- US 2784572 A [0006]
- DE 952908 [0006]
- DE 1103363 [0006]
- US 3083544 A [0006]
- DE 1112997 [0006]
- US 3214925 A [0006]
- DE 1124529 [0006]
- DE 1117616 [0006]
- US 3280574 A [0006]
- DE 1226616 [0006]
- US 3216206 A [0006]
- DE 1229561 [0006]
- US 3222878 A [0006]
- DE 1199293 [0006]
- DE 1187248 [0006]
- US 3371496 A [0006]
- DE 1235347 [0006]
- DE 1258882 [0006]
- US 3426543 A [0006]
- DE 1263037 [0006]
- US 3401531 A [0006]
- DE 1501722 [0006]
- US 3416323 A [0006]
- DE 1501723 [0006]
- US 3500651 A [0006]
- DE 253132 [0006]
- US 4279631 A [0006]
- DE 2646690 [0006]
- EP 93448 B1 [0006]
- US 4555256 A [0006]
- EP 384483 B1 [0006]
- US 5036672 A [0006]
- EP 505812 B1 [0006]
- US 5263328 A [0006]
- EP 716280 B1 [0006]
- US 5644934 A [0006]
- EP 842385 B1 [0006]
- US 5953937 A [0006]
- EP 758733 B1 [0006]
- US 5845517 A [0006]
- EP 895045 B1 [0006]
- US 6038885 A [0006]
- DE 19803437 A1 [0006]
- EP 949471 B1 [0006]
- US 6185960 B1 [0006]
- EP 955509 A1 [0006]
- US 6196022 B1 [0006]
- EP 1031804 A1 [0006]
- US 6314755 B [0006]
- DE 19909744 A1 [0006]
- EP 1067345 A1 [0006]
- US 6336345 B [0006]
- EP 1074805 A1 [0006]
- US 6332337 B [0006]
- DE 19954593 A1 [0006]
- EP 1134525 A1 [0006]
- US 6477860 B [0006]
- DE 10013073 A1 [0006]
- EP 1139046 A1 [0006]
- EP 1146301 A1 [0006]
- EP 1150082 A1 [0006]
- EP 1213552 A1 [0006]
- DE 10115258 A1 [0006]
- EP 1284404 A1 [0006]
- US 2003051504 A1 [0006]
- EP 1308680 A1 [0006]
- US 6612129 B2 [0006]
- DE 10213212 A1 [0006]
- DE 10213211 A1 [0006]
- EP 1357342 A1 [0006]
- DE 10238282 A1 [0006]
- DE 10302389 A1 [0006]
- DE 10334559 A1 [0006]
- DE 10334560 A1 [0006]
- DE 10332863 A1 [0006]
- EP 1544559 A1 [0006]
- EP 1585926 A1 [0006]
- DE 102005029274 A1 [0006]
- EP 1666824 A1 [0006]
- EP 1672301 A1 [0006]
- DE 102005028012 A1 [0006]
- WO 2007033838 A1 [0006]
- WO 2007104449 A1 [0006]
- EP 1845324 A1 [0006]
- DE 102006032731 A1 [0006]
- EP 1892490 A1 [0006]
- DE 102007014643 A1 [0006]
- EP 2015012 A2 [0006]
- EP 2015013 A2 [0006]
- EP 2026024 A1 [0006]
- WO 2009095188 A2 [0006]
- DE 102008016355 A1 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Tieftemperaturtechnik. 1985, 281-337 [0002]