



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.12.2017 Patentblatt 2017/50

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

(21) Anmeldenummer: **16001298.5**

(22) Anmeldetag: **09.06.2016**

(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 MD

(72) Erfinder: **Lochner, Stefan**
85567 Grafing (DE)

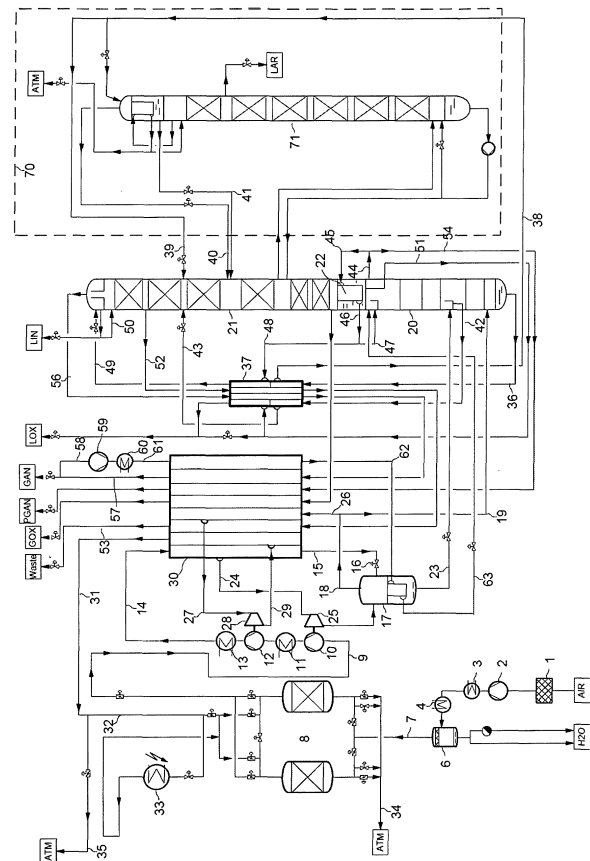
(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Technology & Innovation
Corporate Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

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

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERZEUGEN EINES GASFÖRMIGEN DRUCKSAUERSTOFFPRODUKTS**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zum Erzeugen eines Flüssigstickstoffprodukts und eines Flüssigsauerstoffprodukts durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (20), eine Niederdrucksäule (21) sowie einen Hauptkondensator (22) und einen Nebenkondensator (17) aufweist. Die gesamte Einsatzluft in einem Hauptluftverdichter (2) auf einen ersten Druck verdichtet wird, der mindestens 4 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule ist. Ein erster Teilstrom der gereinigten Einsatzluft (9) wird auf einen zweiten, höheren Druck nachverdichtet (10, 12), in einem Hauptwärmetauscher (30) bis zu dessen kaltem Ende abgekühlt, auf einen dritten Druck entspannt (16) wird, der niedriger als der erste Druck ist, und in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) eingeleitet und dort mindestens teilweise verdampft in indirektem Wärmeaustausch mit im Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17) kondensierendem Stickstoff (62). Ein zweiter Teilstrom (24) der gereinigten Einsatzluft (9) wird in dem Hauptwärmetauscher (30) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt, arbeitsleistend entspannt (25), und in die Hochdrucksäule (20) eingeleitet wird. Ein Flüssigsauerstoffprodukt (LOX) und ein Flüssigstickstoffprodukt (LIN) werden gewonnen. Der Nebenkondensator-Stickstoffstrom (62) wird der Niederdrucksäule (21) entnommen (56, 57, 58), stromaufwärts seiner Einleitung in den Nebenkondensator (17) im Hauptwärmetauscher (30) angewärmt, in einem Stickstoffverdichter (59) auf einen Kondensationsdruck gebracht wird, der höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (20) ist, und schließlich unter dem Kondensationsdruck in den Verflüssigungs-

raum des Nebenkondensators (17) eingeleitet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines gasförmigen Drucksauerstoffprodukts gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Die Herstellung von Luftprodukten in flüssigem oder gasförmigem Zustand durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in Luftzerlegungsanlagen ist bekannt. Derartige Luftzerlegungsanlagen weisen Destillationssäulen-Systeme auf, die beispielsweise als Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein können. Ferner können Vorrichtungen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein (vgl. beispielsweise F.G. Kerry, Industrial Gas Handbook: Gas Separation and Purification, Boca Raton: CRC Press, 2006; Kapitel 3: Air Separation Technology). Das Destillationssäulen-System der Erfindung kann als klassisches Doppelsäulensystem ausgebildet sein, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensystem. Es kann zusätzlich zu den Kolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung weitere Vorrichtungen zur Gewinnung anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen aufweisen, beispielsweise eine Argongewinnung.

[0003] Ein "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Destillationssäulen-System. Er kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell geschalteten und funktionell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken.

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.

[0004] Unter einem "Nebenkondensator" ist ein Kondensator-Verdampfer zu verstehen, der praktisch ausschließlich zur indirekten Übertragung latenter Wärme von einem kondensierenden Prozessstrom auf einen verdampfenden Prozessstrom gegen einen zweiten, kondensierenden Prozessstrom ausgebildet ist, und nicht oder im Wesentlichen nicht zur Übertragung von fühlbarer Wärme geeignet ist. Er ist durch einen Wärmetauscher realisiert, der separat von anderen Wärmetau-

schern, insbesondere einem Hauptwärmetauscher oder einem Unterkühlungs-Gegenströmer ausgebildet ist, die beide regelmäßig ausschließlich oder überwiegend zum Wärmeaustausch von rein gasförmigen Strömen dienen.

5 Ein Nebenkondensator ist üblicherweise als Badverdampfer ausgeführt. Hier wird der erste Teilstrom der Luft, auch Drosselstrom genannt, in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators eingeleitet.

[0005] Grundsätzlich weist ein System zur Erzeugung von erheblichen Mengen an Flüssigsauerstoff und Flüssigstickstoff eine hohe Vorverflüssigung der Luft auf, welche die Trennung erschwert. Der Nebenkondensator dient hier zur Verminderung dieser Vorverflüssigung - im Gegensatz zum weiter verbreiteten Einsatz von Nebenkondensatoren zur Verdampfung von unreinem Sauerstoff. Bei der Erfindung wird in dem Nebenkondensator Luft gegen kondensierenden Stickstoff verdampft. Die Umwandlung von Flüssigluft in Flüssigstickstoff vermindert die Vorverflüssigung und verbessert damit die Trennleistung des Systems.

[0006] Dieser eher ungewöhnliche Einsatz eines Nebenkondensators ist für sich bekannt aus US 5660059. Hier wird der Nebenkondensator direkt mit Drucksäulen-Stickstoff betrieben. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass diese Betriebsweise nicht unter allen Randbedingungen vorteilhaft ist.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das Verfahren der eingangs genannten Art und eine entsprechende Vorrichtung dahingehend zu verbessern, dass besonders wenig Energie verbraucht wird, insbesondere dann, wenn die Summe des Flüssigstickstoffprodukts und des gasförmigen Druckstickstoffprodukts (über Innenverdichtung und/oder direkt aus der Hochdrucksäule) größer ist als die Summe des Flüssigsauerstoffprodukts und des gasförmigen Drucksauerstoffprodukts (über Innenverdichtung). (Der vorstehende Vergleich bezieht sich auf die molaren Mengen pro Zeiteinheit.)

[0008] Diese Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Der Verflüssigungsraum des Nebenkondensators wird bei der Erfindung nicht mit Hochdrucksäulen-Stickstoff gespeist, sondern mit einer Stickstofffraktion höheren Drucks. Damit kann auch auf der Luftseite ein höherer Druck gefahren werden - zum Beispiel etwas über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule. Die verdampfte Luft muss nicht wie im Stand der Technik rückverdichtet werden, sondern kann direkt ohne weiteren Energieeinsatz in die Hochdrucksäule eingeleitet und der Trennung zugeführt werden.

[0009] Außerdem kommt der Stickstoff für den Nebenkondensator aus der Niederdrucksäule statt der Hochdrucksäule und steht anschließend unter über Hochdrucksäulen-Druck. Damit kann der in dem Nebenkondensator erzeugte Flüssigstickstoff auch in der Hochdrucksäule als Rücklauf eingesetzt werden. Die Erfindung weist damit eine Art Verstärkungskreislauf auf, der die Effizienz der Trennung verbessert.

[0010] Es ist günstig, wenn die Nachverdichtung des ersten Teilstroms in zwei seriell verbundenen Nachverdichtern durchgeführt wird, von denen einer von der ersten Entspannungsmaschine angetrieben wird. Der von der ersten Entspannungsmaschine getriebene Nachverdichter kann der vordere oder der hintere der beiden Nachverdichter sein (in Strömungsrichtung).

[0011] Außerdem können der erste und der zweite Teilstrom gemeinsam oder sogar die gesamte Einsatzluft in den beiden seriell verbundenen Nachverdichtern auf den zweiten Druck nachverdichtet werden.

[0012] Derjenige der seriell verbundenen Nachverdichter, der nicht von der ersten Entspannungsmaschine angetrieben wird, kann von einer zweiten Entspannungsmaschine angetrieben werden. Dabei wird ein gasförmiger Luftstrom aus dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators in dem Hauptwärmetauscher auf eine zweite Zwischentemperatur angewärmt, die vorzugsweise höher als die erste Zwischentemperatur ist. Der gasförmige Luftstrom unter der zweiten Zwischentemperatur wird dann der zweiten Entspannungsmaschine zugeführt und dort arbeitsleistend entspannt.

[0013] Der in der zweiten Entspannungsmaschine entspannte Luftstrom wird vorzugsweise in dem Hauptwärmetauscher angewärmt und kann als Regeneriergas in der Reinigungseinrichtung verwendet werden. Durch die Verwendung von Luft als Regeneriergas kann die Niederdrucksäule bei besonders niedrigem Druck gefahren und damit Energie bei der Luftverdichtung eingespart werden. Alternativ wird die Reinigungseinrichtung auf konventionelle Weise mit unreinem Stickstoff aus der Niederdrucksäule regeneriert.

[0014] Es ist ferner günstig, wenn der zweite Teilstrom in der ersten Entspannungsmaschine auf etwa den Druck im Verdampfungsraum des Nebenkondensators entspannt und anschließend in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators eingeleitet wird. Damit kann der Nebenkondensator als Abscheider (Phasentrenner) verwendet werden, um im entspannten zweiten Teilstrom vorhandene Flüssigkeitströpfchen abzutrennen. Alternativ kann ein Teil des zweiten Teilstroms auch direkt in die Hochdrucksäule eingeleitet werden.

[0015] In einer Weiterbildung der Erfindung wird der in dem Verflüssigungsraum des Nebenkondensators verflüssigte Stickstoff in die Hochdrucksäule eingeleitet und dient dort als Rücklauf für die Destillation.

[0016] Alternativ oder zusätzlich kann man diesen Flüssigstickstoff ganz oder teilweise nach Unterkühlung im Unterkühlungs-Gegenströmer in die Niederdrucksäule als Rücklauf einleiten.

[0017] Die flüssig verbliebene Luft aus dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators oder ein Teil davon wird der Hochdrucksäule an einer Zwischenstelle zugeleitet wird. Sie ist hier regelmäßig nützlicher, als wenn sie vollständig in die Niederdrucksäule eingeleitet würde. Insbesondere kann sie zwischen Niederdrucksäule und Hochdrucksäule aufgeteilt werden.

[0018] Alternativ oder zusätzlich kann man diese Flüs-

sigluft ganz oder teilweise im Unterkühlungs-Gegenströmer unterkühlen und in die Niederdrucksäule als Zwischenrücklauf einleiten.

[0019] Es ist auch möglich, einen Luftstrom unter dem ersten Druck im Hauptwärmetauscher bis zum kalten Ende abzukühlen, auf etwa den Druck im Verdampfungsraum des Nebenkondensators zu entspannen und anschließend in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators einzuleiten. Dieser Luftstrom wirkt dann als zweiter Drosselstrom.

[0020] Außerdem kann ein Luftstrom - als zweiter oder dritter Drosselstrom - zwischen den beiden seriell verbundenen Nachverdichtern abgezweigt, unter dem entsprechenden Zwischendruck im Hauptwärmetauscher bis zum kalten Ende abgekühlt, auf etwa den Druck im Verdampfungsraum des Nebenkondensators entspannt und anschließend in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators eingeleitet werden.

[0021] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 14. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch Vorrichtungsmerkmale ergänzt werden, die den Merkmalen einzelner, mehrerer oder aller abhängigen Verfahrensansprüche entsprechen.

[0022] Bei dem Verfahren der Erfindung werden folgende Drücke und Temperaturen angewendet (alle Drücke sind als Absolutdrücke zu verstehen):

Betriebsdrücke (jeweils am Kopf der Säulen):

Hochdrucksäule: beispielsweise 5 bis 8 bar, vorzugsweise 5,5 bis 6,5 bar

Niederdrucksäule: beispielsweise 1,2 bis 2 bar, vorzugsweise 1,3 bis 1,6 bar

Nebenkondensator:

Verdampfungsraum: beispielsweise 5 bis 8 bar, vorzugsweise 5,5 bis 6,5 bar

Verflüssigungsraum: beispielsweise 7,2 bis 10,2 bar, vorzugsweise 7,7 bis 8,7 bar

Luftdrücke:

"Erster Druck" am Austritt des Hauptluftverdichters: beispielsweise 12 bis 35 bar, vorzugsweise 18 bis 23 bar

"Zweiter Druck" des nachverdichteten ersten Teilstroms (Drosselstroms): beispielsweise 20 bis 60 bar, vorzugsweise 30 bis 45 bar

Eintrittstemperaturen der beiden Turbinen (Entspannungsmaschinen):

"Erste Zwischentemperatur" (kalte Turbine): beispielsweise 140 bis 180 K, vorzugsweise 150 bis 165 K

"Zweite Zwischentemperatur" (warme Turbine):

beispielsweise 250 bis 290 K, vorzugsweise 260 bis 275 K

[0023] Das Flüssigsauerstoffprodukt wird bei der Erfindung vorzugsweise aus dem Sumpf der Niederdrucksäule entnommen, das Flüssigstickstoffprodukt vom Kopf der Hochdrucksäule beziehungsweise aus dem Verflüssigungsraum des Hauptkondensators.

[0024] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0025] Die gesamte Einsatzluft (AIR) wird über ein Filter 1 von einem Hauptluftverdichter 2 mit Nachkühlung 3 (und nicht dargestellter Zwischenkühlung) auf einen "ersten Druck" von 23 bar verdichtet. Das anschließende Vorkühlungssystem weist eine optionale Kühlung durch eine Kälteanlage 4 und einen Wasserabscheider 6 auf. Alternativ sind alle bekannten Arten von Vorkühlungssystemen möglich, beispielsweise mit Direktkontaktkühler. Die vorgekühlte Einsatzluft 7 wird einer Reinigungseinrichtung 8 zugeführt, vorzugsweise einem umschaltbaren Molekularsieb-Adsorber.

[0026] Die gereinigte Luft 9 wird in zwei seriellen Nachverdichtern 10, 12 mit Nachkühlern 11, 13 auf einen "zweiten Druck" von 36 bar nachverdichtet. In dem Ausführungsbeispiel wird die gesamte Einsatzluft der Nachverdichtung unterzogen. (Dies schließt nicht aus, dass kleinere Teile der Luft unter dem ersten oder dem zweiten Druck als Instrumentenluft abgezweigt werden können.) In einer Variante können auch Teile der Luft unter dem ersten oder dem zweiten Druck als zweiter beziehungsweise dritter Drosselstrom eingesetzt werden (in der Zeichnung nicht dargestellt).

[0027] Die Luft 14 umfasst sowohl den "ersten Teilstrom", den Drosselstrom, als auch den "zweiten Teilstrom", den Luftstrom für die kalte Turbine. Sie wird dem Hauptwärmetauscher 30 an seinem warmen Ende zugeleitet. Der erste Teilstrom 15 wird bis zum kalten Ende geführt und anschließend auf einen Druck von 5,7 bar entspannt, hier in einem Drosselventil 16. Anschließend wird er in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators 17 eingeleitet. Der Nebenkondensator ist in dem Ausführungsbeispiel als Badverdampfer ausgeführt

[0028] Gasförmige Luft 18 aus dem Nebenkondensator 17 wird zu einem ersten Teil als gasförmige Einsatzluft 19 in die Hochdrucksäule 20 eingeleitet. Die Hochdrucksäule 20 ist Teil eines Destillationssäulen-Systems, das außerdem den Nebenkondensator 17, den Hauptkondensator 22 und die Niederdrucksäule 21 aufweist. Flüssig verbliebene Luft 23 aus dem Nebenkondensator wird der Hochdrucksäule 20 an einer Zwischenstelle zugeleitet.

[0029] Der zweite Teilstrom 24 wird bei einer ersten Zwischentemperatur von 160 K aus dem Hauptwärmetauscher 30 abgezogen und strömt einer ersten Entspannungsmaschine 25 zu, die als Expansionsturbine ausgebildet ist. Dort wird der zweite Teilstrom von dem zwei-

ten Druck auf den Druck in dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators 17 entspannt. Der Nebenkondensator 17 wird hier zusätzlich als Abscheider benutzt, um einen sehr geringen Flüssiganteil beim Austritt aus der arbeitsleistenden Entspannung 25 abzutrennen.

[0030] Ein zweiter Teil 26 der gasförmigen Luft 18 aus dem Nebenkondensator 17 wird dem Hauptwärmetauscher 30 am kalten Ende zugeführt und dort bis auf eine zweite Zwischentemperatur von 267 K wieder angewärmt. Unter etwa dem Druck des Verdampfungsraums des Nebenkondensators 17 (minus Leitungsverlusten) tritt der angewärmte Luftstrom 27 in eine zweite Entspannungsmaschine (Expansionsturbine) 28 ein und wird dort arbeitsleistend auf etwas über Atmosphärendruck entspannt, insbesondere auf etwa 1,2 bar. Die warme Niederdruckluft 31 wird über Leitung 32 als Regeneriergas der Reinigungseinrichtung 8 zugeführt, gegebenenfalls nach Erwärmung in einem Regeneriergaserhitzer 33, und anschließend über Leitung 34 in die Atmosphäre (ATM) abgeblasen. Alternativ wird ein Teil oder alles über die Leitung 35 abgeblasen. Durch die Verwendung von Luft als Regeneriergas kann die Niederdrucksäule 21 bei besonders niedrigem Druck gefahren und damit Energie bei der Luftverdichtung eingespart werden.

[0031] Über Leitung 36 wird flüssiger Rohsauerstoff über einen Unterkühlungs-Gegenströmer 37 und die Leitungen 38 und 39 in die Niederdrucksäule 21 eingeleitet. Wenn, wie hier dargestellt, eine klassische Argongewinnung 70 mit Rohargonsäule 71 zur Gewinnung von Flüssigargon LAR vorgesehen ist, wird mindestens ein Teil über den Argonkondensator 72 geführt und schließlich über die Leitungen 40 und 41 zur Niederdrucksäule geleitet. Ein Teil der Flüssigluft, die über Leitung 23 in die Hochdrucksäule 20 eingeführt wurde, wird über Leitung 42 gleich wieder entnommen, im Unterkühlungs-Gegenströmer 37 abgekühlt und über Leitung 43 in die Niederdrucksäule eingespeist.

[0032] Der gasförmige Kopfstickstoff 44 der Hochdrucksäule 20 wird zu einem ersten Teil 45 in dem Hauptkondensator 22 gegen verdampfenden Sumpfsauerstoff der Niederdrucksäule 21 praktisch vollständig kondensiert. Der dabei gewonnene Flüssigstickstoff 46 wird zu einem ersten Teil 47 auf den Kopf der Hochdrucksäule 20 aufgegeben. Der Rest 48 wird im Unterkühlungs-Gegenströmer 37 unterkühlt und über Leitung 49 zum Kopf der Niederdrucksäule 21 geführt. Dort wird er entweder auf den Kopf der Niederdrucksäule aufgegeben (50) oder als Flüssigstickstoffprodukt LIN abgezogen. Der Rest 54 des gasförmigen Kopfstickstoffs 44 der Hochdrucksäule 20 wird im Hauptwärmetauscher 30 angewärmt und über Leitung 55 als gasförmiges Druckstickstoffprodukt PGAN abgegeben.

[0033] Flüssiger Sauerstoff 51 vom Sumpf der Niederdrucksäule wird gegebenenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 37 unterkühlt und schließlich als Flüssigsauerstoffprodukt LOX gewonnen. Gasförmiger Unreinstickstoff 52 aus der Niederdrucksäule 21 wird im Unterkühlungs-Gegenströmer 37 und im Hauptwärmetauscher 30

angewärmt. Der warme Unreinstickstoff 53 wird als Restprodukt WASTE abgegeben. Der gasförmige Stickstoff 56 vom Kopf der Niederdrucksäule 21 wird ebenfalls in Unterkühlungs-Gegenströmer 37 und Hauptwärmetauscher 30 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Allerdings wird nur ein Teil des warmen Niederdruckstickstoffs 57 als Niederdruckprodukt GAN abgegeben; der Rest 58 wird in einem Stickstoffverdichter 59 mit Nachkühler 60 auf einen Kondensationsdruck von 7,9 bar gebracht. Der verdichtete Stickstoff 61 wird im Hauptwärmetauscher 30 wieder abgekühlt und über Leitung 62 in den Verflüssigungsraum des Nebenkondensators 17 eingeleitet. Der im Nebenkondensator 17 gewonnene flüssige Stickstoff 63 wird auf den Kopf der Hochdrucksäule 20 aufgegeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines Flüssigstickstoffprodukts und eines Flüssigsauerstoffprodukts durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (20), eine Niederdrucksäule (21), sowie einen Hauptkondensator (22) und einen Nebenkondensator (17) aufweist, die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind, wobei

- die gesamte Einsatzluft in einem Hauptluftverdichter (2) auf einen ersten Druck verdichtet wird, der mindestens 4 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule ist und unter dem ersten Druck in einer Reinigungseinrichtung (8) gereinigt wird,
- mindestens ein erster Teilstrom der auf den ersten Druck verdichteten und gereinigten Einsatzluft (9) auf einen zweiten, höheren Druck nachverdichtet (10, 12) wird,
- der nachverdichtete erste Teilstrom unter dem zweiten Druck in einem Hauptwärmetauscher (30) bis zu dessen kaltem Ende abgekühlt wird,
- der abgekühlte erste Teilstrom (15) auf einen dritten Druck entspannt (16) wird, der niedriger als der erste Druck ist, unter dem dritten Druck in mindestens teilweise flüssigem Zustand in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) eingeleitet und dort mindestens teilweise verdampft wird in indirektem Wärmeaustausch mit im Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17) kondensierendem Stickstoff (62),
- ein zweiter Teilstrom (24) der gereinigten Einsatzluft (9) in dem Hauptwärmetauscher (30) auf eine erste Zwischentemperatur abgekühlt, unter dieser ersten Zwischentemperatur einer ersten Entspannungsmaschine (25) zugeführt und dort arbeitsleistend entspannt wird,
- mindestens ein Teil des arbeitsleistend ent-

spannten zweiten Teilstroms als gasförmiger Einsatzluftstrom (19) in die Hochdrucksäule (20) eingeleitet wird,

- in dem Verflüssigungsraum des Hauptkondensators (22) gasförmiger Kopfstickstoff (44, 45) der Hochdrucksäule (20) in indirektem Wärmeaustausch mit im Verdampfungsraum verdampfendem Sauerstoff aus dem Sumpf der Niederdrucksäule (21) mindestens teilweise verflüssigt wird,
- ein gasförmiger Nebenkondensator-Stickstoffstrom (62) aus dem Destillationssäulen-System abgezogen und in den Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17) eingeleitet wird,
- ein flüssiger Sauerstoffstrom (51) aus dem Destilliersäulen-System entnommen und als Flüssigsauerstoffprodukt (LOX) gewonnen wird und
- ein flüssiger Stickstoffstrom (46, 48, 49) aus dem Destilliersäulen-System entnommen und als Flüssigstickstoffprodukt (LIN) gewonnen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Nebenkondensator-Stickstoffstrom (62) aus der Niederdrucksäule (21) entnommen (56, 57, 58), stromaufwärts seiner Einleitung in den Nebenkondensator (17) im Hauptwärmetauscher (30) angewärmt und in einem Stickstoffverdichter (59) auf einen Kondensationsdruck gebracht wird, der höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (20) ist,
- der verdichtete Nebenkondensator-Stickstoffstrom (61) in dem Hauptwärmetauscher (30) abgekühlt und unter dem Kondensationsdruck in den Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17) eingeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nachverdichtung des ersten Teilstroms in zwei seriell verbundenen Nachverdichtern (10, 12) durchgeführt wird, von denen ein erster von der ersten Entspannungsmaschine (25) angetrieben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und der zweite Teilstrom gemeinsam oder die gesamte Einsatzluft in den beiden seriell verbundenen Nachverdichtern (10, 12) auf den zweiten Druck nachverdichtet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - der zweite der seriell verbundenen Nachverdichter von einer zweiten Entspannungsmaschine (28) angetrieben wird, wobei

- ein gasförmiger Luftstrom (26) aus dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators in dem Hauptwärmetauscher (30) auf eine zweite Zwischentemperatur angewärmt wird und
 - der gasförmige Luftstrom unter der zweiten Zwischentemperatur (27) der zweiten Entspannungsmaschine (28) zugeführt und dort arbeitsleistend entspannt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zweite Zwischentemperatur höher als die erste Zwischentemperatur ist. 10
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in der zweiten Entspannungsmaschine (28) entspannte Luftstrom (29, 31) in dem Hauptwärmetauscher (30) angewärmt und mindestens teilweise als Regeneriergas (32) in der Reinigungseinrichtung (8) verwendet wird. 15
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Teilstrom (24) in der ersten Entspannungsmaschine (25) auf etwa den Druck im Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) entspannt und anschließend in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) eingeleitet wird. 20
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in dem Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17) verflüssigte Stickstoff (63) in die Hochdrucksäule (20) eingeleitet wird. 25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der in dem Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17) verflüssigte Stickstoff (63) ganz oder teilweise in die Niederdrucksäule (21) eingeleitet wird. 30
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** flüssig verbliebene Luft (23) aus dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) abgezogen und der Hochdrucksäule (20) an einer Zwischenstelle zugeleitet wird. 35
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** flüssig verbliebene Luft (23) aus dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) abgezogen und der Niederdrucksäule (21) an einer Zwischenstelle zugeleitet wird. 40
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Luftstrom unter dem ersten Druck im Hauptwärmetauscher (30) bis zum kalten Ende abgekühlt, auf etwa den Druck im Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) entspannt und anschließend in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) eingeleitet wird. 45
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 3 bis 11, soweit direkt oder indirekt rückbezogen auf Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Luftstrom zwischen den beiden seriell verbundenen Nachverdichtern (10, 12) abgezweigt, im Hauptwärmetauscher (30) bis zum kalten Ende abgekühlt, auf etwa den Druck im Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) entspannt und anschließend in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17) eingeleitet wird. 50
14. Vorrichtung zum Erzeugen eines Flüssigstickstoffprodukts und eines Flüssigsauerstoffprodukts durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit
- einem Destillationssäulen-System, das eine Hochdrucksäule (20), eine Niederdrucksäule (21) sowie einen Hauptkondensator (22) und einen Nebenkondensator (17) aufweist, die beide als Kondensator-Verdampfer ausgebildet sind, wobei
 - einem Hauptluftverdichter (2) zum Verdichten der gesamten Einsatzluft auf einen ersten Druck, der mindestens 4 bar höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule ist,
 - einer Reinigungseinrichtung (8) zum Reinigen der gesamten verdichteten Einsatzluft,
 - einem Nachverdichtungssystem zum Nachverdichten mindestens eines ersten Teilstroms der gereinigten Einsatzluft (9) auf einen zweiten, höheren Druck,
 - Mitteln zum Einleiten des nachverdichteten ersten Teilstroms unter dem zweiten Druck in einen Hauptwärmetauscher (30) und Mitteln zum Abziehen des abgekühlten ersten Teilstroms vom kalten Ende des Hauptwärmetauschers (30),
 - Mitteln zum Entspannen (16) des abgekühlten ersten Teilstroms (15) auf einen dritten Druck, der niedriger als der erste Druck ist,
 - Mitteln zum Einleiten des ersten Teilstroms unter dem dritten Druck in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators (17),
 - Mitteln zum Abkühlen eines zweiten Teilstroms (24) der gereinigten Einsatzluft (9) in dem Hauptwärmetauscher (30), Mitteln zum Entnehmen des abgekühlten zweiten Teilstroms (24) von einer ersten Zwischenstelle des Hauptwärmetauschers (30),
 - einer ersten Entspannungsmaschine (25) zum arbeitsleistenden Entspannen des abgekühlten zweiten Teilstroms (24),
 - Mitteln zum Einleiten des arbeitsleistend entspannten zweiten Teilstroms als gasförmiger Einsatzluftstrom (19) in die Hochdrucksäule (20),

- Mittel zum Einleiten gasförmigen Kopfstickstoffs (44, 45) der Hochdrucksäule (20) in den Verflüssigungsraum des Hauptkondensators (22),
- Mitteln zum Einleiten eines gasförmigen Nebenkondensator-Stickstoffstroms (62) aus dem Destillationssäulen-System in den Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17), 5
- Mitteln zum Entnehmen eines flüssigen Sauerstoffstroms (51) aus dem Destilliersäulen-System als Flüssigsauerstoffprodukt (LOX) und 10
- Mitteln zum Entnehmen eines flüssigen Stickstoffstroms (46, 48, 49) aus dem Destilliersäulen-System als Flüssigstickstoffprodukt (LIN), 15

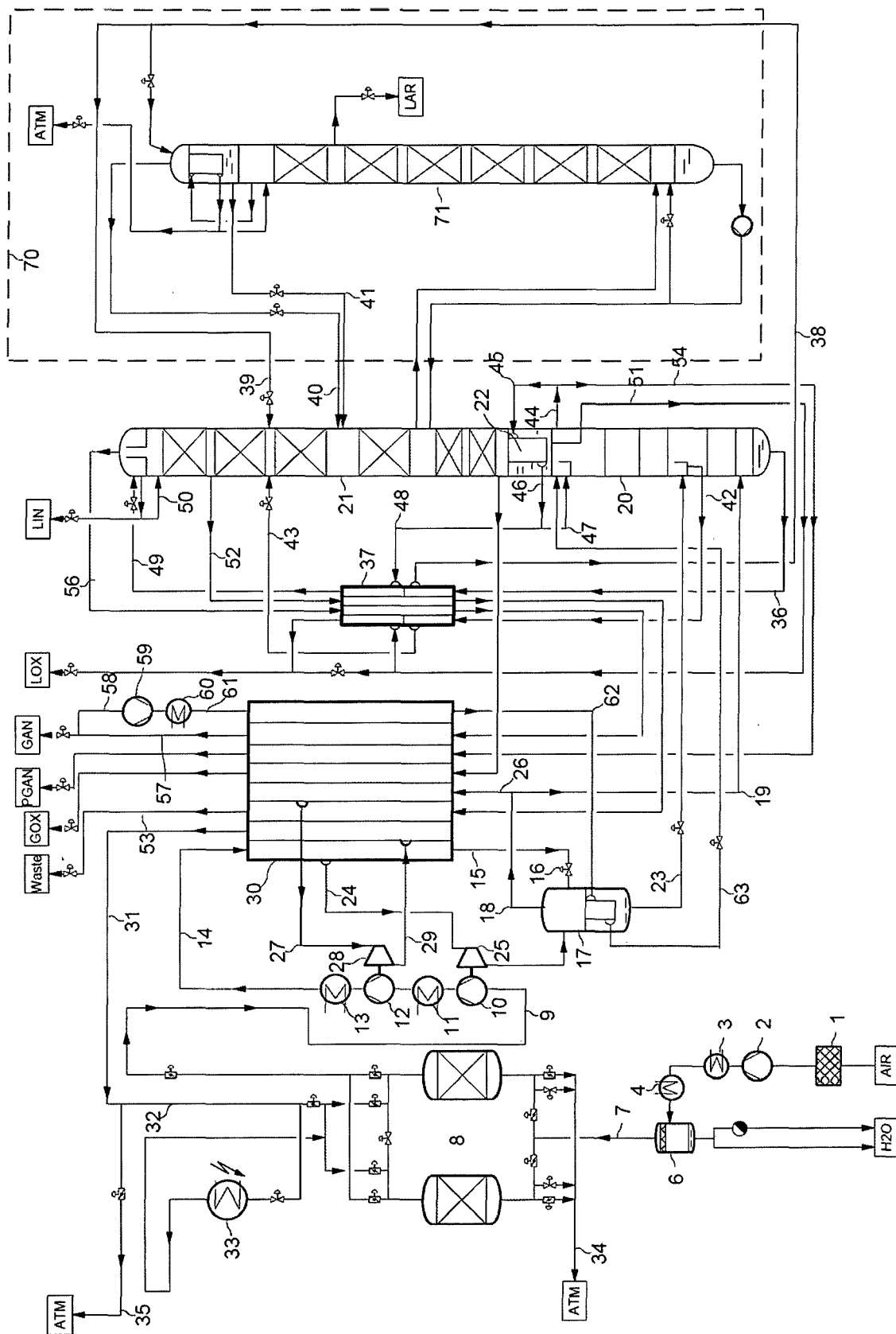
dadurch gekennzeichnet, dass

- die Mittel zum Einleiten eines gasförmigen Nebenkondensator-Stickstoffstroms (62) aus dem Destillationssäulen-System in den Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17) 20
- mit der Niederdrucksäule (21) verbunden sind (56, 57, 58)
- stromaufwärts der Einleitung in den Nebenkondensator (17) durch Anwärmpassagen im Hauptwärmetauscher (30) führen und 25
- stromabwärts der Anwärmpassagen durch einen Stickstoffverdichter (59) führen, der zur Druckerhöhung des gasförmigen Nebenkondensator-Stickstoffstroms auf einen Kondensationsdruck ausgebildet ist, der höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (20) ist, und 30
- stromabwärts des Stickstoffverdichters (59) durch Abkühlpassagen im Hauptwärmetauscher (30) führen und 35
- zum Einleiten des verdichteten und abgekühlten Nebenkondensator-Stickstoffstroms (62) unter dem Kondensationsdruck in den Verflüssigungsraum des Nebenkondensators (17) ausgebildet sind. 40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 00 1298

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 A	EP 0 684 437 A1 (BOC GROUP PLC [GB]) 29. November 1995 (1995-11-29) * Abbildung 1 *	1-3, 8-11,14 4-7,12, 13	INV. F25J3/04
Y A	----- US 5 228 297 A (OLSON JR RAYMOND R [US] ET AL) 20. Juli 1993 (1993-07-20) * Spalte 1, Zeile 24 - Zeile 45; Abbildung 1 * * Spalte 6, Zeile 15 - Zeile 22 * -----	1-3, 8-11,14 4-7,12, 13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. Dezember 2016	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 03.92 (P04C03)

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

EP 16 00 1298

5 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.

16-12-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 0684437	A1	29-11-1995	EP	0684437 A1	29-11-1995
				US	5533339 A	09-07-1996
				ZA	9504357 B	05-02-1996
15	-----					
	US 5228297	A	20-07-1993	BR	9301616 A	26-10-1993
				CA	2094530 A1	23-10-1993
				DE	69301418 D1	14-03-1996
				DE	69301418 T2	12-09-1996
20				EP	0567098 A1	27-10-1993
				ES	2083219 T3	01-04-1996
				US	5228297 A	20-07-1993
				ZA	9302807 B	16-11-1993
25	-----					
30						
35						
40						
45						
50						
55						

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

- US 5660059 A [0006]