



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.10.2024 Patentblatt 2024/43

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

(21) Anmeldenummer: **23020185.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25J 3/04412; F25J 3/04048; F25J 3/0409;
F25J 3/04212; F25J 3/0423; F25J 3/04321;
F25J 3/04454; F25J 3/0486; F25J 2200/20;
F25J 2200/54; F25J 2200/94; F25J 2205/02;
F25J 2215/52; F25J 2235/04; F25J 2235/42;

(22) Anmeldetag: **18.04.2023**

(Forts.)

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Golubev, Dimitri**
82049 Pullach (DE)
• **Xu, Zhengrong**
82049 Pullach (DE)

(71) Anmelder: **Linde GmbH**
82049 Pullach (DE)

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

(54) **VERFAHREN ZUR TIEFTEMPERATURZERLEGUNG VON LUFT UND LUFTZERLEGUNGSANLAGE**

(57) Ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) wird vorgeschlagen, wobei die Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) eine Druckkolonne (11), eine Niederdruckkolonne (12), einen ersten Kondensatorverdampfer (11a) aufweist, wobei in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) Kopfgas der Druckkolonne (11) und dem zweiten Kondensatorverdampfer (12a) Kopfgas der Niederdruckkolonne (12) kondensiert wird, wobei in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) eine erste Flüssigkeit unter Erhalt einer ersten Restflüssigkeit und eines ersten Verdampfungsgases teilverdampft wird, wobei in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) zweite Flüssigkeit, die in der Druckkolonne (11) gesammelt, aus der Druckkolonne (11) ausgeleitet und entspannt wird, wobei unter Erhalt einer zweiten Restflüssigkeit und eines zweiten Verdampfungsgases teilverdampft wird, wobei die erste Restflüssigkeit oder ein Teil hiervon in dem zweiten Kondensatorverdampfer (12a) verdampft, einer Entspannung in einer mit einem Booster (4a) gekoppelten Entspannungsturbine (4b) unterworfen und aus der Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) ausgeleitet wird, und wobei das zweite Verdampfungsgas oder ein Teil hiervon einer Verdichtung in dem Booster (4a) unterworfen und in die Druckkolonne (11) rückgespeist wird. Eine entsprechende Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) wird ebenfalls vorgeschlagen.

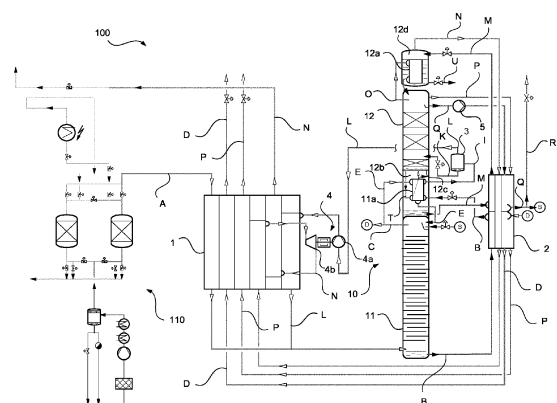


Fig. 1

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
F25J 2245/02; F25J 2245/42; F25J 2250/02;
F25J 2250/20

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und eine Luftzerlegungsanlage.

Hintergrund

[0002] Die Herstellung von Luftprodukten in flüssigem oder gasförmigem Zustand durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in Luftzerlegungsanlagen ist bekannt und beispielsweise bei H.-W. Häring (Hrsg.), Industrial Gases Processing, Wiley-VCH, 2006, insbesondere Abschnitt 2.2.5, "Cryogenic Rectification", beschrieben.

[0003] Luftzerlegungsanlagen weisen Rektifikationskolonnensysteme auf, die als Zweikolonnensysteme, insbesondere als Doppelkolonnensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrkolonnensysteme ausgebildet sein können. Neben Rektifikationskolonnen zur Gewinnung von Stickstoff und/oder Sauerstoff in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand, also Rektifikationskolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, können Rektifikationskolonnen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein.

[0004] Die Rektifikationskolonnen der genannten Rektifikationskolonnensysteme werden auf unterschiedlichen Druckniveaus betrieben. Bekannte Doppelkolonnensysteme weisen eine sogenannte Druckkolonne (auch als Hochdruckkolonne, Mitteldruckkolonne oder untere Kolonne bezeichnet) und eine sogenannte Niederdruckkolonne (obere Kolonne) auf. Die Druckkolonne wird klassischerweise auf einem Druckniveau von 4 bis 7 bar, insbesondere ca. 5,3 bar, betrieben. Die Niederdruckkolonne wird auf einem Druckniveau von typischerweise 1 bis 2 bar, insbesondere ca. 1,4 bar, betrieben. In bestimmten Fällen, und auch in Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung, können in beiden Rektifikationskolonnen, insbesondere aber der Druckkolonne, auch höhere Druckniveaus eingesetzt werden. Bei den hier und nachfolgend angegebenen Drücken handelt es sich um Absolutdrücke am Kopf der jeweils angegebenen Kolonnen.

[0005] Je nach den geforderten Produktspektren (d.h. der absolut und relativ zueinander bereitzustellenden Mengen an unterschiedlichen flüssigen und/oder gasförmigen Luftprodukten) eignen sich unterschiedliche Anlagenkonfigurationen von Luftzerlegungsanlagen unterschiedlich gut.

[0006] So ist aus der EP 3 521 739 A1 beispielsweise ein Verfahren zur Gewinnung von Stickstoff bekannt, bei dem ein Doppelkolonnensystem eingesetzt wird, das eine Druckkolonne und eine Niederdruckkolonne aufweist, wobei die Niederdruckkolonne mit einem Kopfkondensator betrieben wird, also einem Kondensatorverdampfer, in dem Kopfgas der Niederdruckkolonne kondensiert wird. Entsprechende Verfahren werden auch als "Double Column, Double Condenser"- bzw. DCDC-Verfahren be-

zeichnet. Ein DCDC-Verfahren ist insbesondere für eine Versorgung von Verbrauchern mit gasförmigem Stickstoff (GAN) mit sehr geringen Restgehalten an Fremdkomponenten wie Sauerstoff geeignet.

[0007] Die US 2021/0372698 A1 offenbart ein entsprechendes Verfahren, bei dem unter Verwendung des Kopfkondensators der Niederdruckkolonne unter Erhalt eines Kondensats Kopfgas der Niederdruckkolonne kondensiert wird, wobei Anteile des Kondensats auf die Niederdruckkolonne und die Druckkolonne rückgeführt werden. Auf die Druckkolonne wird ferner Kondensat zurückgeführt, das unter Verwendung eines die Druckkolonne und die Niederdruckkolonne wärmetauschend verbindenden Kondensatorverdampfers, des sogenannten Hauptkondensators, und unter Verwendung von Kopfgas der Druckkolonne gebildet wird. Zudem wird auf die Druckkolonne Kondensat zurückgeführt, das unter Verwendung eines weiteren Kondensatorverdampfers und unter Verwendung von weiterem Kopfgas der Druckkolonne gebildet wird. Dieser weitere Kondensatorverdampfer wird unter Verwendung von unterkühlter Sumpfflüssigkeit der Druckkolonne betrieben, die in einem Verdampfungsraum des weiteren Kondensatorverdampfers verdampft wird. Das dabei gebildete Gas wird zur Bildung eines Kreislaufstroms verwendet, der einer Kaltverdichtung unterworfen, im Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage abgekühlt, und danach in die Druckkolonne rückgespeist wird. In dem Verfahren wird ferner eine Restgasentspannung vorgenommen.

[0008] Während das in der US 2021/0372698 A1 beschriebene Verfahren gewisse Vorteile aufweisen kann, ist der verwendete Aufbau relativ aufwendig und umfasst drei Kondensatorverdampfer und zwei drehende Einheiten (in Form der Turbine zur Restgasentspannung und des Kaltverdichters). Es besteht der Bedarf nach Verbesserungen.

Offenbarung der Erfindung

[0009] Vor diesem Hintergrund werden ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und eine Luftzerlegungsanlage mit den jeweiligen Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgeschlagen. Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0010] Nachfolgend wird vor einer eingehenderen Befassung mit Merkmalen und Vorteilen von Ausgestaltungen der Erfindung verwendete Begriffe erläutert und der entsprechende technische Hintergrund diskutiert.

[0011] Eine "Entspannungsturbine" bzw. "Entspannungsmaschine", die über eine gemeinsame Welle mit weiteren Entspannungsturbinen oder Energiewandlern wie Ölbremse, Generatoren oder Verdichtern gekoppelt sein kann, ist zur Entspannung eines gasförmigen oder zumindest teilweise flüssigen Stroms eingerichtet. Insbesondere können Entspannungsturbinen zum Einsatz in der vorliegenden Erfindung als Turboexpander ausgebildet sein. Wird ein Verdichter mit einer oder mehre-

ren Entspannungsturbinen angetrieben, jedoch ohne extern, beispielsweise mittels eines Elektromotors, zugeführte Energie, wird der Begriff "turbinengetriebener Verdichter" oder alternativ "Turbinenbooster" verwendet.

[0012] Ein "Verdichter" ist eine Vorrichtung, die zum Verdichten wenigstens eines gasförmigen Stroms von wenigstens einem Eingangsdruck, bei dem dieser dem Verdichter zugeführt wird, auf wenigstens einen Enddruck, bei dem dieser dem Verdichter entnommen wird, eingerichtet ist. Ein Verdichter bildet eine bauliche Einheit, die jedoch mehrere "Verdichterstufen" in Form von Kolben-, Schrauben- und/oder Schaufelrad- bzw. Turbinenanordnungen (also Axial- oder Radialverdichterstufen) aufweisen kann. Dies gilt auch insbesondere für den "Haupt(luft)verdichter" einer Luftzerlegungsanlage, der sich dadurch auszeichnet, dass durch diesen die gesamte oder der überwiegende Anteil der in die Luftzerlegungsanlage eingespeisten Luftmenge, also der gesamte Einsatzluftstrom, verdichtet wird. In Luftzerlegungsanlagen kann ein "Nachverdichter",

[0013] in dem ein Teil der im Hauptluftverdichter verdichteten Luftmenge auf einen nochmals höheren Druck gebracht wird, vorgesehen und ebenfalls mehrstufig ausgebildet sein. Insbesondere werden entsprechende Verdichterstufen mittels eines gemeinsamen Antriebs, beispielsweise über eine gemeinsame Welle, angetrieben.

[0014] Ein "Wärmetauscher" dient zur indirekten Übertragung von Wärme zwischen zumindest zwei z.B. im Gegenstrom zueinander geführten Strömen, beispielsweise einem warmen Druckluftstrom und einem oder mehreren kalten Strömen oder einem tiefkalten flüssigen Luftprodukt und einem oder mehreren warmen Strömen. Ein Wärmetauscher kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, z.B. aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscherblöcken. Ein Wärmetauscher, beispielsweise auch der in einer Luftzerlegungsanlage eingesetzte "Hauptwärmetauscher", weist "Passagen" auf, die als voneinander getrennte Fluidkanäle mit Wärmeaustauschflächen ausgebildet sind. Der Begriff "Nebenwärmetauscher" bezeichnet hier einen parallel zu dem Hauptwärmetauscher bereitgestellten Wärmetauscher, durch den ein Teil der Einsatzluft parallel zu dem Hauptwärmetauscher geführt wird.

[0015] Als "Kondensatorverdampfer" wird ein Wärmetauscher bezeichnet, in dem ein kondensierender Stoffstrom in indirekten Wärmeaustausch mit einem verdampfenden Stoffstrom tritt. Jeder Kondensatorverdampfer weist einen Verflüssigungsraum und einen Verdampfungsraum auf. Verflüssigungs- und Verdampfungsraum weisen Verflüssigungs- bzw. Verdampfungs-passagen auf. In dem Verflüssigungsraum wird die Kondensation (Verflüssigung) des kondensierenden Stoffstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung des verdampfenden Stoffstroms. Der Verdampfungs- und der Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen.

[0016] In einem "Forced-Flow"-Kondensatorverdampfer bzw. Kondensatorverdampfer mit Zwangsführung, der auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung zum Einsatz kommen kann, wird ein Flüssigkeitsstrom mittels seines eigenen Drucks bzw. des jeweiligen Leitungsdrucks durch den Verdampfungsraum gedrückt und dort partiell oder vollständig verdampft. Der erforderliche Druck kann beispielsweise durch eine Flüssigkeitssäule in der Zuleitung zum Verdampfungsraum erzeugt werden, die sich aus einer entsprechenden Positionierung eines Flüssigkeitsreservoirs ergibt, aber auch aus einem Druck einer Rektifikationskolonne, aus der ein entsprechender Stoffstrom entnommen wird. Die Höhe der genannten Flüssigkeitssäule bzw. ein Leitungsdruck entspricht dabei mindestens dem Druckverlust im Verdampfungsraum. Das aus dem Verdampfungsraum austretende Gas oder Gas-Flüssigkeitsgemisch, d.h. im letzteren Fall ein Zweiphasenstrom, kann dabei insbesondere direkt zum nächsten Verfahrensschritt bzw. zu einer stromabwärtigen Vorrichtung oder Verdampfung und dergleichen weitergeleitet werden. Dieses bzw. dieser wird insbesondere nicht in ein Flüssigkeitsbad des Kondensatorverdampfers eingeleitet, aus dem der flüssig verbliebene Anteil erneut angesaugt würde, wie dies beispielsweise bei in einem herkömmlichen, auf Grundlage des Thermosiphoneffekts betriebenen Badverdampfer der Fall ist. In einem derartigen Fall wird insbesondere auch von einem als "Once Through"-Kondensatorverdampfer ausgebildeten Kondensatorverdampfer gesprochen. Die Begriffe werden aber auch synonym verwendet.

[0017] Die vorliegende Anmeldung verwendet zur Charakterisierung von Drücken und Temperaturen die Begriffe "Druckniveau" und "Temperaturniveau", wodurch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass entsprechende Drücke und Temperaturen in einer entsprechenden Anlage nicht in Form exakter Druck- bzw. Temperaturwerte verwendet werden müssen, um das erfinderische Konzept zu verwirklichen. Jedoch bewegen sich derartige Drücke und Temperaturen typischerweise in bestimmten Bereichen, die beispielsweise $\pm 1\%$, 5% , 10% , 20% oder sogar 50% um einen Mittelwert liegen. Entsprechende Druckniveaus und Temperaturniveaus können dabei in disjunkten Bereichen liegen oder in Bereichen, die einander überlappen. Insbesondere schließen beispielsweise Druckniveaus unvermeidliche oder zu erwartende Druckverluste, beispielsweise aufgrund von Abkühlungseffekten, ein. Entsprechendes gilt für Temperaturniveaus.

[0018] Das vorgeschlagene Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft erfolgt unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage, wobei die Luftzerlegungsanlage eine Druckkolonne, eine Niederdruckkolonne, einen ersten Kondensatorverdampfer und einen zweiten Kondensatorverdampfer aufweist, in dem ersten Kondensatorverdampfer Kopfgas der Druckkolonne und in dem zweiten Kondensatorverdampfer Kopfgas der Niederdruckkolonne kondensiert wird, in dem ersten Kondensatorverdampfer eine erste Flüssigkeit, die insbesondere aus

der Niederdruckkolonne stammt und dort insbesondere mittels eines Flüssigkeitssammlers gesammelt werden kann, unter Erhalt einer ersten Restflüssigkeit und eines ersten Verdampfungsgases teilverdampft wird, in dem ersten Kondensatorverdampfer eine zweite Flüssigkeit, die in der Druckkolonne gesammelt, aus der Druckkolonne ausgeleitet und entspannt wird, unter Erhalt einer zweiten Restflüssigkeit und eines zweiten Verdampfungsgases teilverdampft wird, die erste Restflüssigkeit oder ein Teil hiervon in dem zweiten Kondensatorverdampfer verdampft, einer Entspannung in einer mit einem Booster gekoppelten Entspannungsturbine unterworfen und aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet wird, und das zweite Verdampfungsgas oder ein Teil hiervon einer Verdichtung in dem Booster unterworfen und in die Druckkolonne rückgespeist wird.

[0019] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden im Gegensatz zu dem eingangs unter Bezugnahme auf die US 2021/0372698 A1 beschriebenen Verfahren vorteilhafterweise nur zwei (nicht drei) Kondensatorverdampfer eingesetzt. Der Hauptkondensator, der die Druckkolonne und die Niederdruckkolonne wärmetauschend verbindet, ist dabei als Kondensatorverdampfer mit Zwangsführung ausgebildet. Er weist vorteilhafterweise zwei unabhängigen Verdampfungsstrukturen, also Verdampfungspassagen bzw. entsprechende Passagengruppen auf, so dass zwei Stoffströme unabhängig voneinander verdampft werden können. Vorteilhafterweise ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung und entsprechender Ausgestaltungen nur eine drehende Maschine erforderlich. Ein für einen Kreislaufstrom verwendeter Booster ist vorteilhafterweise mit einem Restgasexpander und ggf. mit einer Ölbremse kombiniert. Auf diese Weise ergeben sich ein besonders effektives und kostengünstiges Verfahren und eine entsprechend vorteilhafte Bauweise.

[0020] Das vorgeschlagene Verfahren weist auch Vorteile gegenüber einem sogenannten SPECTRA-Verfahren auf, wie es beispielsweise in der In der WO 2021/180362 A1 beschrieben ist. Auf die Erläuterungen auf Seite 2 dieser Druckschrift und die dortige Beschreibung zu Figur 1 wird vorliegend ausdrücklich Bezug genommen. Auch gegenüber modifizierten Varianten hiervon ist das vorgeschlagene Verfahren vorteilhaft. So ergeben sich beispielsweise bei der Herstellung von Stickstoff mit weniger als 1 ppm (Millionstel Teilen) Argon und weniger als 1 ppb (Milliardstel Teilen) Sauerstoff auf einem Absolutdruckniveau von ca. 11 bar Energieeinsparungen von bis zu 4%. Ein entsprechendes Verfahren kann beispielsweise für eine Produktion von entsprechendem Stickstoff in einer Menge von 25.000 bis 50.000, insbesondere 36.600 Normkubikmetern pro Stunde verwendet werden. Dies gilt insbesondere dann, wenn kein Flüssigstickstoffprodukt bereitgestellt wird.

[0021] In Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung kann die zweite Flüssigkeit in dem ersten Kondensatorverdampfer auf einem Teilverdampfungsdruckniveau teilverdampft werden, das um mindestens 500 mbar, ins-

besondere um mehr als 1 bar und bis zu 2.0 bar höher liegen kann als ein Druckniveau am Kopf der Niederdruckkolonne. Hierbei können die zweite Restflüssigkeit und das zweite Verdampfungsgas auch insbesondere als Zweiphasenstrom einer Phasentrennung in die zweite Restflüssigkeit und das zweite Verdampfungsgas auf dem Teilverdampfungsdruckniveau unterworfen werden, insbesondere in einem geeigneten Phasentrenner. Das zweite Verdampfungsgas oder dessen Teil, der der Verdichtung in dem Booster unterworfen und in die Druckkolonne rückgespeist wird, kann dem Booster dabei insbesondere auf dem Teilverdampfungsdruckniveau zugeführt werden.

[0022] Das zweite Verdampfungsgas oder der Teil hiervon, der der Verdichtung in dem Booster unterworfen und in die Druckkolonne rückgespeist wird, wird in Ausgestaltungen der Erfindung insbesondere zusammen mit verdichteter und abgekühlter Einsatzluft in die Druckkolonne eingespeist werden. Hierin besteht ein deutlicher Unterschied zu den bekannten SPECTRA-Verfahren.

[0023] In solchen Ausgestaltung ist also insbesondere vorgesehen, dass der Druck im Verdampfungsraum des Hauptkondensators und einem sich anschließenden Phasentrenner bereits spürbar höher ist als der Druck in der Niederdruckkolonne. Der damit auch entsprechend hohe Ansaugdruck für den Booster führt dazu, dass mit der zum Antrieb zur Verfügung stehenden Leistung eine höhere Kreislaufmenge realisiert werden kann. Die höhere Kreislaufmenge führt dabei zur Effizienzsteigerung (d.h. Erhöhung der Produktausbeute).

[0024] In Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung kann der erste Kondensatorverdampfer erste Verdampfungspassagen zur Verdampfung der ersten Flüssigkeit und zweite Verdampfungspassagen zur Verdampfung der zweiten Flüssigkeit aufweisen. Diese können insbesondere als parallel geschaltete, plattenförmige Passagen eines Plattenwärmetauschers ausgebildet sein.

[0025] Die Druckkolonne kann in Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung insbesondere auf einem Druckniveau von 10 bis 13 bar am Kopf der Druckkolonne, beispielsweise ca. 11,4 bar an dieser Stelle, betrieben werden. Auf diese Weise kann auf eine anschließende Verdichtung verzichtet werden. Für einen Produktdruck von ca. 11,1 bar wird beispielsweise (aufgrund von Druckverlusten in Wärmetauschern, Leitungen, Ventilen und Messblenden) ein Kopfdruck von ca. 11,4 bara benötigt

[0026] In einer Ausgestaltung kann die zweite Flüssigkeit der Druckkolonne in einem Bereich entnommen werden, der 1 bis 5 theoretische Böden oberhalb von deren Sumpf liegt. Die unterhalb der Entnahmestelle liegenden Böden dienen insbesondere dazu, Kohlenwasserstoffe und andere "Schwersieder" abzutrennen, die sich auf diese Weise nur im Sumpf sammeln, wohingegen die zweite Flüssigkeit insbesondere im Wesentlichen frei von Kohlenwasserstoffen ist. In einer derartiger Ausgestaltung wird vorteilhafterweise dem Sumpf der Druckkolonne kontinuierlich oder periodisch Flüssigkeit in

Form eines sogenannten Purge- bzw. Spülstroms entnommen und insbesondere aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet, um auf diese Weise eine Anreicherung von Kohlenwasserstoffen und damit die Bildung unerwünschter Gemische zu vermeiden. Schon mit zwei theoretischen Böden werden bei einem Propangehalt der Einsatzluft stromab der vorgeschalteten Luftreinigung (mit einer beispielsweise angenommenen Propanrückhaltung im Molekularsieb der Prepurification Unit, PPU, von ca. 85%) 99,8% des Propanes über den Spülstrom entfernt. Auch Lachgas kann zu ca. 84%, wieder relativ zu der Menge, die die Luftreinigung passiert, abgeschieden werden. Die Abscheidungsraten anderer Komponenten liegen beispielsweise bei ca. 69% im Fall von Ethan, ca. 15% bei Ethylen und 2,5% bei Methan, das eine weniger kritische Komponente darstellt. Der Begriff "Schwersieder" bezeichnet Komponenten, die eine höhere Verdampfungstemperatur als Sauerstoff aufweisen.

[0027] In anderen Ausgestaltungen kann die zweite Flüssigkeit aus der Druckkolonne aber auch aus dem Sumpf der Druckkolonne entnommen werden. Ein Purgestrom kann in dieser Ausgestaltung an anderer Stelle, mit im Wesentlichen vergleichbarem oder ähnlichem Effekt wie zuvor, ausgeleitet werden. Die Kohlenwasserstoffe gehen in einer derartigen Ausgestaltung insbesondere in die Sumpfflüssigkeit der Niederdruckkolonne über. Aus dem Sumpf der Niederdruckkolonne kann dann entsprechend ein Spülstrom abgezogen und die restliche Flüssigkeit in den zweiten Kondensatorverdampfer eingespeist werden. Dieser kann insbesondere als Block-in-Kettle-Kondensatorverdampfer ausgebildet sein, d.h. einen Verdampfungsraum aufweisen, in den die zweite Flüssigkeit eingespeist wird. Aus diesem Verdampfungsraum kann der Purgestrom ausgeleitet werden.

[0028] Lediglich der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass weiteres Kopfgas der Druckkolonne als Druckstickstoffprodukt bereitgestellt wird.

[0029] In dem Verfahren kann insbesondere in einem Kopfbereich der Niederdruckkolonne Flüssigkeit gesammelt, mittels einer Pumpe druckerhöht und in Druckkolonne eingespeist werden, insbesondere als Rücklauf.

[0030] Die erste und/oder die zweite Flüssigkeit können vor ihrer Verdampfung insbesondere in einem Unterkühlungsgegenströmer unterkühlt werden. Die erste Restflüssigkeit oder der Teil hiervon, die oder der in dem zweiten Kondensatorverdampfer verdampft, der Entspannung in der Entspannungsturbine unterworfen und aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet wird, kann insbesondere vor und nach der Entspannung erwärmt werden, um auf diese Weise Kühlleistung bereitstellen zu können. Das zweite Verdampfungsgas oder der Teil hiervon, das oder der der Verdichtung in dem Booster unterworfen und in die Druckkolonne rückgespeist wird, kann dem Booster auf einem Temperaturniveau von -175 bis -160 °C zugeführt und nach der Verdichtung und vor der Rückspeisung in die Druckkolonne abgekühlt werden.

[0031] Ein entsprechendes Verfahren kann in Ausgestaltungen insbesondere die Verwendung einer Luftzerlegungsanlage mit einer Reinsauerstoffkolonne umfassen, wobei die Reinsauerstoffkolonne unter Verwendung von Flüssigkeit, die über eine Zwischenentnahme aus der Niederdruckkolonne entnommen wird, gespeist wird, und wobei die Reinsauerstoffkolonne unter Verwendung eines Sumpfaufkochers betrieben wird, in dem weiteres Kopfgas der Druckkolonne kondensiert wird. Aus einem Sumpf der Reinsauerstoffkolonne kann in dieser Ausgestaltung insbesondere Reinsauerstoff mit einem Gehalt von 10 ppb Argon oder weniger entnommen werden.

[0032] Die vorgeschlagene Luftzerlegungsanlage weist eine Druckkolonne, eine Niederdruckkolonne, einen ersten Kondensatorverdampfer und einen zweiten Kondensatorverdampfer auf. Sie ist dafür eingerichtet ist, in dem ersten Kondensatorverdampfer Kopfgas der Druckkolonne und in dem zweiten Kondensatorverdampfer Kopfgas der Niederdruckkolonne zumindest teilweise zu kondensieren. Die Luftzerlegungsanlage ist dafür eingerichtet, eine erste Flüssigkeit in dem ersten Kondensatorverdampfer unter Erhalt einer ersten Restflüssigkeit und eines ersten Verdampfungsgases teilzuverdampfen und die erste Flüssigkeit zuvor insbesondere in der Niederdruckkolonne zu sammeln. Sie ist ferner dafür eingerichtet ist, in der Druckkolonne eine zweite Flüssigkeit zu sammeln und die zweite Flüssigkeit aus der Druckkolonne auszuleiten und zu entspannen und in dem ersten Kondensatorverdampfer unter Erhalt einer zweiten Restflüssigkeit und eines zweiten Verdampfungsgases teilzuverdampfen. Außerdem ist die Luftzerlegungsanlage dafür eingerichtet, die erste Restflüssigkeit oder einen Teil hiervon in dem zweiten Kondensatorverdampfer zu verdampfen, einer Entspannung in einer mit einem Booster gekoppelten Entspannungsturbine zu unterwerfen und aus der Luftzerlegungsanlage auszuleiten, und das zweite Verdampfungsgas oder einen Teil hiervon einer Verdichtung in dem Booster zu unterwerfen und in die Druckkolonne rückzuspeisen.

[0033] Zu weiteren Merkmalen und Vorteilen der vorgeschlagenen Luftzerlegungsanlage und Ausgestaltungen hiervon sei auf die obigen Erläuterungen betreffend des vorgeschlagenen Verfahrens und seiner Ausgestaltungen ausdrücklich verwiesen, da diese hierfür in gleicher Weise gelten.

[0034] Entsprechendes gilt auch für entsprechende Luftzerlegungsanlagen, die gemäß Ausgestaltungen der Erfindung dazu eingerichtet sind, Verfahren gemäß beliebiger Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung durchzuführen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0035]

Figur 1 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

Figur 2 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

Figur 3 veranschaulicht eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

Ausführungsformen der Erfindung

[0036] Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen werden lediglich zu dem Zweck beschrieben, den Leser beim Verständnis der beanspruchten und zuvor erläuterten Merkmale zu unterstützen. Sie stellen lediglich repräsentative Beispiele dar und sollen hinsichtlich der Merkmale der Erfindung nicht abschließend und/oder beschränkend betrachtet werden. Es versteht sich, dass die zuvor und nachfolgend beschriebenen Vorteile, Ausführungsformen, Beispiele, Funktionen, Merkmale, Strukturen und/oder anderen Aspekte nicht als Beschränkungen des Umfangs der Erfindung, wie er in den Ansprüchen definiert ist, oder als Beschränkungen von Äquivalenten zu den Ansprüchen zu betrachten sind, und dass andere Ausführungsformen verwendet und Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der beanspruchten Erfindung abzuweichen.

[0037] Unterschiedliche Ausführungsformen der Erfindung können weitere zweckmäßige Kombinationen der beschriebenen Elemente, Komponenten, Merkmale, Teile, Schritte, Mittel usw. umfassen, aufweisen, aus ihnen bestehen oder im Wesentlichen aus ihnen bestehen, auch wenn solche Kombinationen hier nicht spezifisch beschrieben sind. Darüber hinaus kann die Offenbarung andere Erfindungen umfassen, die gegenwärtig nicht beansprucht sind, die aber in Zukunft beansprucht werden können, insbesondere wenn sie vom Umfang der unabhängigen Ansprüche umfasst sind.

[0038] Erläuterungen, die sich auf Vorrichtungen, Apparate, Anordnungen, Systeme usw. gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen, können auch für Verfahren, Prozesse, Methoden usw. gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gelten und umgekehrt. Gleiche, gleich wirkende, in ihrer Funktion einander entsprechende, baulich identisch oder vergleichbar aufgebaute Elemente, Verfahrensschritte usw. können mit identischen Bezugszeichen angegeben sein.

[0039] In Figur 1 ist eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer vorgeschlagenen Ausgestaltung veranschaulicht und insgesamt mit 100 bezeichnet.

[0040] Die Luftzerlegungsanlage 100 umfasst einen warmen Teil 110, in dem in anderenorts vielfach erläuteter Weise Einsatzluft mittels eines Hauptluftverdichters verdichtet, gekühlt, unter Verwendung einer Prepurification Unit gereinigt und getrocknet, und als Einsatzluftstrom A bereitgestellt wird. Der Einsatzluftstrom A wird in einem Hauptwärmetauscher 1 abgekühlt und zusammen mit einem unten erläuterten Kreislaufstrom L in

eine Druckkolonne 11 eines Rektifikationskolonnensystems 10 eingespeist, das außerdem eine Niederdruckkolonne 12 umfasst, die über einen Hauptkondensator 11a wärmetauschend mit der Druckkolonne 11 verbunden ist.

[0041] In der Druckkolonne 11 werden ein Kopfgas und eine Sumpfflüssigkeit gebildet. Die Sumpfflüssigkeit wird in Form eines Stoffstroms B aus der Druckkolonne 11 ausgeführt. Das Kopfgas wird aus der Druckkolonne 11 in Form eines Stoffstroms C entnommen. Ein Teilstrom D wird in einem Unterkühlungsgegenströmer 2 und anschließend im Hauptwärmetauscher 1 erwärmt und als gasförmiges Druckstickstoffprodukt aus der Luftzerlegungsanlage 100 ausgeführt, beispielsweise in einer Menge von 36.600 Normkubikmetern pro Stunde und auf einem Druckniveau von 10 bis 13 bar, insbesondere auf einem Druckniveau von 11,1 bar, das insbesondere auch einem Betriebsdruckniveau der Druckkolonne 11 entsprechen kann. Weiteres Kopfgas wird in Form eines Teilstroms E in dem Hauptkondensator 11a verflüssigt und als Kondensat auf die Druckkolonne 11 zurückgeführt.

[0042] Die bereits erwähnte Entnahme von Flüssigkeit aus der Druckkolonne 11 erfolgt in Form des Stoffstroms B. Dieser wird durch den Unterkühlungsgegenströmer 2 geführt und danach in dem Hauptkondensator 11a unter Erhalt eines Zweiphasenstroms I teilverdampft. Dieser Zweiphasenstrom I wird in einen Phasentrenner 3 eingespeist. Aus dem Phasentrenner 3 entnommene Flüssigkeit wird in Form eines Stoffstroms K in die Niederdruckkolonne 12 eingespeist, und zwar in einen Bereich, der mehrere theoretische Böden oberhalb des Sumpfs der Niederdruckkolonne 12 liegt. Aus dem Phasentrenner 3 entnommenes Gas wird in Form des erwähnten Stoffstroms L als Kreislaufstrom in einem (Kalt-)Booster 4a einer Boosterturbine 4 verdichtet, im Hauptwärmetauscher 1 abgekühlt und zusammen mit dem Einsatzluftstrom A in die Druckkolonne 11 eingespeist. Ein Aspekt der hier veranschaulichten Ausgestaltung ist insbesondere, wie erwähnt, dass der Druck in dem Phasentrenner 3 (bzw. bereits im Verdampfungsraum des Hauptkondensators 11a) spürbar höher ist als der Druck in der Niederdruckkolonne 12. Der damit auch entsprechend hohe Ansaugdruck für den Booster 4a führt dazu, dass mit der zum Antrieb zur Verfügung stehenden Leistung eine höhere Kreislaufmenge realisiert werden kann. Die höhere Kreislaufmenge führt dabei zur Effizienzsteigerung (d.h. Erhöhung der Produktausbeute).

[0043] Sumpfflüssigkeit wird in Form eines Stoffstroms M aus der Niederdruckkolonne 12 entnommen, durch den Unterkühlungsgegenströmer 2 geführt und in einem Kondensatorverdampfer 12a unter Erhalt eines Stoffstroms N verdampft. Der Stoffstrom N wird in dem Unterkühlungsgegenströmer 2 und danach im Hauptwärmetauscher 1 erwärmt, in einer Entspannungsturbine 4b der Boosterturbine 4 entspannt, im Hauptwärmetauscher 1 erneut erwärmt und als Restgas aus der Luftzerlegungsanlage 100 ausgeführt bzw. in bekannter Weise

im warmen Teil 110 der Luftzerlegungsanlage 100 verwendet. Ein Purgestrom U wird flüssig aus einem Verdampfungsraum 12d, in dem hier der Kondensatorverdampfer 12a angeordnet ist, ausgeführt. Kopfgas der Niederdruckkolonne 12 wird in dem Kondensatorverdampfer 12a in Form eines Stoffstroms O kondensiert und als Rücklauf auf die Niederdruckkolonne 12 zurückgeführt. Weiteres Kopfgas der Niederdruckkolonne 12 wird in Form eines Stoffstroms P in dem Unterkühlungsgegenströmer 2 und danach im Hauptwärmetauscher 1 erwärmt und beispielsweise als Sealgas verwendet.

[0044] Aus einem Flüssigkeitssammler am Kopf der Niederdruckkolonne 12 wird stickstoffreiche Flüssigkeit in Form eines Stoffstroms Q entnommen und mittels einer Pumpe 5 dem Unterkühlungsgegenströmer 2 zugeführt. Ein Teilstrom R wird als Flüssigstickstoffprodukt aus der Luftzerlegungsanlage 100 ausgeführt, ein Teilstrom S in die Druckkolonne 11 zurückgespeist.

[0045] Der Hauptkondensator 11a ist als Forced-Flow- bzw. Once-Through-Kondensatorverdampfer ausgebildet und in einem Raum 12b angeordnet, der mittels eines Flüssigkeitssammlers 12c von einem übrigen Innenraum der Niederdruckkolonne 12 abgetrennt ist. Mit dem Flüssigkeitssammler 12c gesammelte, von oben herabfließende Flüssigkeit wird mittels des Drucks einer Flüssigkeitssäule in Form eines Stoffstroms T durch den Hauptkondensator 11a geführt und dabei teilverdampft, wobei ein verdampfter Anteil in den oberhalb des Flüssigkeitssammlers 12c gelegenen Teil der Niederdruckkolonne 12 aufsteigt und ein unverdampfter Anteil in den Sumpf abfließt und auf diese Weise zur Bildung des Stoffstroms M verwendet wird.

[0046] In Figur 2 ist eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer weiteren Ausgestaltung veranschaulicht und insgesamt mit 200 bezeichnet.

[0047] Im Unterschied zu der in Figur 1 veranschaulichten Anlage 100 wird in der in Figur 2 veranschaulichten Anlage 200 der Stoffstrom B als Purge- bzw. Spülstrom aus der Druckkolonne 11 entnommen und aus der Anlage 200 insgesamt ausgeführt, um über die hier in geringerer Menge anfallende Sumpfflüssigkeit Schwesieder auszuschleusen. Wenige Böden oberhalb des Sumpfs wird Flüssigkeit in Form eines Stoffstroms F ausgeleitet und teilweise unmittelbar danach in Form eines Stoffstroms G entspannt und in die Druckkolonne 11 zurückgespeist. Der verbleibende Rest wird, vergleichbar wie der Stoffstrom B in der in Figur 1 veranschaulichten Ausgestaltung der Anlage 100, in Form eines Stoffstroms H durch den Unterkühlungsgegenströmer 2 geführt und in dem Hauptkondensator 11a unter Erhalt eines auch hier mit I bezeichneten Stoffstroms, der wie oben weiter verarbeitet wird, teilverdampft.

[0048] In Figur 3 ist eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer weiteren Ausgestaltung veranschaulicht und insgesamt mit 300 bezeichnet.

[0049] Im Unterschied zu der in Figur 2 veranschaulichten Anlage 200 ist in der in Figur 3 veranschaulichten Anlage 300 eine Reinsauerstoffkolonne 13 vorgesehen,

die mit einem ggf. zu unterkühlenden Stoffstrom V gespeist wird, der der Niederdruckkolonne 12 über eine Seitenentnahme entnommen wird. Ein Sumpfaufkocher 13a der Reinsauerstoffkolonne 13 wird mit Kopfgas der Druckkolonne 11 in Form eines Stoffstroms W beheizt, der dabei kondensiert und in die Druckkolonne 11 zurückgeführt wird. Aus dem Sumpf der Reinsauerstoffkolonne 13 wird ein Reinsauerstoffstrom X ausgeführt, vom Kopf wird ein Restgas Y abgezogen und mit dem Stoffstrom N vereinigt. Der Reinsauerstoff des Stoffstroms X kann als Flüssigprodukt gespeichert oder unter Verwendung einer Druckaufbauverdampfung oder einer Pumpe druckerhöht und in dem Wärmetauscher 1 verdampft werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300), wobei

- die Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) eine Druckkolonne (11), eine Niederdruckkolonne (12), einen ersten Kondensatorverdampfer (11a) und einen zweiten Kondensatorverdampfer (12b) aufweist,
- in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) Kopfgas der Druckkolonne (11) und in dem zweiten Kondensatorverdampfer (12a) Kopfgas der Niederdruckkolonne (12) kondensiert wird,
- in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) eine erste Flüssigkeit, unter Erhalt einer ersten Restflüssigkeit und eines ersten Verdampfungsgases teilverdampft wird,
- in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) eine zweite Flüssigkeit, die in der Druckkolonne (11) gesammelt, aus der Druckkolonne (11) ausgeleitet und entspannt wird, unter Erhalt einer zweiten Restflüssigkeit und eines zweiten Verdampfungsgases teilverdampft wird,
- die erste Restflüssigkeit oder ein Teil hiervon in dem zweiten Kondensatorverdampfer (12a) verdampft, einer Entspannung in einer mit einem Booster (4a) gekoppelten Entspannungsturbine (4b) unterworfen und aus der Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) ausgeleitet wird, und
- das zweite Verdampfungsgas oder ein Teil hiervon einer Verdichtung in dem Booster (4a) unterworfen und in die Druckkolonne (11) rückgespeist wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die zweite Flüssigkeit in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) auf einem Teilverdampfungsdruckniveau teilverdampft wird, das um mindestens 500 mbar höher liegt als ein Druckniveau am Kopf der Niederdruck-

- kolonne (12), und bei dem das zweite Verdampfungsgas oder dessen Teil, der der Verdichtung in dem Booster (4a) unterworfen und in die Druckkolonne (11) rückgespeist wird, dem Booster auf dem Teilverdampfungsdruckniveau zugeführt wird. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das zweite Verdampfungsgas oder der Teil hiervon, der der Verdichtung in dem Booster (4a) unterworfen und in die Druckkolonne (11) rückgespeist wird, zusammen mit verdichteter und abgekühlter Einsatzluft in die Druckkolonne (11) eingespeist wird. 10
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Kondensatorverdampfer (11a) erste Verdampfungspassagen zur Verdampfung der ersten Flüssigkeit und zweite Verdampfungspassagen zur Verdampfung der zweiten Flüssigkeit aufweist. 15
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Druckkolonne (11) auf einem Druckniveau am Kopf der Druckkolonne (11) von 10 bis 13 bar betrieben wird. 20
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die zweite Flüssigkeit der Druckkolonne (11) in einem Bereich entnommen wird, der 1 bis 5 theoretische Böden oberhalb von deren Sumpf liegt. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem aus dem Sumpf der Druckkolonne (11) ein Kohlenwasserstoffe enthaltender Purgestrom entnommen und aus der Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) ausgeleitet wird. 30
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die zweite Flüssigkeit der Druckkolonne (11) aus deren Sumpf entnommen wird. 35
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem weiteres Kopfgas der Druckkolonne (11) als Druckstickstoffprodukt bereitgestellt wird. 40
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem in einem Kopfbereich der Niederdruckkolonne (12) Flüssigkeit gesammelt, mittels einer Pumpe (5) druckerhöht in Druckkolonne (11) eingespeist wird. 45
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die erste und/oder die zweite Flüssigkeit vor ihrer Verdampfung unterkühlt werden. 50
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die erste Restflüssigkeit oder der Teil hiervon, die oder der in dem zweiten Kondensatorverdampfer (12a) verdampft, der Entspannung in der Entspannungsturbine (4b) unterworfen und aus der Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) ausgeleitet wird, vor und nach der Entspannung erwärmt wird. 55
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das zweite Verdampfungsgas oder der Teil hiervon, das oder der der Verdichtung in dem Booster (4a) unterworfen und in die Druckkolonne (11) rückgespeist wird, dem Booster (4a) auf einem Temperaturniveau von -175 bis -160 °C zugeführt und nach der Verdichtung und vor der Rückspeisung in die Druckkolonne (11) abgekühlt wird.
14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, die eine Reinsauerstoffkolonne (13) aufweist, wobei die Reinsauerstoffkolonne (13) unter Verwendung von Flüssigkeit, die über eine Zwischenentnahme aus der Niederdruckkolonne (12) entnommen wird, gespeist wird, und wobei die Reinsauerstoffkolonne (13a) unter Verwendung eines Sumpfaufkochers (13a) betrieben wird, in dem weiteres Kopfgas der Druckkolonne (11) kondensiert wird.
15. Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300), wobei
- die Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) eine Druckkolonne (11), eine Niederdruckkolonne (12), einen ersten Kondensatorverdampfer (11a) und einen zweiten Kondensatorverdampfer (12b) aufweist,
 - die Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) dafür eingerichtet ist, in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) Kopfgas der Druckkolonne (11) und in dem zweiten Kondensatorverdampfer (12a) Kopfgas der Niederdruckkolonne (12) zumindest teilweise zu kondensieren,
 - die Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) dafür eingerichtet ist, eine erste Flüssigkeit in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) unter Erhalt einer ersten Restflüssigkeit und eines ersten Verdampfungsgases teilzuverdampfen,
 - die Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) dafür eingerichtet ist, in der Druckkolonne (11) eine zweite Flüssigkeit zu sammeln und die zweite Flüssigkeit aus der Druckkolonne (11) auszuleiten und zu entspannen und in dem ersten Kondensatorverdampfer (11a) unter Erhalt einer zweiten Restflüssigkeit und eines zweiten Verdampfungsgases teilzuverdampfen,
 - die Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) dafür eingerichtet ist, die erste Restflüssigkeit oder einen Teil hiervon in dem zweiten Kondensatorverdampfer (12a) zu verdampfen, einer Entspannung in einer mit einem Booster (4a) gekoppelten Entspannungsturbine (4b) zu unterwerfen und aus der Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) auszuleiten, und
 - die Luftzerlegungsanlage (100, 200, 300) dafür eingerichtet ist, das zweite Verdampfungsgas oder einen Teil hiervon einer Verdichtung in dem

Booster (4a) zu unterwerfen und in die Druckkolonne (11) rückzuspeisen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

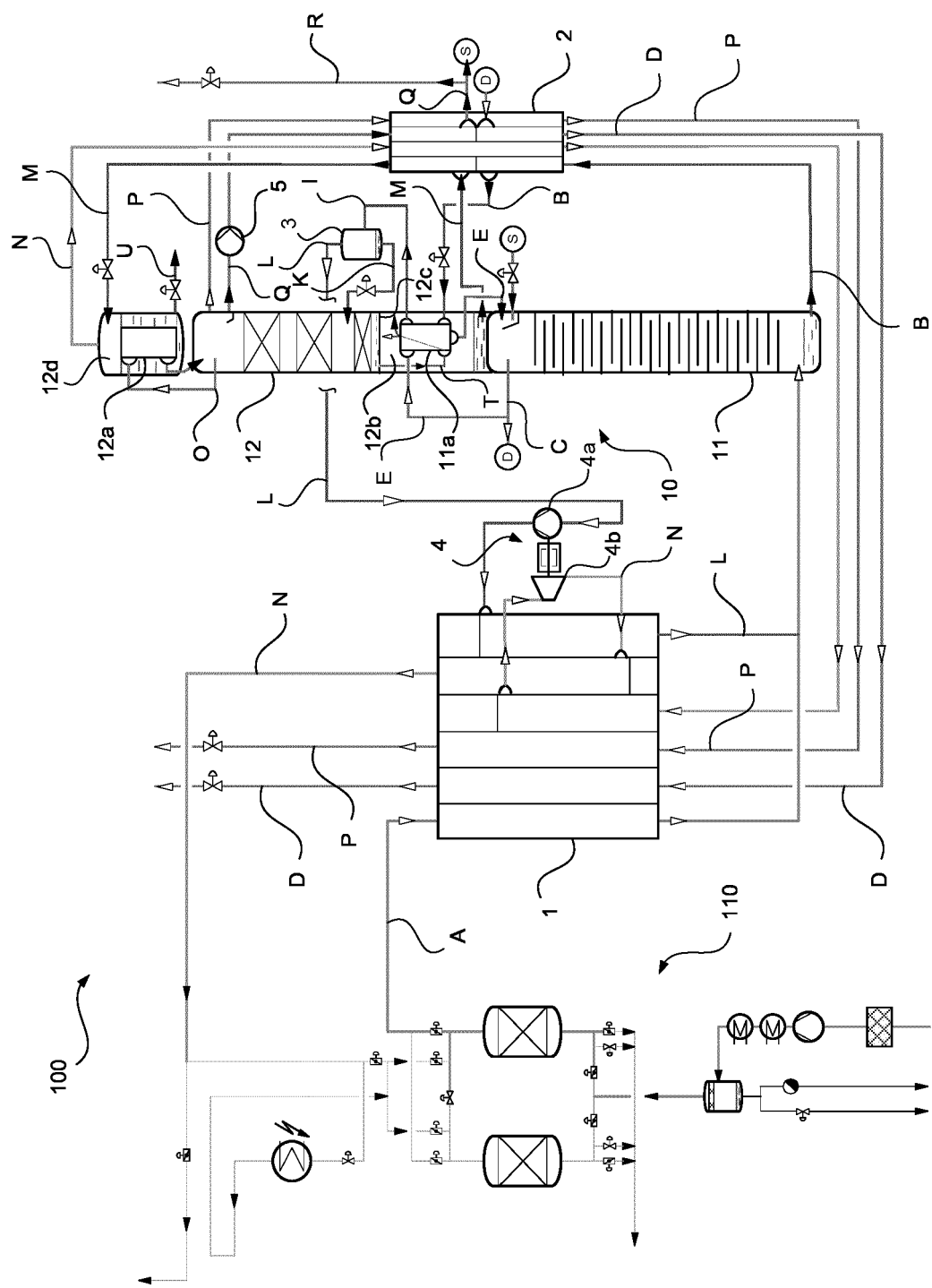


Fig. 1

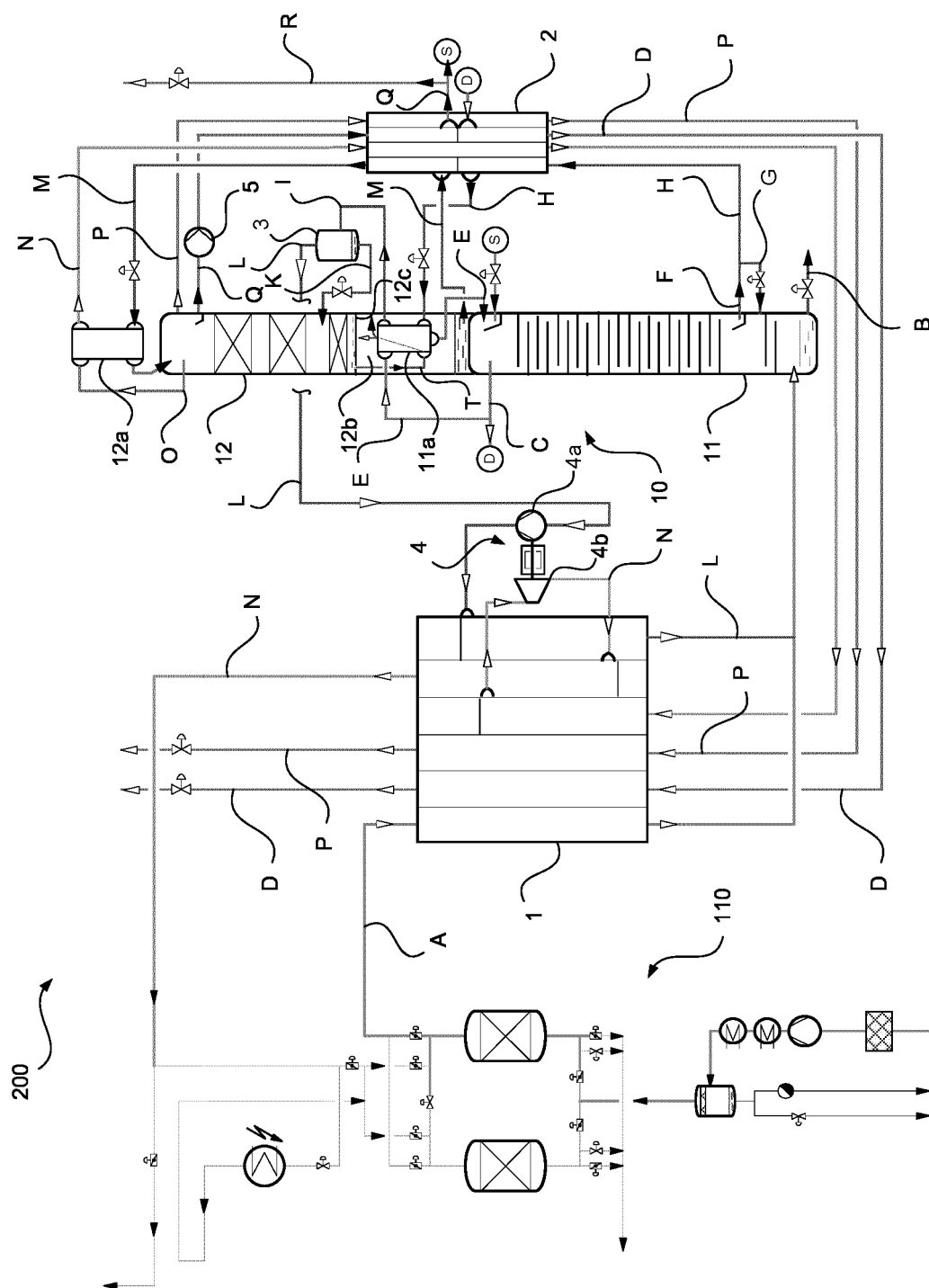


Fig. 2

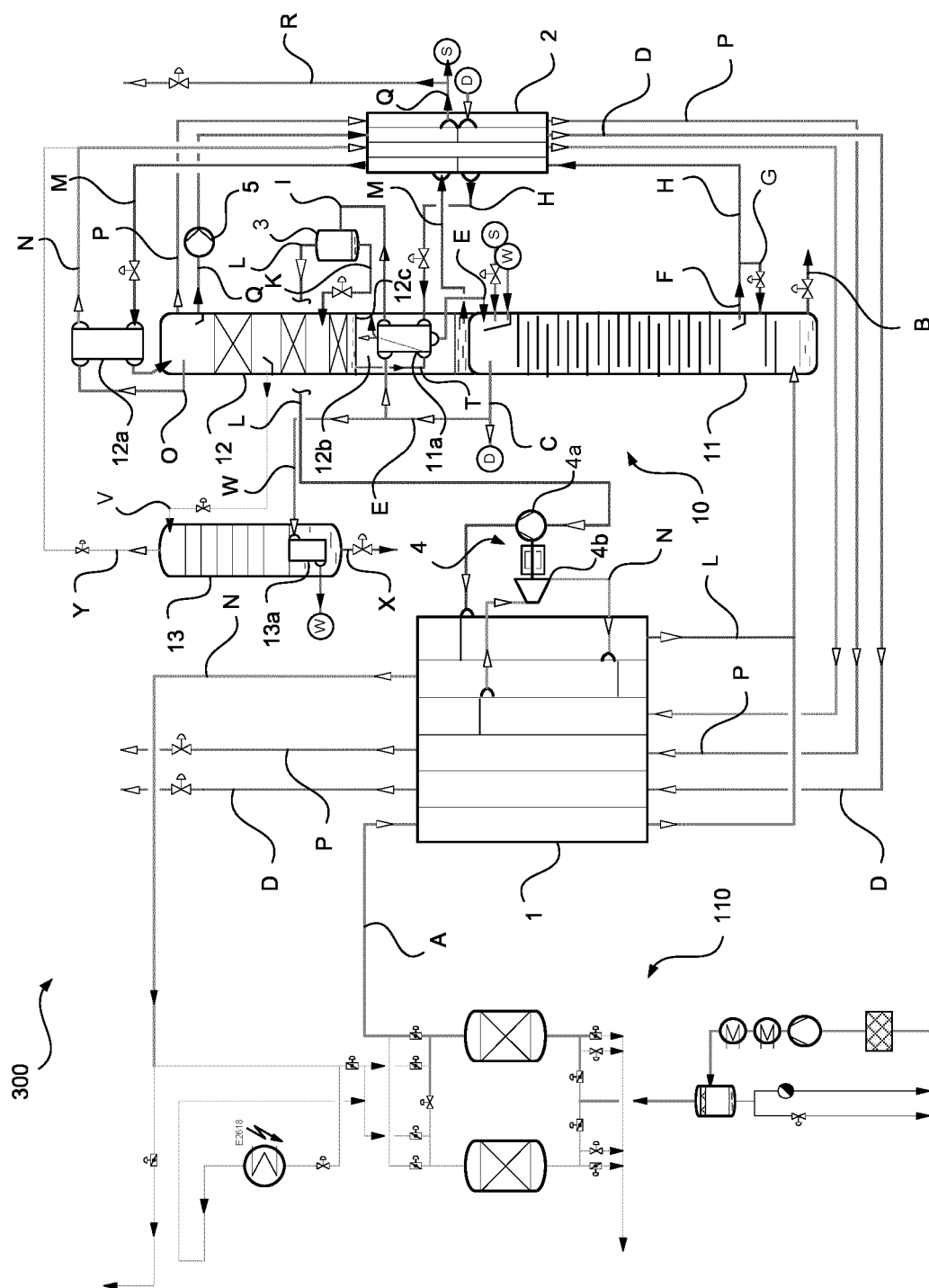


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 02 0185

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y, D	US 2021/372698 A1 (XU ZHENGRONG [US] ET AL) 2. Dezember 2021 (2021-12-02) * Absatz [0031]; Abbildung 3; Tabelle 1 * -----	1-15	INV. F25J3/04
Y	US 2021/381763 A1 (TUO HANFEI [US] ET AL) 9. Dezember 2021 (2021-12-09) * Absätze [0002], [0009], [0028], [0029], [0033]; Abbildung 1 * -----	1-15	
Y	EP 2 463 232 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 13. Juni 2012 (2012-06-13) * Abbildung 1 * -----	1-15	
Y, D	EP 3 521 739 A1 (LINDE AG [DE]) 7. August 2019 (2019-08-07) * Absätze [0034], [0035]; Abbildungen 2, 3 * -----	6, 7	
Y	EP 3 290 843 A2 (LINDE AG [DE]) 7. März 2018 (2018-03-07) * Abbildung 5 * -----	14	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		19. Oktober 2023	Göritz, Dirk
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			

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

EP 23 02 0185

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.

19-10-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2021372698 A1	02-12-2021	US 2021372698 A1	02-12-2021
		WO 2021242309 A1	02-12-2021

US 2021381763 A1	09-12-2021	US 2021381763 A1	09-12-2021
		US 2023251033 A1	10-08-2023

EP 2463232 A1	13-06-2012	CN 102538396 A	04-07-2012
		EP 2463232 A1	13-06-2012
		JP 5866193 B2	17-02-2016
		JP 2012145320 A	02-08-2012
		US 2012144861 A1	14-06-2012

EP 3521739 A1	07-08-2019	CN 110131963 A	16-08-2019
		DE 102018000842 A1	08-08-2019
		EP 3521739 A1	07-08-2019
		US 2019242646 A1	08-08-2019

EP 3290843 A2	07-03-2018	CN 107606875 A	19-01-2018
		EP 3290843 A2	07-03-2018
		TW 201809563 A	16-03-2018
		US 2018017322 A1	18-01-2018

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

- EP 3521739 A1 [0006]
- US 20210372698 A1 [0007] [0008] [0019]
- WO 2021180362 A1 [0020]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Cryogenic Rectification. Industrial Gases Processing. Wiley-VCH, 2006 [0002]