



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.04.2020 Patentblatt 2020/17

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

(21) Anmeldenummer: **18020515.5**

(22) Anmeldetag: **18.10.2018**

(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:
KH MA MD TN

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

(72) Erfinder:
• **Grahl, Matthias**
80639 München (DE)

• **Palaniswamy Otte, Daniel**
82031 Grünwald (DE)
• **Kontogeorgopoulos, Eythymios**
80639 München (DE)
• **Fan, Xiaohua**
Hangzhou 310012
Zhejiang (CN)

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

(54) **VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR GEWINNUNG EINES SAUERSTOFFREICHEN LUFTPRODUKTS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung eines sauerstoffreichen Luftprodukts, bei dem mittels einer Anlage (10) zur Tieftemperaturzerlegung von Luft ein erstes Restgasgemisch bereitgestellt wird, welches gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist und ferner Stickstoff aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Restgasgemisch oder ein

Teil des ersten Restgasgemischs einer Vakuumdruckwechseladsorption (20) unterworfen wird, mittels welcher das sauerstoffreiche Luftprodukt und ein gegenüber dem ersten Restgasgemisch an Sauerstoff abgereichertes zweites Restgasgemisch bereitgestellt wird. Eine entsprechende Anordnung (100) ist ebenfalls Gegenstand der Erfindung.

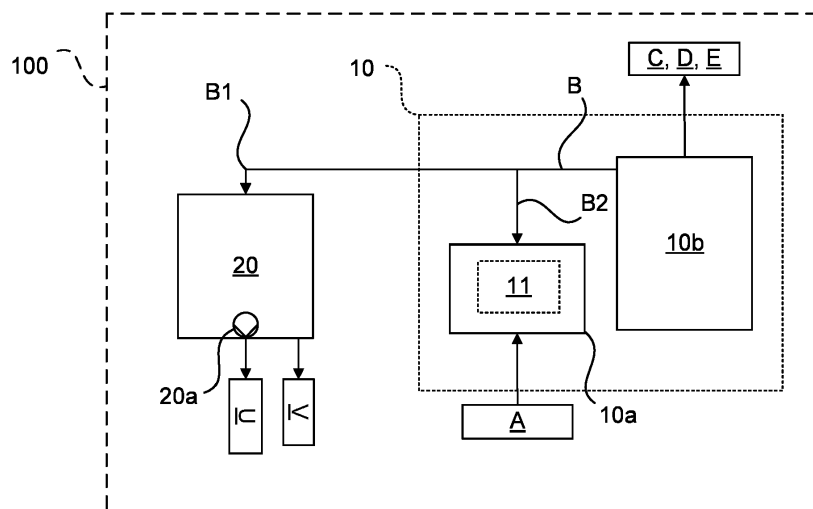


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung eines sauerstoffreichen Luftprodukts und eine entsprechende Anordnung gemäß den Oberbegriffen der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche.

Stand der Technik

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

[0003] Gasförmiger Sauerstoff unterschiedlicher Reinheitsgrade kann alternativ zur Tieftemperaturzerlegung von Luft auch mittels Druckwechseladsorption (engl. Pressure Swing Adsorption, PSA), insbesondere mittels Vakuumdruckwechseladsorption (engl. Vacuum Pressure Swing Adsorption, VPSA) aus Luft erzeugt werden.

[0004] Die Zerlegung von Luft mittels PSA und VPSA beruht auf der unterschiedlich starken Adsorption der Luftkomponenten an ein Adsorbens. Mittels PSA oder VPSA können insbesondere sauerstoffreiche Gasgemische mit beispielsweise ca. 90 bis 95 Molprozent Sauerstoffgehalt aus Luft gewonnen werden.

[0005] Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, verbesserte Möglichkeiten zur Gewinnung von sauerstoffreichen Luftprodukten zu schaffen.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Gewinnung eines sauerstoffreichen Luftprodukts und eine entsprechende Anordnung mit den jeweiligen Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und der nachfolgenden Beschreibung. Im Rahmen der Erfindung kann das Restgasgemischs alternativ oder zusätzlich zu der Vakuumdruckwechseladsorption einer Druckwechseladsorption anderen Typs unterworfen werden.

[0007] Nachfolgend werden zunächst einige bei der Beschreibung der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorteile verwendete Begriffe sowie der zugrunde liegende technische Hintergrund näher erläutert.

[0008] Rektifikationskolonnen von Rektifikationskolonnensystemen, die zur Tieftemperaturzerlegung von Luft eingesetzt werden, können auf unterschiedlichen Druckniveaus betrieben werden. Bekannte Doppelkolonnensysteme weisen eine sogenannte Hochdruckkolonne (auch als Druckkolonne, Mitteldruckkolonne oder untere Kolonne bezeichnet) und eine sogenannte Niederdruckkolonne (auch als obere Kolonne bezeichnet) auf. Das Druckniveau der Hochdruckkolonne liegt beispielsweise bei 4 bis 6 bar, vorzugsweise etwa 5,5 bar.

Die Niederdruckkolonne wird auf einem Druckniveau von beispielsweise 1,3 bis 1,7 bar, vorzugsweise etwa 1,4 bar, betrieben. Bei den hier und nachfolgend angegebenen Druckniveaus handelt es sich jeweils um Absolutdrücke, die am Kopf der jeweils genannten Kolonnen vorliegen. Die genannten Werte stellen lediglich Beispiele dar, die bei Bedarf verändert werden können. Insbesondere zur ausschließlichen Gewinnung von stickstoffreichen Luftprodukten können auch Luftzerlegungsanlagen ohne ein Doppelkolonnensystem verwendet werden, wie anhand eines Beispiels unten in Figur 4 veranschaulicht.

[0009] Die Adsorption erfolgt in einer PSA oder VPSA typischerweise unter Verwendung poröser Adsorbentien. Die jeweils adsorbierten Anteile der adsorbierbaren Komponenten hängen insbesondere vom Druck des der PSA oder VPSA zugeführten Gasgemischs (Feedgas) und von der Selektivität des Adsorbens ab. Das bei der PSA oder VPSA verwendete Adsorbens befindet sich in entsprechenden Adsorptionsbehältern, wobei für einen kontinuierlichen Produktionsbetrieb zwei oder mehr Adsorptionsbehälter erforderlich sind. Ist hier von "einer PSA" bzw. "einer VPSA" die Rede, sei hierunter sowohl ein entsprechendes Verfahren bzw. ein entsprechender Verfahrensschritt, als auch eine zur Durchführung eines derartigen Verfahrens bzw. Verfahrensschritts ausgebildete technische Einrichtung verstanden.

[0010] Jeder Adsorptionsbehälter in einer PSA oder VPSA wird abwechselnd in einem Adsorptionstakt mit der oder den zu adsorbierenden Komponenten beladen und in einem Desorptions- bzw. Regenerationstakt regeneriert, wobei zwischen diesen beiden Takten auch jeweils zusätzliche Zeiträume vorhanden sein können, in denen weder eine Beladung noch eine Regeneration vorgenommen wird und das Adsorbens beispielsweise mit weiteren Gasströmen gespült werden kann, um Reste des zu trennenden Gasgemischs auszuführen. Wenn gleich es sich bei einem derartigen Spülen ebenfalls um eine Art Regeneration handelt, wird dieses nachfolgend separat betrachtet. Um einen kontinuierlichen Produktionsbetrieb sicherzustellen, werden die Adsorptionsbehälter einer entsprechenden Anordnung derart im Wechselbetrieb betrieben, dass sich stets mindestens einer der Adsorptionsbehälter im Adsorptionstakt befindet und damit ein Produkt liefern kann. Auch in diesem Fall können jedoch Zeiträume auftreten, in denen kein Produkt geliefert wird, beispielsweise während eines Druckausgleichs bzw. Druckaufbaus. Für diesen Fall können beispielsweise Produktpuffer verwendet werden. Dies, und ein Wechselbetrieb generell, ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

[0011] In dem erwähnten Adsorptionstakt wird unter Druck das jeweils zu bearbeitende Gasgemisch durch den Adsorptionsbehälter geführt, bis das enthaltende Adsorbens keine ausreichende Aufnahmekapazität für die adsorbierte(n) Komponente(n) mehr aufweist. Die Zufuhr des zu bearbeitenden Gasgemischs wird daher unterbunden und durch eine Druckreduktion wird in dem Desorptionstakt eine Desorption der adsorbierte(n) Kom-

ponente(n) bewirkt. Die VPSA unterscheidet sich von einer herkömmlichen PSA im Wesentlichen durch das im Desorptionstakt verwendete unteratmosphärische Druckniveau, das landläufig auch als "Vakuum" bezeichnet wird. Die VPSA zeichnet sich gegenüber einer herkömmlichen PSA in bestimmten Fällen durch erhöhte Ausbeuten und einen geringeren spezifischen, d.h. produktbezogenen, Energiebedarf aus.

[0012] Sauerstoffreiche Luftprodukte fallen in der PSA oder VPSA aufgrund der schwächeren Adsorption des Sauerstoffs jeweils im Adsorptionstakt an und werden daher unter einem gewissen Druck gebildet, der dem Einspeisedruck in die PSA bzw. VPSA abzüglich Druckverlusten entspricht.

[0013] Eine Temperaturwechseladsorption (engl. Temperatur Swing Adsorption, TSA) unterscheidet sich von einer PSA bzw. VPSA im Wesentlichen dadurch, dass die Adsorption und Desorption auf deutlich unterschiedlichen Temperaturniveaus stattfinden. Bei der Tieftemperaturzerlegung von Luft in entsprechenden Anlagen wird die zu bearbeitende Luft typischerweise mittels entsprechender Einrichtungen bearbeitet, um diese zu trocknen und Kohlendioxid sowie ggf. andere in der Tieftemperaturzerlegung störende Komponenten zu entfernen. Bei der TSA wird im Desorptionstakt die Temperatur erhöht, um die zuvor im Adsorptionstakt bei tieferer Temperatur adsorbierten Komponenten vom Adsorbens, z.B. Molsieb, zu desorbieren.

[0014] Flüssigkeiten und Gase können im hier verwendeten Sprachgebrauch angereichert oder abgereichert an einer oder mehreren Komponenten sein, wobei sich diese Begriffe auf einen Gehalt in einer Ausgangsflüssigkeit oder einem Ausgangsgas beziehen, aus der oder dem die betrachtete Flüssigkeit oder das betrachtete Gas gewonnen wurde. Die Flüssigkeit oder das Gas ist angereichert, wenn diese oder dieses zumindest den 1,1-fachen, 1,5-fachen, 2-fachen, 5-fachen, 10-fachen 100-fachen oder 1.000-fachen Gehalt, und abgereichert, wenn diese oder dieses höchstens den 0,9-fachen, 0,5-fachen, 0,1-fachen, 0,01-fachen oder 0,001-fachen Gehalt einer entsprechenden Komponente, bezogen auf die Ausgangsflüssigkeit oder das Ausgangsgas enthält. Ist hier beispielsweise von "Sauerstoff" die Rede, sei hierunter auch eine Flüssigkeit oder ein Gas verstanden, die oder das reich an Sauerstoff ist, jedoch nicht ausschließlich hieraus bestehen muss.

[0015] Die vorliegende Anmeldung verwendet zur Charakterisierung von Drücken und Temperaturen die Begriffe Druckniveau und Temperaturniveau, wodurch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass 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% oder 20% um einen Mittelwert liegen. Entsprechende Druckniveaus und Temperaturniveaus können dabei in disjunkten Berei-

chen liegen oder in Bereichen, die einander überlappen. Insbesondere schließen beispielsweise Druckniveaus unvermeidliche oder zu erwartende Druckverluste ein. Entsprechendes gilt für Temperaturniveaus. Bei dem hier in bar angegebenen Druckniveaus handelt es sich um Absolutdrücke.

[0016] Unter einem Luftprodukt wird hier eine Komponente oder ein Komponentengemisch in gasförmigem oder flüssigem Zustand verstanden, welches durch trenntechnische Bearbeitung von Luft (Einsatzluft) gebildet werden kann, insbesondere durch Tieftemperaturzerlegung oder PSA bzw. VPSA. Ein Luftprodukt zeichnet sich daher insbesondere dadurch aus, dass es eine abweichende Zusammensetzung wie atmosphärische Luft, aber insbesondere gegenüber atmosphärischer Luft keine zusätzlichen Komponenten aufweist.

Vorteile der Erfindung

[0017] Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass sich zur Gewinnung eines sauerstoffreichen Luftprodukts die Tieftemperaturzerlegung von Luft und die VPSA besonders vorteilhaft und unter Erzeugung von entsprechenden Synergieeffekten kombinieren lassen. Die vorliegende Erfindung schlägt dabei vor, ein sogenanntes Restgasgemisch, das bei der Tieftemperaturzerlegung von Luft verbleibt und einer entsprechenden Anlage entnommen werden kann, in der VPSA einzusetzen.

[0018] Herkömmlicherweise ist die Gewinnung von sauerstoffreichen Luftprodukten mittels VPSA mit vergleichsweise hohen Investitionskosten verbunden, da hier die zu bearbeitende Luft aufwendig verdichtet werden muss. Weil Luft vergleichsweise arm an der Produktkomponente Sauerstoff und reich an den zu entfernden übrigen Komponenten ist, wird eine gegenüber der Trennung von anderen Gasgemischen eine vergleichsweise große Menge an Adsorbens benötigt bzw. ist das Adsorbens vergleichsweise schnell gesättigt.

[0019] In Anlagen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft wird die zu bearbeitende Einsatzluft, wie erwähnt, typischerweise mittels TSA aufbereitet, bevor sie dem kalten Teil zugeführt wird. Zur Desorption der adsorbierten Komponenten wird typischerweise das bereits erwähnte Restgasgemisch eingesetzt, das bei der Tieftemperaturzerlegung verbleibt. Dieses wird beispielsweise in elektrischen Heizern erwärmt. Bei Anlagen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, die überwiegend zur Gewinnung stickstoffreicher Luftprodukte eingesetzt werden, kann der Sauerstoffanteil in einem entsprechenden Restgasgemisch ausgesprochen hoch sein und beispielsweise bei ca. 50 Molprozent liegen. Im Umfang, in dem ein derartiges Restgasgemisch nicht für die Regeneration in der TSA eingesetzt wird, wird dieses herkömmlicherweise an die Atmosphäre abgegeben. Entsprechendes gilt für das Restgasgemisch, nachdem es zur Regeneration in der TSA eingesetzt wurde. Der investierte Reinigungs- und Verdichtungsaufwand geht

daher in herkömmlichen Verfahren bzw. Anlagen verloren.

[0020] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird zur Erzielung der erwähnten Vorteile ein Verfahren zur Gewinnung eines sauerstoffreichen Luftprodukts vorgeschlagen, bei dem mittels einer Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft ein erstes Restgasgemisch bereitgestellt wird, welches gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist und ferner Stickstoff aufweist. Erfindungsgemäß wird das erste Restgasgemisch oder ein Teil des ersten Restgasgemischs einer VPSA zugeführt, mittels welcher das sauerstoffreiche Luftprodukt und ein gegenüber dem ersten Restgasgemisch an Sauerstoff abgereichertes zweites Restgasgemisch bereitgestellt wird. Das "erste Restgasgemisch" stellt kein Reinprodukt einer entsprechenden Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft dar. Sein Sauerstoffgehalt ist daher begrenzt, wie unten erläutert.

[0021] Die vorliegende Erfindung ermöglicht eine besonders vorteilhafte und energetisch sowie aus Investitionskostensicht günstige Herstellung eines sauerstoffreichen Luftprodukts, weil das erwähnte Restgasgemisch, dessen Sauerstoffgehalt insbesondere in den unten näher erläuterten Bereichen liegt, in einer Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft bereits auf einem gewissen Druckniveau bereitgestellt wird, welches eine erneute Verdichtung vor die Einspeisung in die VPSA obsolet macht oder zumindest den hierzu erforderlichen Aufwand deutlich verringert. Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, dass durch die Verwendung des Restgasgemischs, das einen höheren Sauerstoffgehalt als atmosphärische Luft aufweist, die VPSA effizienter betrieben werden kann, da der Gehalt an zu adsorbierenden Komponenten bezogen auf den Gehalt der nicht zu adsorbierenden Produktkomponente Sauerstoff geringer ist. Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, auch derartiges Restgasgemisch noch in sinnvoller Weise zur Gewinnung von wertvollen Produkten zu nutzen.

[0022] Wie insoweit bekannt, kann auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung in der Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mittels einer TSA Einsatzluft aufbereitet werden, um diese von unerwünschten und störenden Komponenten wie Wasser und Kohlendioxid zu befreien. Wie erwähnt, wird in herkömmlichen Anlagen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einer TSA ein entsprechendes Restgasgemisch verwendet. Da im Rahmen der vorliegenden Erfindung das Restgasgemisch teilweise oder vollständig in die VPSA eingespeist werden kann, ist es ggf., d.h. bei nicht ausreichender Restgasgemischmenge, erforderlich, hier geeignete Maßnahmen zu ergreifen um eine ausreichende Luftaufreinigung sicherstellen zu können. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Luftaufbereitung in der Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft an eine geringere zur Verfügung stehende Restgasgemischmenge angepasst wird. Dies kann beispielsweise den Einsatz einer stärkeren Abkühlung der Einsatzluft umfassen, um auf diese Weise mehr Wasser auskondensieren zu können

und die TSA entsprechend zu entlasten. Eine entsprechende Abkühlung kann insbesondere den Einsatz eines oder mehrerer verbesserter Verdunstungskühler oder den Einsatz einer Kühleinrichtung umfassen, in der ein nichtwässriges Kühlmittel, beispielsweise Ammoniak, eingesetzt wird. Die Abkühlung erfolgt insbesondere auf ein Temperaturniveau unterhalb der üblichen Kühlwassertemperatur, insbesondere auf unter 15 °C, unter 10 °C oder unter 5 °C und oberhalb der bei dem jeweiligen Druckniveau vorliegenden Gefriertemperatur von Wasser. Es ist jedoch in gleicher Weise möglich, beispielsweise eine Anpassung der Schüttmengen und Laufzeiten in der TSA vorzunehmen. Die Regeneriergasmenge lässt sich auch durch eine Erhöhung der Regeneriertemperatur reduzieren.

[0023] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann insbesondere ein Teil des ersten Restgasgemischs der Vakuumdruckwechseladsorption unterworfen und ein weiterer Teil des ersten Restgasgemischs erwärmt und als ein Regeneriergas in der TSA verwendet werden, ohne zuvor der Vakuumdruckwechseladsorption unterworfen worden zu sein. Mit anderen Worten kann das erste Restgasgemisch entsprechend aufgeteilt werden. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass das zweite Restgasgemisch oder ein Teil des zweiten Restgasgemischs als Regeneriergas in der TSA verwendet wird. Dies kann zusätzlich oder alternativ zur Verwendung des ersten Restgasgemischs erfolgen. Das zweite Restgasgemisch wird aufgrund des unteratmosphärischen Druckniveaus bei der Desorption in der VPSA auf einem mittels einer Vakuumpumpe auf einem derartigen unteratmosphärischen Druckniveau aus der VPSA abgezogen, liegt aber stromab der Vakuumpumpe auf einem höheren Druckniveau, beispielsweise bei Atmosphärendruck, vor. Bei Bedarf kann dieses entweder verdichtet oder die Regenerierung der TSA auf einem entsprechend geringen Druckniveau durchgeführt werden. In letzterem Fall wird die TSA jeweils in einem Desorptionsstakt auf diesem geringen Druckniveau betrieben und der Adsorptionsstakt erfolgt auf einem höheren Druckniveau.

[0024] Im Rahmen der Erfindung kann das zweite Restgasgemisch oder dessen Teil vor der Verwendung als Regeneriergas in der TSA mittels einer Restgasgemischaufbereitung aufbereitet werden, wobei diese je nach dem geforderten Druckniveau eine Verdichtung ggf. eine Temperierung in geeigneter Weise umfasst.

[0025] Die vorliegende Erfindung kann insbesondere dann eingesetzt werden, wenn die Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß dem sogenannten SPECTRA-Verfahren erfolgt, wie es unter anderem in der EP 2 789 958 A1 und der weiteren dort zitierten Patentliteratur beschrieben ist. Wie bei anderen Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft wird auch beim SPECTRA-Verfahren verdichtete und vorgereinigte Luft auf eine für die Rektifikation geeignete Temperatur abgekühlt, die normalerweise an oder nahe ihrem Taupunkt liegt. Sie wird hierdurch teilweise verflüssigt. Die Luft wird anschließend in eine Rektifikationskolonne eingespeist und dort

rektifiziert. Diese Rektifikationskolonne kann die einzige Rektifikationskolonne in einem entsprechenden Verfahren darstellen, dies ist jedoch nicht zwingend.

[0026] Bei einem SPECTRA-Verfahren wird in der Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft also eine Rektifikationskolonne verwendet, in der ein gasförmiges, gegenüber atmosphärischer Luft an Stickstoff angereichertes Kopfprodukt und ein flüssiges, gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichertes Sumpfprodukt gebildet wird. Dabei wird der Rektifikationskolonne tiefe, gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereicherte Flüssigkeit in Form eines oder mehrerer Stoffströme entnommen und zumindest zum Teil in einem Wärmetauscher erwärmt, der zur Abkühlung zumindest eines Teils des Kopfgases der Rektifikationskolonne verwendet wird. Die gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereicherte Flüssigkeit kann in Form eines Stoffstroms oder in Form mehrerer getrennter Stoffströme durch den Wärmetauscher geführt werden. Beispielsweise kann der Rektifikationskolonne zunächst ein Stoffstrom entnommen und anschließend aufgeteilt werden oder der Rektifikationskolonne können bereits zwei getrennte Stoffströme entnommen werden. In dem SPECTRA-Verfahren wird die an Sauerstoff angereicherte Flüssigkeit, die der Rektifikationskolonne in Form des einen oder der mehreren Stoffströme entnommen und in dem Wärmetauscher erwärmt wird, zu einem ersten Teil zumindest in einer oder in mehreren Entspannungsmaschinen entspannt und als das oder als ein Teil des Restgasgemischs aus der Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft ausgeführt und zu einem zweiten Teil zumindest in einem oder mehreren Verdichter verdichtet, der mit der oder den Entspannungsmaschinen gekoppelt ist, und danach in die Rektifikationskolonne zurückgespeist. Wiederum können die zwei Anteile zwei Teilströme eines aus der Rektifikationskolonne abgezogenen Stoffstroms sein oder es kann sich um bereits in Form separater Stoffströme aus der Rektifikationskolonne ausgeleitete an Sauerstoff angereicherte Flüssigkeit handeln.

[0027] In einem Ausführungsbeispiel können aus der Rektifikationskolonne ein erster flüssiger Stoffstrom mit einem ersten Sauerstoffgehalt und ein zweiter flüssiger Stoffstrom mit einem zweiten, unterschiedlichen Sauerstoffgehalt abgezogen werden, wobei der erste Sauerstoffgehalt insbesondere oberhalb des zweiten Sauerstoffgehalts liegt. Der erste Stoffstrom kann insbesondere unter Verwendung zumindest eines Teils des flüssigen Sumpfprodukts der Rektifikationskolonne gebildet werden. Der zweite Stoffstrom kann aus der Rektifikationskolonne von einem Zwischenboden oder aus einer entsprechenden Flüssigkeitsrückhalteeinrichtung abgezogen werden.

[0028] In dem soeben angegebenen Ausführungsbeispiel werden der erste und der zweite Stoffstrom zumindest zum Teil unter Verwendung eines Wärmetauschers erwärmt, welcher zugleich zur Abkühlung und zumindest teilweisen Verflüssigung zumindest eines Teils des Kopf-

gases der Rektifikationskolonne dient. Der erste Stoffstrom wird nach dieser Erwärmung zumindest zum Teil, insbesondere im Hauptwärmetauscher der Anlage, weiter erwärmt, in einer Entspannungsmaschine entspannt, erneut erwärmt, insbesondere im Hauptwärmetauscher, und aus der Anlage ausgeführt. Es handelt sich hier um das Restgasgemisch, das im Rahmen der vorliegenden Erfindung der VPSA zugeführt werden kann. Der zweite Stoffstrom wird dagegen nach der erwähnten Erwärmung zumindest zum Teil in einem Verdichter verdichtet, der mit der Entspannungsmaschine gekoppelt ist, die zur Entspannung des ersten Stoffstroms oder dessen Teils verwendet wird. Danach wird der zweite Stoffstrom zumindest zum Teil im Hauptwärmetauscher abgekühlt und in die Rektifikationskolonne zurückgespeist. In sämtlichen Fällen können ein oder mehrere Entspannungsmaschinen, insbesondere in Form von Turboexpandern, und eine oder mehrere damit gekoppelte Verdichter, insbesondere in Form entsprechender Booster bzw. Turboverdichter, eingesetzt werden.

[0029] Das Kopfgas der Rektifikationskolonne stellt, verflüssigt oder unverflüssigt, ein stickstoffreiches Luftprodukt dar, das mittels eines entsprechenden Verfahrens bereitgestellt wird. Es können auch mehrere (verflüssigte, innenverdichtete, gasförmige etc.) stickstofffreie Luftprodukte bereitgestellt werden. Ein sauerstoffhaltiges Luftprodukt kann beim SPECTRA-Verfahren über eine weitere Rektifikationskolonne (hochrein) produziert werden.

[0030] Der Enddruck der Entspannungsmaschine in einem SPECTRA-Verfahren, und damit der Druck, mit dem das Restgasgemisch bereitgestellt wird, liegt bei 1,2 bis 1,6 bar, insbesondere bei 1,3 bis 1,4 bar und eignet sich daher in besonderer Weise, um das Restgasgemisch der VPSA zuzuführen. Es versteht sich jedoch, dass ein entsprechendes Restgasgemisch bei Bedarf nachverdichtet werden kann bzw. der Restgasdruck in der Anlage durch geeignete Maßnahmen angehoben werden kann. Generell liegt das Druckniveau, bei dem das Restgasgemisch der VPSA zugeführt wird, bei 1,2 bis 1,6 bar, insbesondere bei 1,3 bis 1,4 bar, und das Druckniveau der Desorption bei 0,1 bis 0,6 bar, insbesondere bei 0,3 bis 0,5 bar. Generell lässt sich feststellen, dass höhere Druckniveaus in einem SPECTRA-Verfahren der VPSA zugute kommen, aber für das SPECTRA-Verfahren selbst nachteilig sein können. Daher stellen die angegebenen Drücke wechselseitig angepasste Werte dar.

[0031] In dem erfindungsgemäßen Verfahren kann das erste Restgasgemisch einen Gehalt von 30 bis 70 Molprozent, insbesondere von ca. 50 Molprozent Sauerstoff aufweisen. Es kann insbesondere im gesamten Rest, bis auf übliche Spuren weiterer Luftkomponenten, Stickstoff aufweisen. Der Stickstoffgehalt im Nichtsauerstoffrest kann insbesondere bei mehr als 90 Molprozent oder mehr als 95 Molprozent liegen. Das zweite Restgasgemisch kann einen Gehalt von 10 bis 30 Molprozent, insbesondere von ca. 25 Molprozent Sauerstoff aufwei-

sen. Das sauerstoffreiche Luftprodukt kann einen Gehalt von 80 bis 99 oder 80 bis 99 Molprozent, insbesondere von ca. 94 Molprozent, Sauerstoff aufweisen. Die Trennung von Sauerstoff und Argon ist typischerweise adsorptiv nicht möglich, weshalb der maximale Sauerstoffgehalt sich insbesondere nach dem Argongehalt der Luft richtet. Insbesondere der gegenüber atmosphärischer Luft ggf. deutlich erhöhte Sauerstoffgehalt des ersten Restgasgemischs führt zu einer erheblichen Erhöhung der Produktmenge bzw. einer Reduzierung des jeweiligen Bedarfs an Adsorbens.

[0032] Die vorliegende Erfindung erstreckt sich ferner auf eine Anordnung, die zur Gewinnung eines sauerstoffreichen Luftprodukts eingerichtet ist, umfassend eine Anlage, die zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und zur Bereitstellung eines ersten Restgasgemischs eingerichtet ist, welches gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist und ferner Stickstoff aufweist. Erfindungsgemäß umfasst die Anordnung eine Vakuumdruckwechseladsorption, die dafür eingerichtet ist, das erste Restgasgemisch oder einen Teil des ersten Restgasgemischs zu bearbeiten und das sauerstoffreiche Luftprodukt und ein gegenüber dem ersten Restgasgemisch an Sauerstoff abgereichertes zweites Restgasgemisch bereitzustellen. Zu Merkmalen und Vorteilen einer entsprechenden Anordnung, die insbesondere zur Durchführung eines zuvor erläuterten Verfahrens und bevorzugter Ausgestaltungen eingerichtet sein kann, sei auf die obigen Erläuterungen ausdrücklich verwiesen.

[0033] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen weiter erläutert, welche Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung zeigen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0034]

Figur 1 zeigt eine Anordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 2 zeigt eine Anordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 3 zeigt eine Anordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 4 zeigt eine Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, die in einer Anordnung gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung eingesetzt werden kann.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0035] In den Figuren sind einander baulich oder funktionell entsprechende Komponenten mit identischen Bezugszeichen angegeben und werden der Übersichtlichkeit halber nicht wiederholt erläutert. Es versteht sich,

dass, wenn nachfolgend Komponenten von Anordnungen und Anlagen gemäß Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung beschrieben werden, diese Erläuterungen erfindungsgemäße Verfahren und deren Ausgestaltungen in gleicher Weise betreffen.

[0036] Figur 1 zeigt eine Anordnung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die Anordnung ist insgesamt mit 100 bezeichnet.

[0037] Die Anordnung 100 umfasst eine insgesamt mit 10 bezeichnete Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, die einen sogenannten warmen Teil 10a und einen sogenannten kalten Teil 10b umfasst. In dem warmen Teil 10a finden sich insbesondere die Einrichtungen zur Bereitstellung der verdichteten Einsatzluft wie der Hauptluftverdichter, entsprechende Filter sowie Vorkühl- und Reinigungseinrichtungen. Hiervon ist lediglich beispielhaft eine TSA 11 veranschaulicht. In dem kalten Teil 10b finden sich die Einrichtungen zur Tieftemperaturrektifikation, insbesondere ein Rektifikationskolonnensystem, ein Hauptwärmetauscher und dergleichen. Bezüglich weiterer Details sei auf einschlägige Fachliteratur verwiesen.

[0038] Mittels der Anlage 10 kann Einsatzluft in grundsätzlich bekannter Weise bearbeitet werden. Ein Beispiel findet sich in der nachfolgenden Figur 4. Wie nicht gesondert veranschaulicht, kann entsprechende Einsatzluft A dabei im warmen Teil 10a aufbereitet und anschließend in den kalten Teil 10b transferiert und dort auf tiefkalte Temperaturen abgekühlt und rektifiziert werden. In dem kalten Teil 10b werden im dargestellten Beispiel mehrere stickstoffreiche Luftprodukte C, D, E und ein Restgasgemisch B (hier als "erstes" Restgasgemisch bezeichnet) mit einem überatmosphärischen Sauerstoffgehalt gebildet. Für ein Ausführungsbeispiel sei erneut auf Figur 4 verwiesen, in der entsprechende Fluide mit identischen Großbuchstaben angegeben sind. Es können jedoch auch andere Arten der Tieftemperaturzerlegung von Luft als das in Figur 4 gezeigte Beispiel zum Einsatz kommen.

[0039] Die Anordnung 100 umfasst ferner eine VPSA 20 in Form einer oder mehrerer parallel oder seriell angeordneter entsprechender Einheiten. Aus der VPSA bzw. aus deren Adsorptionsbehältern kann mittels einer Vakuumpumpe 20a zur Desorption Fluid abgezogen werden, wenn sich diese in einem Desorptionstakt befindet bzw. befinden. Auf diese Weise kann ein Restgasgemisch U (hier als "zweites" Restgasgemisch bezeichnet) gebildet werden. Ein sauerstoffreiches Luftprodukt V verlässt die VPSA bzw. entsprechende Adsorptionsbehälter hingegen in einem Adsorptionstakt auf einem typischerweise überatmosphärischen Druckniveau.

[0040] In der Anordnung 100 wird also mittels der Anlage 10 zur Tieftemperaturzerlegung von Luft ein erstes Restgasgemisch B bereitgestellt, welches gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist und ferner Stickstoff aufweist. Ein Teil B1 des ersten Restgasgemischs B wird in der Anordnung 100 der Vakuumdruckwechseladsorption 20 unterworfen, mittels welcher

das sauerstoffreiche Luftprodukt V und ein gegenüber dem ersten Restgasgemisch B an Sauerstoff abgereichertes zweites Restgasgemisch U bereitgestellt wird. In der Anlage 10 zur Tieftemperaturzerlegung von Luft wird mittels der TSA 11 Einsatzluft aufbereitet, wobei ein weiterer Teil B2 des ersten Restgasgemischs B (wie hier nicht gesondert veranschaulicht) erwärmt und als ein Regeneriergas in der TSA 11 verwendet wird, ohne zuvor der Vakuumdruckwechseladsorption 20 unterworfen worden zu sein.

[0041] Ein Beispiel für die Energieverbräuche einer alleinstehenden Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft ("ASU") und einer alleinstehenden VPSA in Addition zueinander ("Standalone") gegenüber der in Figur 1 als erfindungsgemäße Ausführungsform veranschaulichten Anordnung 100 ("Erfindung") ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. In der Tabelle sind nur solche Verbraucher, bei denen eine Änderung im Verbrauch stattfindet, dargestellt.

[0042] Bei diesem Vergleich weist die Luftzerlegungsanlage eine Kapazität von ca. 65.000 Nm³/h (Normkubikmeter pro Stunde) Luft und die VPSA eine Produktmenge von 3.000 Nm³/h 93%igem Sauerstoff auf. Der Sauerstoff aus dem Restgas der Luftzerlegungsanlage weist einen Sauerstoffgehalt von ca. 50% auf. Um die Menge von 3.000 Nm³/h Produkt durch die VPSA bereitstellen zu können, ist eine Feedmenge von ca. 15.000 Nm³/h erforderlich. Um dies zu gewährleisten, muss die Regeneriergasmenge in dem dargestellten Beispiel um 20% reduziert werden. Dies erfolgt durch eine Absenkung der Lufteintrittstemperatur in das Molsieb bzw. die TSA (Reduzierung der Wasserbeladung) sowie eine Erhöhung der Laufzeit der TSA, was eine Erhöhung der Adsorbensmassen zur Folge hat. Das Absenken der Lufteintrittstemperatur wird durch die Verwendung einer größeren Kälteanlage durchgeführt (141 kW elektrische Leistung für ein Verfahren gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung und 80 kW für die Standalone-Variante). Durch die Absenkung der Lufttemperatur (die zu einer Verringerung der Restgastemperatur führt) und der Erhöhung der Adsorbensmasse muss im Mittel eine höhere Regenerierleistung erbracht werden (281 kW im Gegensatz zu 232 kW).

Bei der VPSA wird durch die erhöhte O₂-Konzentration sowie dem erhöhten Feedgasdruck der Energieverbrauch von 910 kW auf 365 kW verringert.

[0043] Als weitere Maßnahmen könnte der Austrittsdruck der Turbine der Luftzerlegungsanlage erhöht werden, was zwar zu einem erhöhten Energieverbrauch der Luftzerlegungsanlage, aber gleichzeitig zu einer Verringerung des Energieverbrauchs in der VPSA führt. Eine Anhebung der Regeneriergastemperatur stößt typischerweise aufgrund des hohen Sauerstoffgehalts und der damit verbundenen Kosten für Ventile und dergleichen an wirtschaftliche Grenzen.

[0044] Wie aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich, reduziert sich der Gesamtenergieverbrauch der beiden Anlagen zur Zerlegung von Luft deutlich.

Energieverbrauch in kW		
Einheit	Standalone	Erfindung
VPSA	910	365
Kälteanlage der ASU	80	141
Regeneriergaserhitzer	232	281
Gesamt	1.222	787

[0045] Figur 2 zeigt eine Anordnung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Die Anordnung ist insgesamt mit 200 bezeichnet.

[0046] Im Gegensatz zu der zuvor gezeigten Anordnung 100 wird hier das erste Restgasgemisch B nicht zu einem Teil an die TSA 11 bereitgestellt. Vielmehr wird das gesamte erste Restgasgemisch B in der VPSA bearbeitet. Lediglich während einer Druckaufbauphase in der VPSA wird hier, wie in Form eines strichpunktiert gezeichneten Flusspfeils veranschaulicht, ein Bypass zu einer der VPSA zugeordneten Restgasgemischaufbereitung 21, die nicht gesondert bezeichnete Erhitzer, Kühler und Verdichter umfasst, vorgenommen, da während dieser Phase die VPSA das Restgasgemisch B ohnehin nicht verarbeiten kann. Wie bereits zuvor erläutert, wird das zweite Restgasgemisch U mittels der Vakuumpumpe 20a aus der VPSA 20 abgezogen. Es wird der Restgasgemischaufbereitung 21 zugeführt und kann im Anschluss an die dort erfolgte Aufbereitung dem kalten Teil 10a der Anlage 10 zur Tieftemperaturzerlegung von Luft bzw. der dortigen TSA 11 im warmen Teil 10a zugeführt werden. Ein nach der Regenerierung in der TSA verbleibendes mit desorbierten Komponenten beladenes Gasgemisch ist hier separat mit X bezeichnet. (Ein derartiges Gasgemisch wird auch in der Anlage 100 gebildet, ist dort jedoch der Übersichtlichkeit halber nicht gesondert veranschaulicht.)

[0047] Bei der Restgasgemischaufbereitung 21 kann eine separate Verdichtung vorgenommen werden. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn mittels der Vakuumpumpe 20a nicht direkt ein für die TSA 11 geeignetes (überatmosphärisches) Druckniveau erreicht werden kann, ohne eine Temperatur am Austritt der Vakuumpumpe 20a in unerwünschtem Umfang zu erhöhen. In diesem Fall wird eine zweistufige Vakuumpumpe, d.h. zusätzlich die in Figur 2 dargestellte Verdichterstufe in der Restgasgemischaufbereitung 21, eingesetzt werden. Auch mehrere Verdichterstufen können vorgesehen sein. Sämtliche Verdichterstufen können dabei eine Einheit (mit oder ohne Zwischenkühlung) bilden, wobei ein Zwischendruck wird beispielsweise knapp unterhalb des Atmosphärendrucks liegen kann.

[0048] Figur 3 zeigt eine Anordnung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Die Anordnung ist insgesamt mit 300 bezeichnet.

[0049] Die Anordnung 300 unterscheidet sich von der Anordnung 200 im Wesentlichen dadurch, dass in der

Restgasgemischaufbereitung 21 keine Verdichtung vorgenommen und die Regenerierung der TSA 11 dementsprechend auf einem unteratmosphärischen Druckniveau durchgeführt wird. Auch die in Figur 2 dargestellte Vakuumpumpe 20a ist nicht mehr erforderlich. Ein unteratmosphärisches Druckniveau kann mittels einer Vakuumpumpe 11a bereitgestellt, mittels welcher das Gasgemisch X aus der TSA 11 ausgeführt wird. Ein entsprechendes Vakuum, beispielsweise bei ca. 0,5 bar (abs.), herrscht in der gesamten Regenerationsbahn der TSA (Erhitzer, Adsorber ...). Bei einer entsprechenden Ausgestaltung müssen im warmen Teil 10a der Anlage 10 lediglich Veränderungen im Hinblick auf die Vakuumbeständigkeit erfolgen. Auf einen Verdichter und Kühler zur Abführung von Verdichtungswärme in der Restgasgemischaufbereitung 21 kann auf diese Weise verzichtet werden.

[0050] In Figur 4 ist eine Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft veranschaulicht, die in einer Anordnung gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden kann. Die Anlage ist wie zuvor insgesamt mit 10 bezeichnet. Die in Figur 4 veranschaulichte Anlage 10 ist zur Tieftemperaturzerlegung von Luft nach dem SPECTRA-Verfahren eingerichtet.

[0051] Die Anlage 10 weist einen Hauptwärmetauscher 1 und eine Rektifikationskolonne 2 auf. Der Hauptwärmetauscher 1 kann auch aus mehreren einzelnen Wärmetauschern oder Wärmetauscherblöcken zusammengesetzt sein. In bekannter Weise auf einen Druck von 6 bis 20 bar, beispielsweise 9 bar, verdichtete, vorgekühlte und insbesondere mittels TSA wie zuvor erläutert vorgereinigte Einsatzluft A wird in Form eines Stoffstroms a durch den Hauptwärmetauscher 1 geführt. Die Einsatzluft A wird hierdurch auf eine für die Rektifikation geeignete Temperatur abgekühlt, die bei oder nahe ihrem Taupunkt liegt. Sie wird hierdurch teilweise verflüssigt.

[0052] Die Luft A bzw. der weiterhin mit a bezeichnete Stoffstrom a wird nach der Abkühlung in die Rektifikationskolonne 2 eingespeist und dort in üblicher Weise rektifiziert. Die Einspeisung erfolgt beispielsweise einige praktische oder theoretische Böden oberhalb des Sumpfs der Rektifikationskolonne 2. Der Betriebsdruck der Rektifikationskolonne 2 beträgt 6 bis 20 bar, beispielsweise ca. 9 bar. In der Rektifikationskolonne 2 werden ein gasförmiges, gegenüber atmosphärischer Luft an Stickstoff angereichertes Kopfprodukt und ein flüssiges, gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichertes Sumpfprodukt gebildet.

[0053] Aus der Rektifikationskolonne 2 werden ein erster flüssiger Stoffstrom b mit einem ersten Sauerstoffgehalt und ein zweiter flüssiger Stoffstrom c mit einem zweiten, unterschiedlichen Sauerstoffgehalt abgezogen, wobei der erste und der zweite Stoffstrom b und c (nach Unterkühlung im Hauptwärmetauscher 1) hier jeweils unter Verwendung eines Wärmetauschers 3 erwärmt werden, welcher zur Abkühlung und zumindest teilweisen Verflüssigung eines Teils des Kopfgases der Rektifi-

onskolonne 2 verwendet wird. Dieses Kopfgas wird vom Kopf der Rektifikationskolonne 2 in Form eines Stoffstroms d abgezogen und in Teilströme e und f aufgeteilt, wobei der Teilstrom e in dem Wärmetauscher 3 zugeführt wird.

[0054] Der erwähnte erste Stoffstrom b wird nach seiner Erwärmung in dem Wärmetauscher 7 jeweils zumindest zum Teil weiter erwärmt, in einer Entspannungsmaschine 5 entspannt, erneut erwärmt und als Teil eines Stoffstroms g, ggf. nach Vereinigung mit weiteren hier nicht gesondert erläuterten Stoffströmen, in Form des Restgasgemischs B aus der Anlage 10 zur Tieftemperaturzerlegung von Luft ausgeführt. Dieses Restgasgemisch B kann einer VPSA zugeführt werden. Der erwähnte zweite Stoffstrom c wird nach seiner Erwärmung in dem Wärmetauscher 7 (und ebenfalls nach Vorkühlung in dem Hauptwärmetauscher 1) anschließend jeweils zumindest zum Teil in einem Verdichter 4 verdichtet, der mit der Entspannungsmaschine 5 gekoppelt ist, und danach abgekühlt und in die Rektifikationskolonne 2 zurückgespeist wird. Auch hier kann eine Vereinigung mit weiteren Stoffströmen erfolgen.

[0055] Abweichend zur separaten Ausleitung der Stoffströme b und c kann auch nur ein Stoffstrom aus der Rektifikationskolonne 2 ausgeleitet und, stromauf oder stromab des Wärmetauschers 7, entsprechend aufgeteilt werden. Mit anderen Worten kann in dem Wärmetauscher 7 auch ein entsprechender gemeinsamer Stoffstrom erwärmt werden. Die Entspannungsmaschine 5 kann über eine nicht gesondert bezeichnete Bremsenrichtung mechanisch mit dem Verdichter 4 gekoppelt sein. Die Bremsenrichtung kann beispielsweise als Ölbremse ausgebildet sein.

[0056] Der bereits erwähnte Stoffstrom f wird im Hauptwärmetauscher 1 erwärmt und kann aus der Anlage 10 als gasförmiges stickstoffreiches Luftprodukt C ausgeführt werden. Der Stoffstrom e wird dagegen nach seiner zumindest teilweisen Verflüssigung in dem Wärmetauscher 7 erneut in die Teilströme g, h und i aufgeteilt, wobei der Teilstrom g auf die Rektifikationskolonne 2 zurückgeführt wird und der Teilstrom h in einem Unterkühler 9 unterkühlt wird. Auf diese Weise kann der Anlage 10 ein unterkühltes flüssiges stickstoffreiches Luftprodukt D entnommen werden. Der Teilstrom i wird der Anlage 10 als weiteres, nicht unterkühltes stickstoffreiches Luftprodukt E entnommen. Ein Teil des Teilstroms h, der in dem Unterkühler 9 erwärmt wird, wird als weiteres stickstoffreiches Luftprodukt B ausgeleitet. Ein weiteres Luftprodukt F kann ebenfalls in der veranschaulichten Weise bereitgestellt werden. Ein flüssiges stickstoffreiches Luftprodukt G kann in die Anlage eingespeist werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung eines sauerstoffreichen Luftprodukts, bei dem mittels einer Anlage (10) zur Tieftemperaturzerlegung von Luft ein erstes Rest-

- gasgemisch bereitgestellt wird, welches gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist und ferner Stickstoff aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Restgasgemisch oder ein Teil des ersten Restgasgemischs einer Vakuumdruckwechseladsorption (20) unterworfen wird, mittels welcher das sauerstoffreiche Luftprodukt und ein gegenüber dem ersten Restgasgemisch an Sauerstoff abgereichertes zweites Restgasgemisch bereitgestellt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem in der Anlage (10) zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mittels einer Temperaturwechseladsorption (11) Einsatzluft aufbereitet wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem ein Teil des ersten Restgasgemischs der Vakuumdruckwechseladsorption (20) unterworfen wird und bei dem ein weiterer Teil des ersten Restgasgemischs erwärmt und als ein Regeneriergas in der Temperaturwechseladsorption (11) verwendet wird, ohne zuvor der Vakuumdruckwechseladsorption (20) unterworfen worden zu sein.
 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem das zweite Restgasgemisch oder ein Teil des zweiten Restgasgemischs als ein Regeneriergas in der Temperaturwechseladsorption (11) verwendet wird.
 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das zweite Restgasgemisch oder dessen Teil vor der Verwendung als Regeneriergas in der Temperaturwechseladsorption (11) mittels einer Restgasgemischaufbereitung (21) aufbereitet wird.
 6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Restgasgemischaufbereitung (21) eine Verdichtung zumindest eines Teils des zweiten Restgasgemischs umfasst.
 7. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Regenerierung bei der Temperaturwechseladsorption (11) auf einem unteratmosphärischen Druckniveau durchgeführt wird.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem die Einsatzluft vor der Aufbereitung und nach einer Verdichtung mittels einer Verdampfungskühlung oder unter Verwendung eines nichtwässrigen Kühlmittels gekühlt wird.
 9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem in der Anlage (10) zur Tieftemperaturzerlegung von Luft eine oder mehrere Rektifikationskolonne(n) (2) verwendet wird, in der ein gasförmiges, gegenüber atmosphärischer Luft an Stickstoff angereichertes Kopfprodukt und ein flüssiges, gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichertes Sumpfprodukt gebildet wird.
 10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Rektifikationskolonne(n) (2) tiefkalte, gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereicherte Flüssigkeit in Form eines oder mehrerer Stoffströme entnommen und zumindest zum Teil in einem Wärmetauscher (7) erwärmt wird, der zur Abkühlung zumindest eines Teils des Kopfprodukts der Rektifikationskolonne (2) verwendet wird.
 11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem an Sauerstoff angereicherte Flüssigkeit, die der Rektifikationskolonne (2) in Form des einen oder der mehreren Stoffströme entnommen und in dem Wärmetauscher (7) erwärmt wird, zu einem ersten Teil zumindest in einer Entspannungsmaschine (5) entspannt und als das oder als ein Teil des Restgasgemischs aus der Anlage (10) zur Tieftemperaturzerlegung von Luft ausgeführt wird, und zu einem zweiten Teil zumindest in einem Verdichter (4) verdichtet wird, der mit Entspannungsmaschine (5) gekoppelt ist, und danach in die Rektifikationskolonne (2) zurückgespeist wird.
 12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das erste Restgasgemisch einen Gehalt von 30 bis 70 Molprozent Sauerstoff aufweist, bei dem das zweite Restgasgemisch einen Gehalt von 10 bis 30 Molprozent Sauerstoff aufweist, und bei dem das sauerstoffreiche Luftprodukt einen Gehalt von 80 bis 99 Molprozent Sauerstoff aufweist.
 13. Anordnung (100-300), die zur Gewinnung eines sauerstoffreichen Luftprodukts eingerichtet ist, umfassend eine Anlage (10), die zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und zur Bereitstellung eines ersten Restgasgemischs eingerichtet ist, welches gegenüber atmosphärischer Luft an Sauerstoff angereichert ist und ferner Stickstoff aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung eine Vakuumdruckwechseladsorption (20) umfasst, die dafür eingerichtet ist, das erste Restgasgemisch oder einen Teil des ersten Restgasgemischs zu bearbeiten und das sauerstoffreiche Luftprodukt und ein gegenüber dem ersten Restgasgemisch an Sauerstoff abgereichertes zweites Restgasgemisch bereitzustellen.
 14. Anordnung (100-300), die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 2 bis 12 eingerichtet ist.

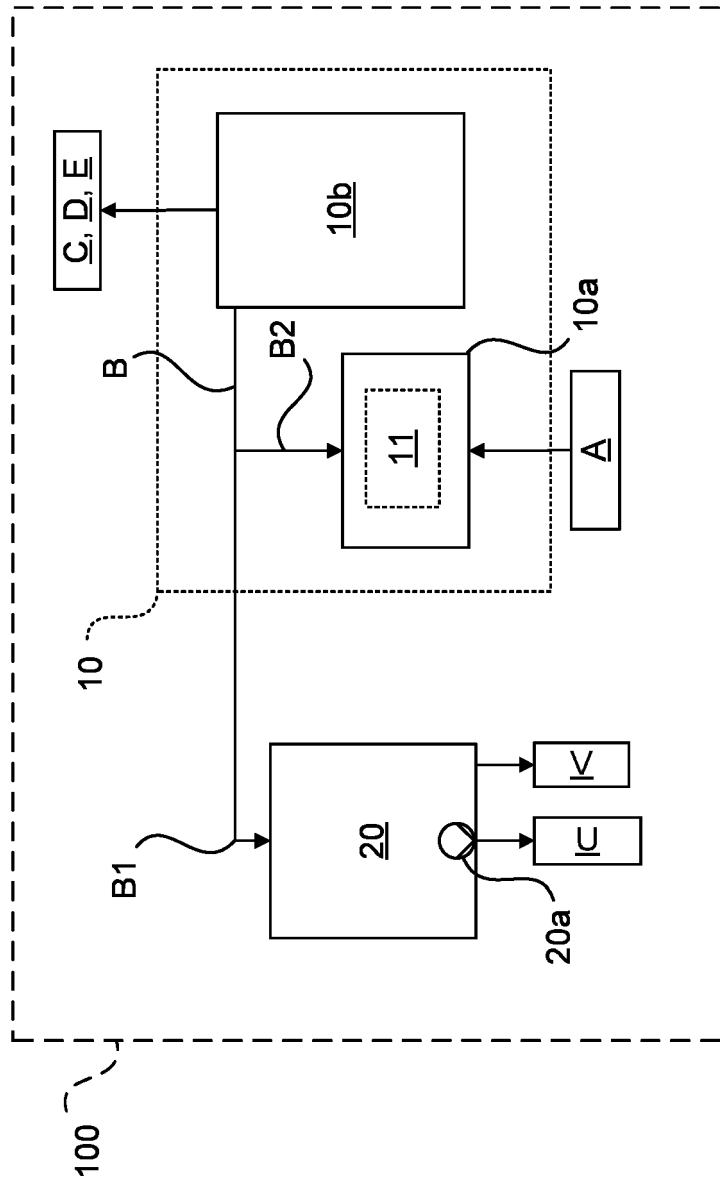


Fig. 1

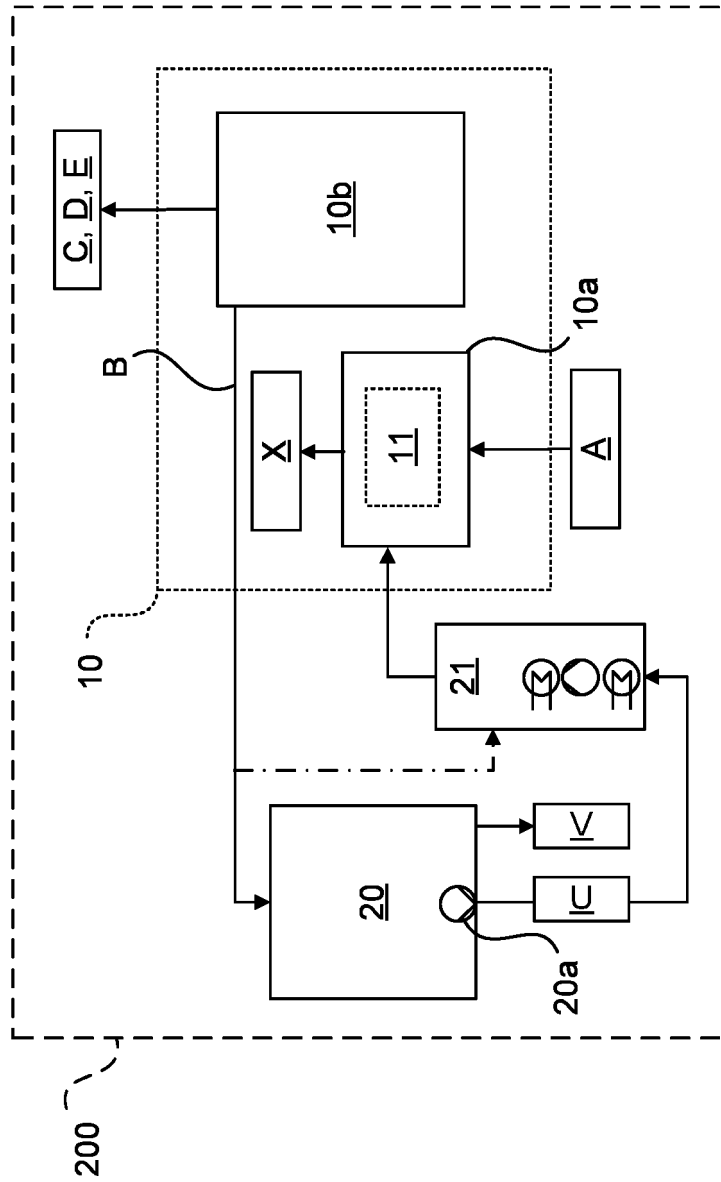


Fig. 2

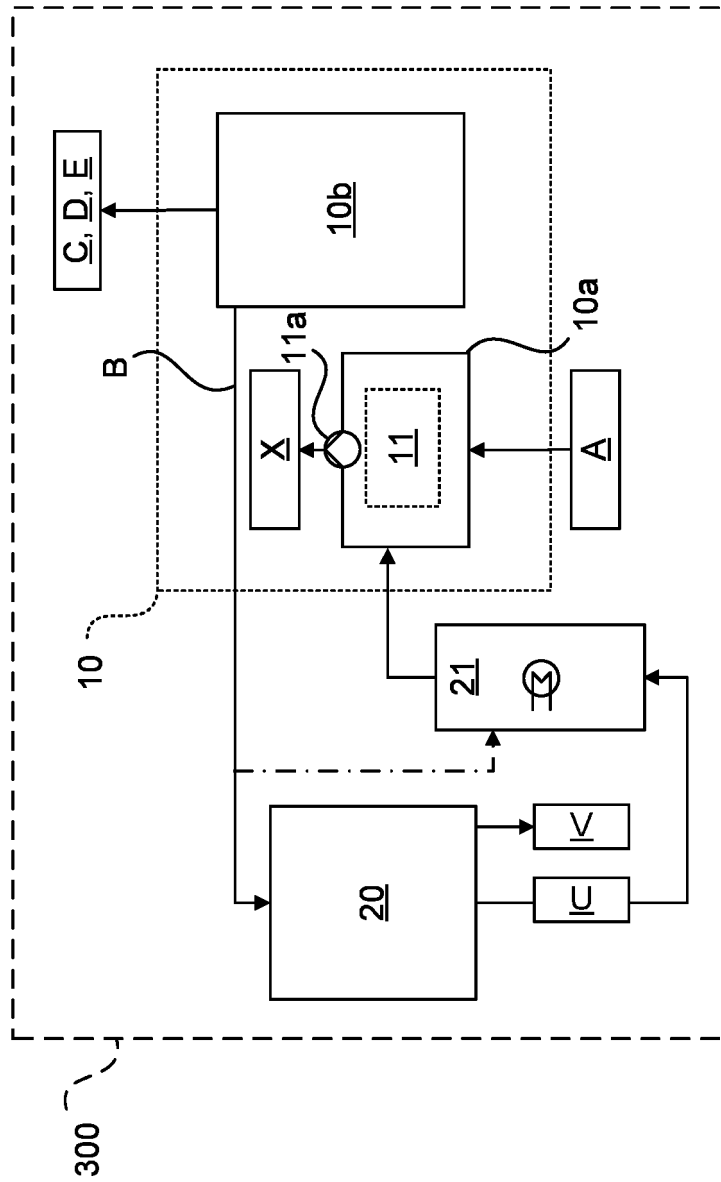


Fig. 3

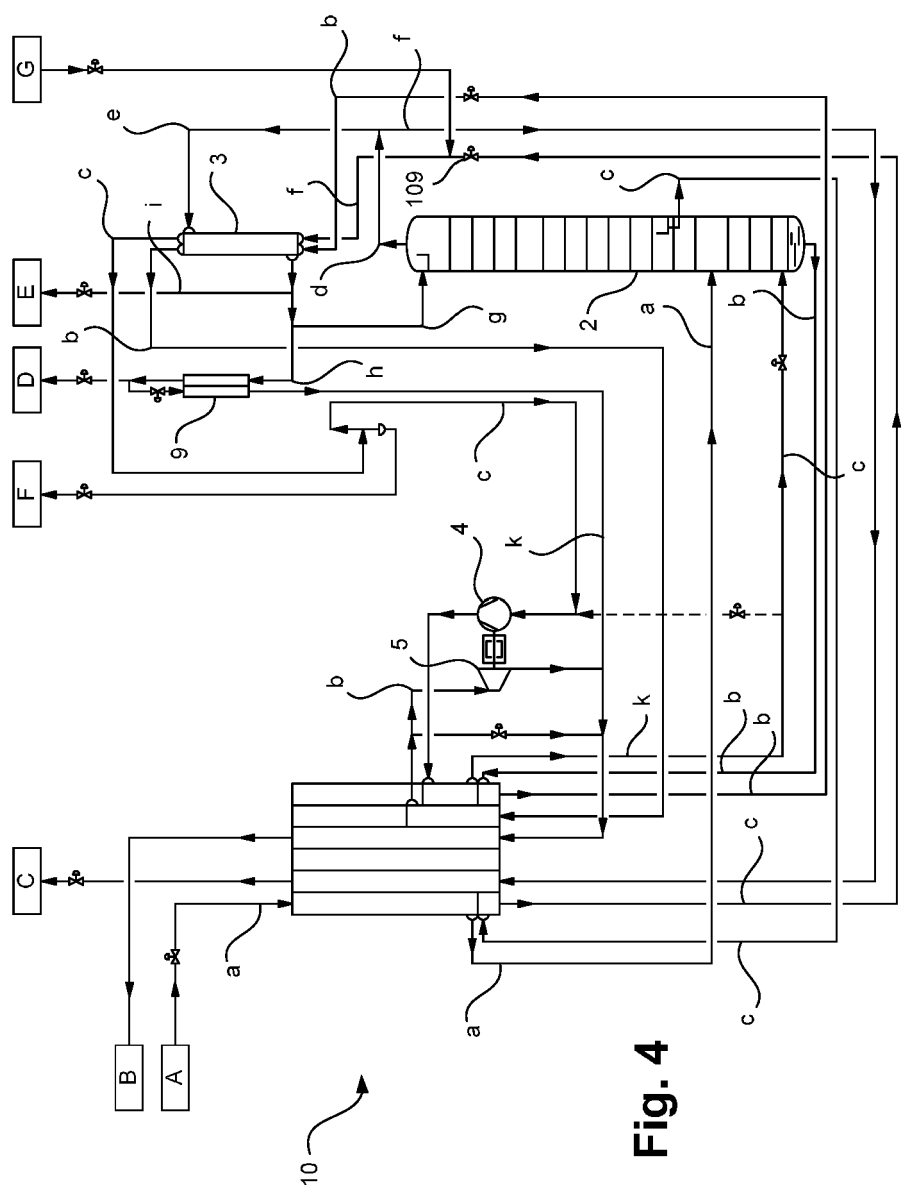


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 02 0515

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)
X	US 5 421 163 A (ENGLER YVES [FR] ET AL) 6. Juni 1995 (1995-06-06)	1-8, 12-14	INV. F25J3/04
Y	* Abbildungen 1-3 * * Spalte 1, Zeile 26 - Spalte 3, Zeile 37 *	1-14	
X	JP S61 15068 A (DAIDO OXYGEN) 23. Januar 1986 (1986-01-23)	1-10, 12-14	
Y	* Abbildungen 1, 2 * * das ganze Dokument *	1-14	
Y,D	EP 2 789 958 A1 (LINDE AG [DE]) 15. Oktober 2014 (2014-10-15) * Abbildungen 1, 2 * * Absatz [0006] * * Absatz [0034] - Absatz [0049] *	1-14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. April 2019	Prüfer Karspeck, Sabine
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 18 02 0515

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.

17-04-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 5421163	A	06-06-1995	CA	2101258 A1	27-05-1993
				DE	69222032 D1	09-10-1997
15				DE	69222032 T2	15-01-1998
				EP	0572634 A1	08-12-1993
				FR	2684089 A1	28-05-1993
				JP	H08505118 A	04-06-1996
				US	5421163 A	06-06-1995
				WO	9311395 A1	10-06-1993
20	-----					
	JP S6115068	A	23-01-1986	JP	S6115068 A	23-01-1986
				JP	S6148071 B2	22-10-1986

	EP 2789958	A1	15-10-2014	KEINE		
25	-----					
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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 2789958 A1 [0025]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

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