



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 27 145 T3 2010.04.15

(12) Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) EP 1 318 367 B2

(51) Int Cl.⁸: F25J 3/04 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 27 145.9

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 310 153.0

(96) Europäischer Anmeldetag: 04.12.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 11.06.2003

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 07.03.2007

(97) Veröffentlichungstag
des geänderten Patents beim EPA: 11.11.2009

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 15.04.2010

Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert

(73) Patentinhaber:

Air Products and Chemicals, Inc., Allentown, Pa.,
US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(74) Vertreter:

Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

(72) Erfinder:

O Connor, Declan P., Chessington Surrey KT9
1QN, GB

(54) Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur kryogenischen Luftzerlegung

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Tieftemperatur-Luftdestillation unter Verwendung einer Luftzerlegungseinheit ("ASU") mit mehr als einer Tieftemperatur-Destillationssäule. Die vorliegende Erfindung hat spezielle Anwendung auf eine ASU mit einem thermisch integrierten Doppelsäulen-Destillationssystem mit einer Säule mit höherem Druck ("HP") und einer Säule mit niedrigerem Druck ("LP").

[0002] Die Destillationssäulen einer ASU besitzen mehrere Säulenabschnitte. Die hydraulische Belastung der verschiedenen Säulenabschnitte kann signifikant variieren und es ist üblich, zwei oder mehr verschiedene Durchmesser für die Säulenabschnitte zu verwenden, insbesondere wenn eine strukturierte Packung als Massenübertragungselemente in den Säulen verwendet wird.

[0003] Die oberen Abschnitte der LP-Säule eines Doppelsäulensystems bestimmen gewöhnlich den im Säulensystem verwendeten größten Durchmesser, da eben an dieser Stelle typischerweise das Säulensystem den größten Volumendurchfluss von Dampf hat. Für einen definierten maximalen Säulendurchmesser im Doppelsäulensystem sind die oberen Abschnitte der LP-Säule gewöhnlich der Engpass für die Kapazitätsbemessung des Säulensystems. Die HP-Säule und die unteren Abschnitte der LP-Säule würden eine höhere Anlagenkapazität ermöglichen, wenn ihre Durchmesser in Richtung des angegebenen maximalen Durchmesserwerts vergrößert werden würden. Wenn die Doppelsäulenkapazität erhöht werden könnte, ohne den maximalen Doppelsäulen-Abschnittsdurchmesser zu vergrößern, dann wäre die Montagefläche des Säulensystems und der zugehörigen Rohrleitung weitgehend unverändert.

[0004] Ein Vorteil der Verringerung des Durchflussengpasses in den oberen Abschnitten der LP-Säule bestünde darin, dass die Kapazität des Doppelsäulensystems erhöht werden könnte (unter der Einschränkung eines speziellen definierten maximalen Säulendurchmessers). Außerdem ist die Fähigkeit, dass sehr große Säulen versandt werden, häufig durch den maximalen Säulenabschnittsdurchmesser bestimmt. Wenn der obige Durchflussengpass verringert werden könnte, dann könnte die maximale Kapazität einer Ein-Strecken-Doppelsäule erhöht werden.

[0005] US-A-5100448 (veröffentlicht am 31. März 1992) offenbart ein Säulensystem unter Verwendung einer strukturierten Packung, wobei eine strukturierte Packung mit niedrigerer Dichte (höherer Kapazität) in Säulenabschnitten mit einer hohen hydraulischen Last verwendet wird und eine Packung mit höherer Dichte (niedrigerer Kapazität) in Abschnitten mit einer niedrigen hydraulischen Last verwendet wird.

Obwohl dies das vorstehend erwähnte Ziel erreichen könnte, besitzt die Packung mit niedriger Dichte eine wesentlich schlechtere Massenübertragungsleistung als die Packung mit höherer Dichte.

[0006] US-A-6128921 (veröffentlicht am 10. Oktober 2000) offenbart eine Anordnung von mehreren LP-Säulen, um die Kapazität der Anlage zu erhöhen, wobei jede LP-Säule einen Teil des Produkts liefert. Es geht nicht das Problem an, dass es nur die oberen Abschnitte der LP-Säule sind, die den anfänglichen Kapazitätsengpass für das Doppelsäulensystem verursachen.

[0007] US-B-6227005 (veröffentlicht am 8. Mai 2001), WO-A-84/04957 (veröffentlicht am 20. Dezember 1984), GB-A-2057660 (veröffentlicht am 1. April 1981) und ein Artikel in Research Disclosure von Richard Mason Publications mit dem Titel "Intermediate Pressure Column in Air Separation" (Nr. 425, September 1999, S. 1185 bis 1186, XP-000889172), offenbaren alle Prozesse für die Herstellung von Sauerstoff und Stickstoff unter Verwendung eines Destillationssäulensystems mit mindestens drei Destillationssäulen, wobei jede Säule bei einem anderen Druck arbeitet und jede Zwischendrucksäule mindestens einen Aufkocher/Kondensierer besitzt.

[0008] EP-A-1271081 (veröffentlicht am 2. Januar 2003, jedoch mit einem Prioritätsdatum vom 12. Juni 2001) offenbart einen Prozess für die Zerlegung eines Mehrkomponentenfluids mit Sauerstoff und Stickstoff, um Stickstoff zu erzeugen. Der Prozess verwendet ein Mehrfach-Destillationssäulensystem mit einer Säule mit höherem Druck, die bei einem ersten Druck arbeitet, einer Säule mit niedrigerem Druck, die bei einem zweiten Druck arbeitet, der niedriger ist als der erste Druck, und einer Zusatzsäule, die bei einem dritten Druck arbeitet, der größer als oder gleich dem zweiten Druck ist. Es besteht keine Offenbarung in dieser Bezugsquelle für die Bestimmung der Dampfdurchflussmenge durch die Zusatzsäule, so dass die Durchmesser der oberen Abschnitte der Säule mit niedrigerem Druck nicht größer sind als für irgendeinen anderen Abschnitt des Mehrfach-Destillationssäulensystems.

[0009] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine ASU mit einem Mehrsäulen-Destillationssystem mit einer erhöhten Kapazität innerhalb der Einschränkung eines definierten maximalen Säulenabschnittsdurchmessers zu schaffen. Der Erfinder hat festgestellt, dass dies durch Leiten eines kleinen Bruchteils des Dampfdurchflusses, der normalerweise durch die oberen LP-Säulenabschnitte strömen würde, durch eine Hilfszerlegungssäule erreicht werden kann, in der ein Rückfluss durch einen Flüssigkeitsstrom, der von der HP-Säule stammt oder von dieser abgeleitet ist, bewirkt wird. Gewöhnlich ist die Dampfdurchflussmenge in der Hilfsäule geringer als etwa 25%, vor-

zugsweise geringer als etwa 20% und am meisten bevorzugt geringer als etwa 15% der Dampfdurchflussmenge in den oberen LP-Säulenabschnitten. Bodenflüssigkeit von der Hilfssäule wird an einem Zwischenort über dem unteren Abschnitt zur LP-Säule zurückgeführt.

[0010] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Prozess für die Tieftemperaturzerlegung von Luft unter Verwendung eines Mehrsäulen-Destillationssystems geschaffen, das mindestens eine HP-Säule und eine LP-Säule umfasst, wobei die LP-Säule eine Anzahl von Destillationsabschnitten aufweist, wobei der Prozess umfasst:
 Zuführen von gekühlter Zufuhrluft zu der HP-Säule für eine Zerlegung in stickstoffangereicherten HP-Kopfdestillatdampf und unbehandelten flüssigen Sauerstoff ("CLOX");
 Zuführen wenigstens eines LP-Säulen-Zufuhrstroms, der Stickstoff und Sauerstoff enthält, zu der LP-Säule, um ihn in stickstoffreichen LP-Kopfdestillatdampf und flüssigen Sauerstoff ("LOX") zu zerlegen;
 Bewirken eines Rückusses der LP-Säule mit einem Flüssigkeitsstrom, der von der HP-Säule stammt oder von dieser abgeleitet wird;
 Zuführen von sauerstoffhaltigem Gas, das nicht mehr als etwa 50 Mol-% Sauerstoff enthält, zu einer Hilfszerlegungssäule, um es in stickstoffreichen Hilfssäulen-Kopfdestillatdampf und in sauerstoffreiche Flüssigkeit zu zerlegen, wobei das sauerstoffhaltige Gas Gas enthält, das von einem Zwischenort in der LP-Säule entnommen wird;
 Zuführen von sauerstoffreicher Flüssigkeit von der Hilfssäule zu einem Zwischenort in der LP-Säule; und Bewirken eines Rückusses in der Hilfssäule mit einem Flüssigkeitsstrom, der von der HP-Säule stammt oder von dieser abgeleitet wird, wobei Flüssigkeit in der Hilfszerlegungssäule nicht wieder aufgekocht wird und die Dampfdurchflussmenge in der Hilfszerlegungssäule derart bestimmt wird, dass die Durchmesser der oberen Abschnitte der LP-Säule nicht größer als jene irgendeines anderen Abschnitts des Mehrsäulen-Destillationssystems sind.

[0011] Gewöhnlich ist die Dampfdurchflussmenge in der Hilfssäule geringer als etwa 25%, vorzugsweise geringer als etwa 20% und am meisten bevorzugt geringer als etwa 15% des Dampfdurchflusses in den oberen LP-Säulenabschnitten.

[0012] Das sauerstoffhaltige Gas kann etwa 50 bis etwa 10 Mol-% Sauerstoff umfassen.

[0013] Vorzugsweise wird das sauerstoffhaltige Gas von einem Ort unter den oberen Abschnitten der LP-Säule mit dem höchsten Volumendurchfluss von Dampf in der LP-Säule entnommen.

[0014] Sauerstoffhaltiges Gas von zwei oder mehre-

ren Quellen kann zur Hilfssäule zu irgendeinem Zeitpunkt zugeführt werden. Die Hilfssäule kann beispielsweise mit CLOX-Entspannungsdampf sowie mit sauerstoffhaltigem Gas, das von einem Zwischenort in der LP-Säule entnommen wird, gespeist werden.

[0015] Gewöhnlich ist der Betriebsdruck der Hilfszerlegungssäule derselbe wie der Betriebsdruck der LP-Säule. Eine solche Druckbeziehung ermöglicht, dass gasförmiger Stickstoff ("GAN"), der von der Oberseite der LP-Säule entnommen wird, mit stickstoffreichem, Hilfssäulen-Kopfdestillatdampf, der von der Hilfssäule entnommen wird, ohne Druckeinstellung kombiniert wird, um einen kombinierten Stickstoffproduktstrom zu bilden. Der Betriebsdruck der Hilfszerlegungssäule kann jedoch vom Betriebsdruck der LP-Säule verschieden sein. Eine Druckeinstellung wäre daher für irgendwelche Ströme erforderlich, die sich zwischen der LP-Säule und der Hilfsdruck-Zerlegungssäule bewegen.

[0016] Vorzugsweise umfasst der Prozess ferner das Entnehmen von stickstoffangereichertem HP-Kopfdestillatdampf von der Oberseite der HP-Säule, das Kondensieren zum mindestens eines Teils davon in einem Aufkocher/Kondensierer, der sich im Boden der LP-Säule befindet, und das Zuführen mindestens eines Teils des kondensierten Stickstoffs als Rückfluss zur HP-Säule. In der LP-Säule und der Hilfssäule kann ein Rückfluss mit kondensiertem Stickstoff, der im Aufkocher/Kondensierer erzeugt wird, oder mit Fluid, das von einem Zwischenort in der HP-Säule entnommen wird, bewirkt werden. Die Quelle des Rückusses für die LP-Säule ist nicht notwendigerweise dieselbe wie jene für die Hilfssäule. In der Hilfssäule wird gewöhnlich mit kondensiertem Stickstoff ein Rückfluss bewirkt, der im Aufkocher/Kondensierer erzeugt wird.

[0017] Wahlweise kann flüssige Luft für bestimmte Prozesszyklen auch zur HP-Säule zugeführt werden. Außerdem kann ein Teil des stickstoffangereicherten HP-Kopfdestillatdampfs als HPGAN-Produkt entnommen werden. Ferner könnte ein Teil des im Aufkocher/Kondensierer kondensierten Stickstoffs als Produkt von flüssigem Stickstoff ("LIN") entnommen werden.

[0018] CLOX kann einer Wärmeübertragung oder Destillation unterzogen werden, bevor er zur LP-Säule zugeführt wird. Einige Prozesse können eine Zuführung von flüssiger Luft und/oder eine Luftexpander-Auslasszuführung zur LP-Säule erfordern.

[0019] Flüssigkeitszufuhrströme zu den Säulen können unterkühlt werden.

[0020] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung für die Tieftem-

peraturzerlegung von Luft durch den Prozess gemäß dem ersten Aspekt geschaffen, wobei die Vorrichtung umfasst:

eine HP-Säule, um gekühlte Zufuhrluft in stickstoffangereicherten HP-Kopfdestillatdampf und in CLOX zu zerlegen;

eine LP-Säule, um wenigstens einen LP-Säulen-Zufuhrstrom, der Stickstoff und Sauerstoff enthält, in stickstoffreichen LP-Kopfdestillatdampf und LOX zu zerlegen, wobei die LP-Säule zahlreiche Destillationsabschnitte besitzt;

Leitungsmittel, um einen Flüssigkeitsstrom, der von der HP-Säule stammt oder von dieser abgeleitet wird, als Rückfluss zu der LP-Säule zuzuführen;

eine Hilfszerlegungssäule, um sauerstoffhaltiges Gas, das nicht mehr als etwa 50 Mol-% Sauerstoff enthält, in stickstoffreichen Hilfsäulen-Kopfdestillatdampf und in sauerstoffreiche Flüssigkeit zu zerlegen;

Leitungsmittel, um sauerstoffhaltiges Gas von einem Zwischenort in der LP-Säule zu der Hilfszerlegungssäule zuzuführen;

Leitungsmittel, um sauerstoffreiche Flüssigkeit von der Hilfsäule zu einem Zwischenort in der LP-Säule zuzuführen; und

Leitungsmittel, um sauerstoffreiche Flüssigkeit von der Hilfsäule zu einem Zwischenort in der LP-Säule zuzuführen; und

Leitungsmittel, um einen Flüssigkeitsstrom, der von der HP-Säule stammt oder von dieser abgeleitet wird, als Rückfluss zu der Hilfsäule zuzuführen, wobei die Hilfszerlegungssäule keinen Aufkocher besitzt und die Größe der Hilfszerlegungssäule derart ist, dass die Säule eine Dampfdurchflussmenge aufnimmt, die so bestimmt ist, dass die Durchmesser der oberen Abschnitte der LP-Säule nicht größer als jene irgendeines anderen Abschnitts des Mehrsäulen-Destillationssystems sind.

[0021] Gewöhnlich ist die Größe der Hilfszerlegungssäule derart, dass die Hilfsäule eine Dampfdurchflussmenge von weniger als etwa 25%, vorzugsweise weniger als etwa 20% und am meisten bevorzugt weniger als etwa 15% der Dampfdurchflussmenge in den oberen LP-Säulenabschnitten aufnehmen kann.

[0022] Der Zwischenort der LP-Säule, von dem das sauerstoffhaltige Gas entnommen wird, sollte unter den oberen Abschnitten der LP-Säule mit dem höchsten Volumendurchfluss von Dampf in der LP-Säule liegen.

[0023] Im Allgemeinen umfasst die Vorrichtung ferner:

einen Aufkocher/Kondensierer, um wenigstens einen Teil des stickstoffangereicherten HP-Kopfdestillatdampfs durch indirekten Wärmeaustausch mit LOX am Boden der LP-Säule zu kondensieren;

Leitungsmittel, um stickstoffangereicherten

HP-Dampf von der Oberseite der HP-Säule zu dem Aufkocher/Kondensierer zuzuführen; und Leitungsmittel, um wenigstens einen Teil des kondensierten Stickstoffs als Rückfluss von dem Aufkocher/Kondensierer zu der Oberseite der HP-Säule zuzuführen. Die Vorrichtung kann Leitungsmittel zum Zuführen von kondensiertem Stickstoff als Rückfluss zur LP-Säule, zur Hilfszerlegungssäule oder zu beiden der Säulen umfassen. Die Vorrichtung kann Leitungsmittel zum Zuführen eines von einem Zwischenort in der HP-Säule entnommenen Fluids als Rückfluss zur LP-Säule, zur Hilfszerlegungssäule oder zu beiden der Säulen umfassen. Die Vorrichtung umfasst gewöhnlich Leitungsmittel zum Zuführen von kondensiertem Stickstoff als Rückfluss zur Hilfszerlegungssäule.

[0024] Die Hilfsäule kann irgendwo im Raum relativ zum Mehrsäulen-Destillationssystem angeordnet sein. Der Zweckmäßigkeit halber wird die Hilfsäule vorzugsweise angehoben, so dass sauerstoffreiche Flüssigkeit im Boden der Säule zur LP-Säule unter Schwerkraft zugeführt werden kann, obwohl sie sich längs der LP-Säule oder sogar unter der LP-Säule befinden könnte, und sauerstoffreiche Bodenflüssigkeit kann zur LP-Säule gepumpt werden. In den meisten Mehrsäulen-Tieftemperatur-Destillationssystemen ist die Hilfsäule direkt über der LP-Säule angeordnet.

[0025] In Systemen, die die Verwendung eines "Hauben"-Abschnitts an der Oberseite der LP-Säule beinhalten, könnten der Haubenabschnitt und die Hilfsäule integriert sein, um eine unterteilte Säule zu bilden. In solchen Ausführungsformen kann eine beliebige Geometrie verwendet werden, um den Querschnitt der zwei Säulen zu unterteilen. In Ausführungsformen, in denen die Hilfsäule beispielsweise längs des Haubenabschnitts angeordnet ist, könnte die Hilfsäule den Haubenabschnitt in einer ringförmigen Konfiguration umgeben oder umgekehrt. Alternativ können die Säulen Sektoren oder Segmente eines gemeinsamen äußeren kreisförmigen Mantels oder sogar eine quadratische Säule innerhalb einer Säule sein. Eine beliebige geeignete Konfiguration einer unterteilten Säule kann verwendet werden.

[0026] Die Hilfsäulen-Dampfdurchflussmenge ist gewöhnlich geringer als 25% der Dampfdurchflussmenge in den oberen Abschnitten der LP-Säule. Das Hinzufügen der Hilfsäule wendet sich speziell der Situation zu, dass es nur die oberen Abschnitte der LP-Säule sind, die den maximalen Doppelsäulen-Abschnittsdurchmesser bestimmen. Unter Verwendung der Erfindung kann entweder der maximale Säulendurchmesser verringert werden oder die Doppelsäulen-Kapazität erhöht werden. Außerdem kann eine Standardpackung mit höherer Dichte mit ausgezeichneten Massenübertragungseigenschaften in allen Abschnitten der Säulen verwendet werden (im

Gegensatz zur Lehre von US-A-5100448).

[0027] Die Hilfsäule ist relativ kostengünstig, da sie einen Durchmesser aufweist, der gewöhnlich geringer als jener für die LP-Säule ist, und nicht viele theoretischen Stufen für die Massenübertragung erfordert. Außerdem erfordert sie keine zusätzlichen Aufkocher oder Kondensierer, wenn Zyklen des Standes der Technik durch die Erfindung angepasst werden sollen.

[0028] Anstatt der Verwendung von mehreren LP-Säulen, um die Anlagenkapazität zu erhöhen (wie z. B. in US-A-6128921), kann die Kapazität eines typischen Doppelsäulen-Destillationssystems durch das Hinzufügen einer Hilfsäule mit einer Dampfdurchflussmenge von gewöhnlich weniger als 25% von jener in den oberen Abschnitten der LP-Säule signifikant erhöht werden. Ferner besitzt die Hilfsäule typischerweise weniger als fünfzehn und vorzugsweise etwa zehn theoretische Zerlegungsstufen, was ermöglicht, dass sie derart angeordnet wird, dass die Kapazitätszunahme der Mehrfachsäule erreicht wird, während sie eine minimale Auswirkung auf die Größe der kalten Umhüllung hat.

[0029] Das Folgende ist eine nur beispielhafte Beschreibung mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen von derzeit bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. In den Zeichnungen:

[0030] ist [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines typischen Doppelsäulen-Tieftemperatur-Luftdestillationssystems;

[0031] ist [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auf der Basis des typischen Systems in [Fig. 1](#), in dem sauerstoffhaltiges Gas für die Hilfsäule von einem Zwischenort in der LP-Säule entnommen wird;

[0032] ist [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung eines typischen Doppelsäulen-Tieftemperatur-Luftdestillationssystems, in dem die LP-Säule einen "Hauen"-Abschnitt besitzt; und

[0033] ist [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung eines Beispiels dafür, wie die in [Fig. 2](#) gezeigte Ausführungsform der Erfindung für Säulensysteme des in [Fig. 3](#) gezeigten Typs modifiziert werden kann.

[0034] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) wird gekühlte komprimierte Luft **100** zur HP-Säule **10** zugeführt. Wahlweise kann für einige Prozesszyklen auch ein flüssiger Luftstrom **102** zur HP-Säule **10** zugeführt werden. In der HP-Säule **10** wird eine Zerlegung bewirkt, um einen stickstoffangereicherten Kopfdestillatstrom zu ergeben, von dem ein Teil wahlweise als Produkt HPGAN entnommen und der Ausgleich im Aufkocher **20** kondensiert werden könnte. Ein Teil des konden-

sierten Stickstoffs wird als Rückfluss zur HP-Säule **10** zurückgeführt und der Ausgleich wird als Strom **110** entnommen, um einen Rückfluss für die LP-Säule **30** (und wahlweise ein LIN-Produkt) bereitzustellen.

[0035] Ein CLOX-Strom **120** wird aus der HP-Säule **10** entnommen und zu einem Zwischenpunkt der LP-Säule **30** geleitet (wahlweise nachdem er einer Wärmeübertragung oder Destillation in nicht gezeigten Säulen oder Austauschern unterzogen wurde). Für einige Doppelsäulenzyklen kann die LP-Säule **30** auch einen flüssigen Luftzufahrstrom **104** und/oder einen Expander-Entleerungs/Auslass-Zufahrstrom **106** aufweisen. Wahlweise können die die Säulen speisenden Flüssigkeitsströme unterkühlt werden, aber eine solche Unterkühlung ist in den Fig. nicht gezeigt.

[0036] In der LP-Säule **30** wird die Zerlegung bewirkt, um einen Kopfdestillat-Stickstoffabstrom **130** und einen Boden-Sauerstoffproduktstrom **140** zu ergeben. Die LP-Säule ist als mit drei Abschnitten I, II, III gezeigt, obwohl sich ein weiterer Abschnitt im System von [Fig. 1](#) befinden würde, wenn der Expanderstrom **106** in die Säule an einem anderen Punkt als der CLOX-Strom **120** eintreten würde. Es könnten auch zusätzliche Abschnitte in der unteren Zone der LP-Säule vorhanden sein, wenn der Prozesszyklus zusätzliche Säulen oder Austauscher umfassen würde, die verwendet werden würden, um die CLOX-Zufuhr vorzubehandeln und/oder Argon zu erzeugen.

[0037] Es sollte beachtet werden, dass in [Fig. 1](#) die oberen zwei Abschnitte II, III typischerweise den höchsten Volumendurchfluss von Dampf in der LP-Säule **30** hätten. Im Allgemeinen würden die hydraulischen Säulenbelastungen erfordern, dass diese Abschnitte einen signifikant größeren Durchmesser als Abschnitte in der unteren Zone der LP-Säule **30** besitzen, insbesondere wenn eine strukturierte Packung als Massenübertragungselemente verwendet werden würde.

[0038] In den restlichen Fig. werden dieselben Bezugssymbole verwendet, um sich auf Teile der Vorrichtung zu beziehen, die den in [Fig. 1](#) gezeigten entsprechen.

[0039] In [Fig. 2](#) wird ein Dampfstrom **150** mit einer Sauerstoffkonzentration von weniger als etwa 50 Mol-% O₂, aber mehr als etwa 10 Mol-% O₂ aus der LP-Säule **30** von unter den am stärksten belasteten Abschnitten II, III entnommen und zum Boden der Hilfszerlegungssäule **40** geleitet, wo er in sauerstoffreiche Flüssigkeit und stickstoffreichen Hilfsäulen-Kopfdestillatdampf zerlegt wird. Die Durchflussmenge des Stroms **150** ist typischerweise derart bestimmt, dass die oberen Abschnitte II, III der LP-Säule **30** nicht mehr einen Durchmesser aufweisen müssen, der größer als irgendein anderer Doppelsäu-

len-Abschnittsdurchmesser ist.

[0040] Die Hilfssäule **40** ist mit mindestens einem Rückflussstrom **112** versehen, der von der HP-Säule **10** ausgeht. Sauerstoffreiche Flüssigkeit aus der Hilfssäule **40** wird als Strom **154** zu einem Zwischenpunkt in der LP-Säule **30** zurückgeleitet. Der Kopfdestillatdampfstrom **152** von der Hilfssäule **40** wird mit dem Stickstoffabgasstrom **130** von der LP-Säule **30** kombiniert.

[0041] In [Fig. 2](#) ist die Hilfssäule **40** über der LP-Säule angeordnet gezeigt, aber die Hilfssäule **40** könnte anderswo angeordnet sein. Vorzugsweise ist die Hilfssäule **40** angehoben, so dass die sauerstoffreiche Flüssigkeit unter Schwerkraft zur LP-Säule **40** strömen kann.

[0042] [Fig. 3](#) stellt ein Doppelsäulensystem des Standes der Technik dar. Das System dieser Figur ist von jenem von [Fig. 1](#) insofern verschieden, als ein zusätzlicher "Hauben"-Abschnitt **IV** in der LP-Säule **30** für die Erzeugung von LPGAN-Produkt vorhanden ist, das als Strom **160** entnommen wird. Der Haubenabschnitt **IV** der LP-Säule **30** ist insofern typisch, als er einen kleineren Durchmesser als der Abschnitt **III** besitzt, da ein Teil des Kopfdestillatdampfs vom Abschnitt **III** als Abfallstickstoff im Strom **130** entnommen wird. Wie in [Fig. 1](#) sind die oberen Abschnitte **II**, **III** der LP-Säule die am stärksten belasteten Abschnitte und sind folglich insofern typisch, als sie größere Durchmesser als der Rest der Doppelsäulenabschnitte aufweisen.

[0043] [Fig. 4](#) stellt eine mögliche Anordnung dar, in der das in [Fig. 3](#) dargestellte System angepasst wurde, um die Hilfssäule **40** aufzunehmen. Wie in [Fig. 2](#) verarbeitet die Hilfssäule **40** einen Bruchteil des Dampfs, der innerhalb der LP-Säule **30** aufsteigt, um die Abschnitte **II**, **III** zu entlasten. Die Hilfssäule **40** ist längs des LP-Säulen-Haubenabschnitts **IV** als unterteilte Säulen gezeigt, es soll jedoch selbstverständlich sein, dass die Hilfssäule **40** den Haubenabschnitt **IV** in einer ringförmigen Konfiguration umgeben könnte oder umgekehrt. Außerdem könnte die Hilfssäule **40** statt dessen über oder längs der LP-Säule **30** angeordnet sein.

[0044] Es ist zu erkennen, dass die Erfindung nicht auf die vorstehend mit Bezug auf die bevorzugten Ausführungsformen beschriebenen Details eingeschränkt ist, sondern dass zahlreiche Modifikationen und Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Schutzbereich der Erfindung, wie durch die folgenden Ansprüche definiert, abzuweichen.

Patentansprüche

1. Prozess für die Tieftemperaturzerlegung von Luft unter Verwendung eines Mehrsäulen-Destillati-

onssystems, das wenigstens eine Säule **(10)** mit höherem Druck ("HP"-Säule) und eine Säule **(30)** mit niedrigerem Druck ("LP"-Säule) umfasst, wobei die LP-Säule **(30)** zahlreiche Destillationssäulenabschnitte besitzt, wobei der Prozess umfasst:
Zuführen **(100)** von gekühlter Zufuhrluft zu der HP-Säule **(10)** für eine Zerlegung in stickstoffangereicherten HP-Kopfdestillatdampf und unbehandelten flüssigen Sauerstoff ("CLOX");
Zuführen **(104, 106, 120)** wenigstens eines LP-Säulen-Zufuhrstroms, der Stickstoff und Sauerstoff enthält, zu der LP-Säule **(30)**, um ihn in stickstoffangereicherten LP-Kopfdestillatdampf und flüssigen Sauerstoff ("LOX") zu zerlegen;
Bewirken eines Rückflusses in der LP-Säule **(30)** mit einem Flüssigkeitsstrom **(110)**, der von der HP-Säule **(10)** stammt oder von dieser abgeleitet wird;
Zuführen **(106, 120, 150)** von sauerstoffhaltigem Gas, das nicht mehr als etwa 50 Mol-% Sauerstoff enthält, zu einer Hilfszerlegungssäule **(40)**, um es in stickstoffangereicherten Hilfssäulen-Kopfdestillatdampf und in sauerstoffangereicherte Flüssigkeit zu zerlegen, wobei das sauerstoffhaltige Gas Gas umfasst, das von einem Zwischenort in der LP-Säule **(30)** entnommen wird **(150)**;
Zuführen **(154)** von sauerstoffangereicherter Flüssigkeit von der Hilfssäule **(40)** zu einem Zwischenort in der LP-Säule **(30)**; und
Bewirken eines Rückflusses in der Hilfssäule **(40)** mit einem Flüssigkeitsstrom **(112)**, der von der HP-Säule **(10)** stammt oder von dieser abgeleitet wird, wobei Flüssigkeit in der Hilfszerlegungssäule **(40)** nicht wieder aufgekocht wird und die Dampfdurchflussmenge in der Hilfssäule **(40)** in der Weise bestimmt wird, dass die Durchmesser der oberen Abschnitte **(II, III)** der LP-Säule **(30)** nicht größer als jene irgendeines anderen Abschnitts des Mehrsäulen-Destillationssystems sind.

2. Prozess nach Anspruch 1, bei dem die Dampfdurchflussmenge in der Hilfszerlegungssäule **(40)** weniger als etwa 25% der Dampfdurchflussmenge in den oberen LP-Säulenabschnitten **(II, III)** ist.

3. Prozess nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem das sauerstoffhaltige Gas **(106, 120, 150)** Sauerstoff in einer Menge im Bereich von etwa 50 bis etwa 10 Mol-% enthält.

4. Prozess nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Gas von einem Ort unterhalb der oberen Abschnitte **(II, III)** der LP-Säule **(30)** mit dem höchsten Volumendurchfluss von Dampf in der LP-Säule **(30)** entnommen **(150)** wird.

5. Prozess nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Betriebsdruck der Hilfszerlegungssäule **(40)** gleich dem Betriebsdruck der LP-Säule **(30)** ist.

6. Prozess nach Anspruch 5, bei dem gasförmig-

ger Stickstoff ("GAN"), der von der Oberseite der LP-Säule (**30**) entnommen wird, mit stickstoffangereichertem Hilfssäulen-Kopfdestillatdampf kombiniert wird, der von der Hilfssäule (**40**) entnommen (**152**) wird, um einen kombinierten Stickstoffproduktstrom zu bilden.

7. Prozess nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Betriebsdruck der Hilfszerlegungssäule (**40**) von dem Betriebsdruck der LP-Säule (**30**) verschieden ist.

8. Prozess nach einem der Ansprüche 1 bis 7, der ferner umfasst:

Entfernen von stickstoffangereichertem HP-Kopfdestillatdampf von der Oberseite der HP-Säule (**10**); Kondensieren wenigstens eines Anteils hiervon in einem Aufkocher/Kondensierer (**20**), der sich am Boden der LP-Säule (**30**) befindet; und

Zuführen wenigstens eines Teils des kondensierten Stickstoffs als Rückfluss zu der HP-Säule (**10**).

9. Prozess nach Anspruch 8, bei dem ein Rückfluss in der Hilfssäule (**40**) mit kondensiertem Stickstoff, der im Aufkocher/Kondensierer (**20**) erzeugt wird, bewirkt (**112**) wird.

10. Prozess nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, bei dem in der Hilfssäule (**40**) ein Rückfluss mit Fluid bewirkt wird, das von einem Zwischenort in der HP-Säule (**10**) entnommen wird.

11. Vorrichtung für die Tieftemperaturzerlegung von Luft durch den Prozess nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung umfasst:

eine HP-Säule (**10**), um gekühlte Zufuhrluft (**100**) in stickstoffangereicherten HP-Kopfdestillatdampf und in CLOX zu zerlegen;

eine LP-Säule (**30**), um wenigstens einen LP-Säulen-Zufahrstrom (**104, 106, 120**), der Stickstoff und Sauerstoff enthält, in stickstoffangereicherten LP-Kopfdestillatdampf und LOX zu zerlegen, wobei die LP-Säule (**30**) zahlreiche Destillationssäulenabschnitte besitzt;

Leitungsmittel (**110**), um einen Flüssigkeitsstrom, der von der HP-Säule (**10**) stammt oder von dieser abgeleitet wird, als Rückfluss zu der LP-Säule (**30**) zuzuführen;

eine Hilfszerlegungssäule (**40**), um sauerstoffhaltiges Gas (**106, 120, 150**), das nicht mehr als etwa 50 Mol-% Sauerstoff enthält, in stickstoffangereicherten Hilfssäulen-Kopfdestillatdampf und in sauerstoffangereicherte Flüssigkeit zu zerlegen;

Leitungsmittel (**150**), um sauerstoffhaltiges Gas von einem Zwischenort in der LP-Säule (**30**) zu der Hilfszerlegungssäule (**40**) zuzuführen;

Leitungsmittel (**154**), um sauerstoffangereicherte Flüssigkeit von der Hilfssäule (**40**) zu einem Zwischenort in der LP-Säule (**30**) zuzuführen; und Leitungsmittel (**112**), um einen Flüssigkeitsstrom, der

von der HP-Säule (**10**) stammt oder von dieser abgeleitet wird, als Rückfluss zu der Hilfssäule (**40**) zuzuführen,

wobei die Hilfszerlegungssäule (**40**) keinen Aufkocher besitzt und die Größe der Hilfszerlegungssäule (**40**) derart ist, dass die Säule (**40**) eine Dampfdurchflussmenge aufnehmen kann, die so bestimmt ist, dass die Durchmesser der oberen Abschnitte (**II, III**) der LP-Säule (**30**) nicht größer als jene irgendeines anderen Abschnitts des Mehrsäulen-Destillationssystems sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der die Größe der Hilfszerlegungssäule (**40**) derart ist, dass die Säule (**40**) eine Dampfdurchflussmenge von weniger als etwa 25% der Dampfdurchflussmenge in den oberen Abschnitten (**II, III**) der LP-Säule (**30**) aufnimmt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder Anspruch 12, bei der sich der Zwischenort unter den oberen Abschnitten (**II, III**) der LP-Säule (**30**) mit dem höchsten Volumendurchfluss von Dampf in der LP-Säule (**30**) befindet.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, die ferner umfasst:

einen Aufkocher/Kondensierer (**20**), um wenigstens einen Teil des stickstoffangereicherten HP-Kopfdestillatdampfs durch indirekten Wärmeaustausch mit LOX am Boden der LP-Säule (**30**) zu kondensieren; Leitungsmittel, um stickstoffangereicherten HP-Dampf von der Oberseite der HP-Säule (**10**) zu dem Aufkocher/Kondensierer (**20**) zuzuführen; und Leitungsmittel, um wenigstens einen Teil des kondensierten Stickstoffs als Rückfluss von dem Aufkocher/Kondensierer (**20**) zu der Oberseite der HP-Säule (**10**) zuzuführen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, die ferner Leitungsmittel (**112**) umfasst, um kondensierte Stickstoff von der HP-Säule (**10**) als Rückfluss zu der Hilfszerlegungssäule (**40**) zuzuführen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder Anspruch 15, die ferner Leitungsmittel umfasst, um Fluid, das von einem Zwischenort in der HP-Säule (**10**) entnommen wird, als Rückfluss zu der Hilfszerlegungssäule (**40**) zuzuführen.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

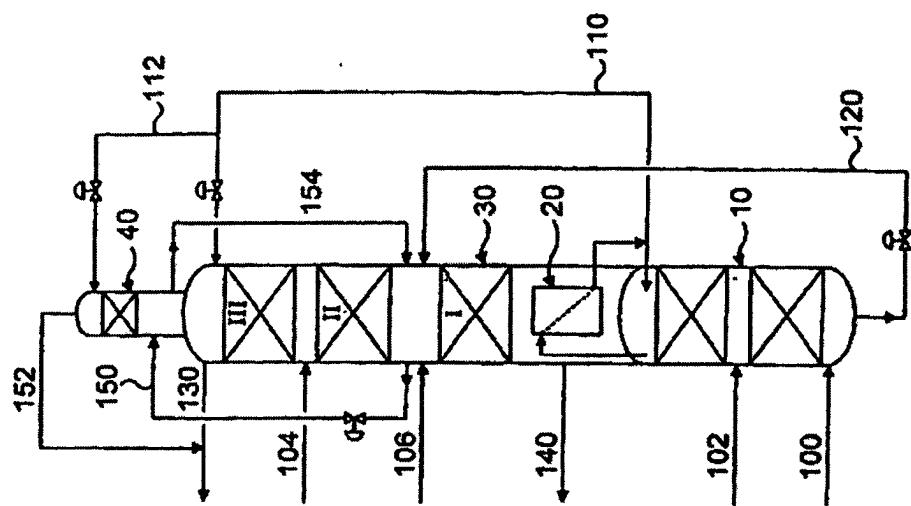
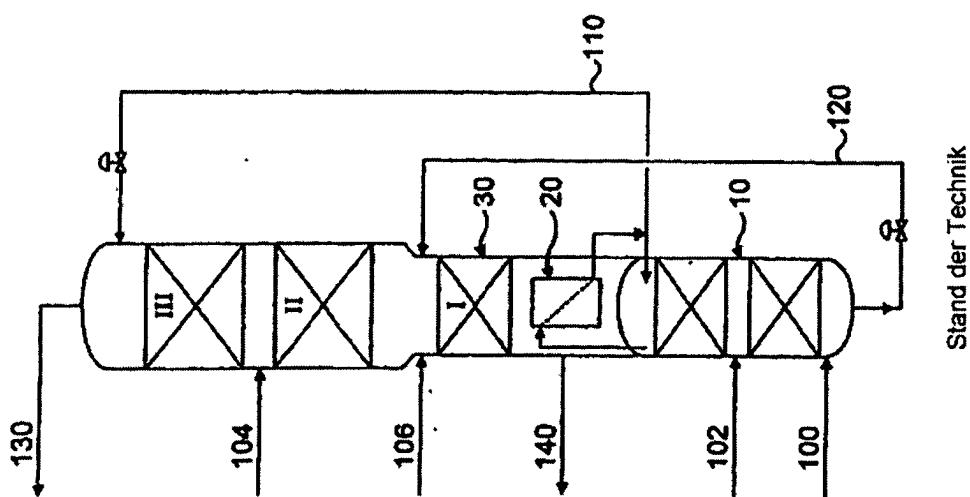


FIG. 2



Stand der Technik

FIG. 1

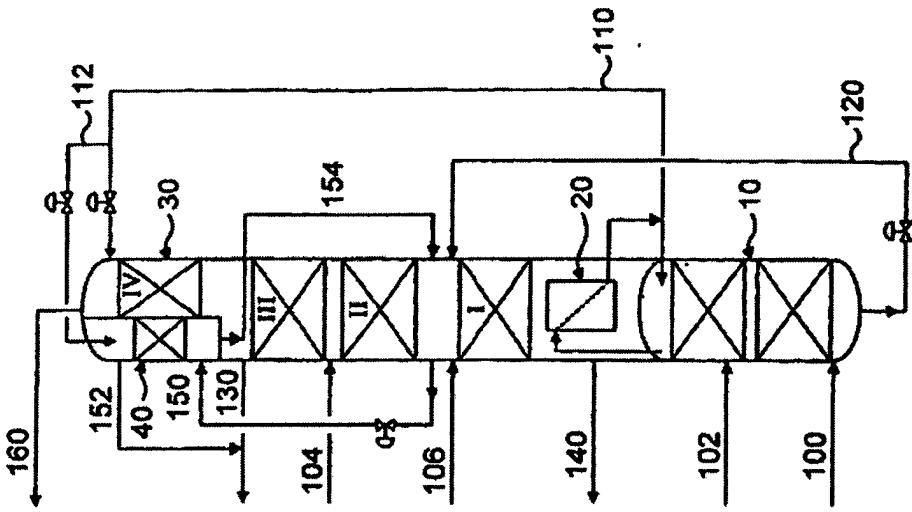
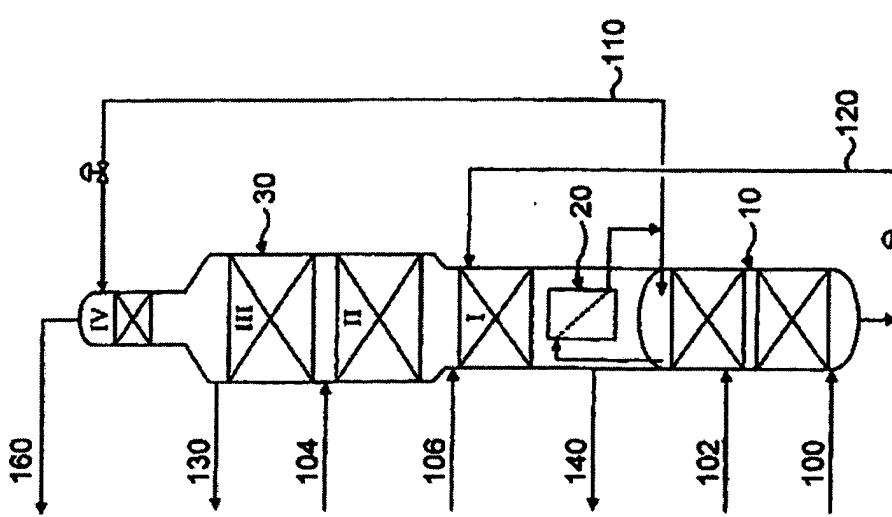


FIG. 4



Stand der Technik

三
正