

(19)



(11)

EP 4 488 606 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.01.2025 Patentblatt 2025/02

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

(21) Anmeldenummer: **23020329.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**F25J 3/04018; F25J 3/0403; F25J 3/04048;
F25J 3/04145; F25J 3/04284; F25J 3/04333;
F25J 3/04351; F25J 3/044; F25J 3/04412;
F25J 3/04666; F25J 3/04781; F25J 3/04824;
F25J 3/04951; F25J 3/04957; F25J 2200/72;**

(22) Anmeldetag: **04.07.2023**

(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: **Otte, Daniel**
82049 Pullach (DE)

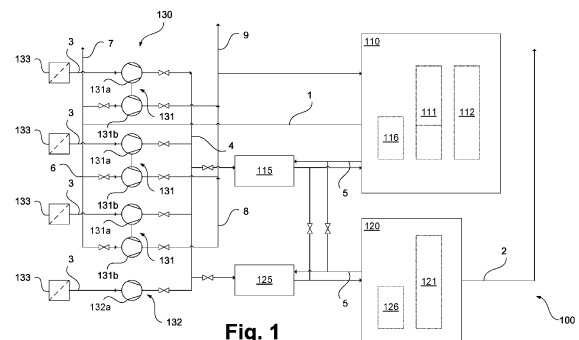
(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

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

(54) **VERFAHREN ZUR KRYOGENEN ERZEUGUNG VON LUFTPRODUKTEN UND LUFTZERLEGUNGSSYSTEM**

(57) Es wird ein Verfahren zur kryogenen Erzeugung von Luftprodukten vorgeschlagen, bei dem ein Luftzerlegungssystem (100) mit einer ersten Rektifikationsanordnung (110), einer zweiten Rektifikationsanordnung (120) und einer Verdichteranordnung (130) verwendet wird, wobei die erste Rektifikationsanordnung (110) und die zweite Rektifikationsanordnung (120) jeweils eine auf einem Druckniveau von mehr als 2 bar betriebene Rektifikationskolonne aufweisen und das Verfahren einen Kombinationsbetriebsmodus umfasst, in dem unter Verwendung der Verdichteranordnung (130) Einsatzluft einer Einsatzluftverdichtung unterworfen und anschließend in Anteilen der ersten Rektifikationsanordnung (110) und der zweiten Rektifikationsanordnung (120) zugeführt wird, in dem unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung (110) und der zweiten Rektifikationsanordnung (120) Hochreinstickstoff bereitgestellt wird, und in dem unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung (110) bereitgestellte Hochreinstickstoff oder ein Teil hiervon mittels der Verdichteranordnung (130) einer Hochreinstickstoffverdichtung unterworfen wird. Es ist vorgesehen, dass die Verdichteranordnung (130) mehrere erste Verdichtereinheiten (131) und eine zweite Verdichtereinheit (132) aufweist, wobei jede der ersten Verdichtereinheiten (131) eine erste Verdichterstufe (131a) und eine zweite Verdichterstufe (131b) auf-

weist, in den ersten Verdichtereinheiten (131) die erste Verdichterstufe (131a) und die zweite Verdichterstufe (131b) mechanisch miteinander gekoppelt sind, und im Kombinationsbetriebsmodus die ersten Verdichterstufen (131a) der ersten Verdichtereinheiten (131) und die zweiten Verdichtereinheiten (132) für die Einsatzluftverdichtung und die zweiten Verdichterstufen (131b) der ersten Verdichtereinheiten (131) für die Hochreinstickstoffverdichtung verwendet werden. Ein entsprechendes Luftzerlegungssystem (100) ist ebenfalls Gegenstand der Erfindung.

**Fig. 1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
F25J 2230/24; F25J 2230/40; F25J 2230/42;
F25J 2245/02; F25J 2245/40; F25J 2250/02;
F25J 2250/20

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur kryogenen Erzeugung von Luftprodukten und ein Luftzerlegungssystem.

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. Hinsichtlich des technischen Hintergrunds der vorliegenden Erfindung wird auf entsprechende Literatur verwiesen.

[0003] Aus der US 5,582,034 A ist ein Verfahren zur Herstellung von Stickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft bekannt, bei dem eine einzelne Rektifikationskolonne verwendet wird. Der Rektifikationskolonne werden aus einem unteren Bereich Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Stickstoff- und Sauerstoffgehalten entnommen. Die Flüssigkeiten werden in einem Kondensatorverdampfer zur Kondensation von stickstoffreichem Kopfgas der Rektifikationskolonne verwendet, um auf diese Weise einen Rücklauf für die Rektifikationskolonne zu liefern. Nach Verdampfung der stickstoffreicheren und sauerstoffärmeren Flüssigkeit wird das gebildete Gas, oder ein Teil hiervon, rückverdichtet, abgekühlt, und in die Rektifikationskolonne rückgespeist. Dieses Gas wird auch als "Kreislaufstrom" bezeichnet. Die stickstoffärmere und sauerstoffreichere Flüssigkeit kann, ebenfalls nach entsprechender Verdampfung, in einer Entspannungsturbine entspannt werden, die einen Booster zur Rückverdichtung des Kreislaufstroms antreibt. Weiteres Kopfgas der Rektifikationskolonne wird als Stickstoffprodukt aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet.

[0004] In der WO 2021/180362 A1 sind ebenfalls unterschiedliche Verfahren dieser Art beschrieben, welche die Anmelderin auch als SPECTRA-Verfahren bezeichnet. Auf die Erläuterungen auf Seite 2 dieser Druckschrift und die dortige Beschreibung zu Figur 1 wird vorliegend ausdrücklich Bezug genommen. In der WO 2020/083528 A1 ist eine Vielzahl von Ausgestaltungen beschrieben, in denen beispielsweise Reinsauerstoffkolonnen und/oder Argonkolonnen zusätzlich zu der ursprünglich einzelnen Rektifikationskolonne zur Stickstoffgewinnung eingesetzt werden. Außerdem sind Doppelsäulenverfahren zur gleichzeitigen Gewinnung von Druckstickstoff und Argon bekannt, beispielsweise aus der WO 2023/030679 A1.

[0005] Der Bedarf an Luftprodukten bei Verbrauchern wie beispielsweise Chipherstellern kann schwanken, und zwar hinsichtlich der Menge als auch der Art der Luftprodukte. So kann beispielsweise nur zu bestimmten Zeiten Argon benötigt werden oder eine Menge an benötigtem Reinstickstoff schwanken. Das jeweils geforderte Produktverhältnis von beispielsweise Argon und/o-

der Sauerstoff zu Stickstoff kann unter Umständen dazu führen, dass die Konstruktion von unterschiedlichen Anlagentypen der zuvor erläuterten Art hinsichtlich der Erststellungskosten vorteilhaft ist. Für entsprechende Zwecke können dabei auch Luftzerlegungssysteme mit mehreren Rektifikationsanordnungen zum Einsatz kommen, die nur zu bestimmten Zeiten gemeinsam und zu anderen Zeiten jeweils einzeln in Betrieb sind und entsprechende Luftprodukte liefern.

[0006] Es besteht dabei jedoch weiterhin der Bedarf nach verbesserten Verfahren und Luftzerlegungssystemen dieser Art.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Vor diesem Hintergrund werden ein Verfahren zur kryogenen Erzeugung von Luftprodukten und ein Luftzerlegungssystem mit den Merkmalen der jeweiligen unabhängigen Patentansprüche vorgeschlagen. Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

[0008] Die in einer Luftzerlegungsanlage eingesetzten Vorrichtungen sind in der zitierten Fachliteratur, beispielsweise bei Häring in Abschnitt 2.2.5.6, "Apparatus", beschrieben. Sofern die nachfolgenden Definitionen nicht hiervon abweichen, wird daher zum Sprachgebrauch, der im Rahmen der vorliegenden Anmeldung verwendet wird, ausdrücklich auf die zitierte Fachliteratur verwiesen.

[0009] Es wird ein Verfahren zur kryogenen Erzeugung von Luftprodukten vorgeschlagen, bei dem ein Luftzerlegungssystem mit einer ersten Rektifikationsanordnung, einer zweiten Rektifikationsanordnung und einer Verdichteranordnung verwendet wird, wobei die erste Rektifikationsanordnung und die zweite Rektifikationsanordnung jeweils eine Rektifikationskolonne aufweisen, die auf einem Druckniveau von mehr als 2 bar, insbesondere mehr als 3 bar, 4 bar oder 5 bar, und insbesondere bis zu 10 bar, 12 bar oder 15 bar, betrieben wird. Die erste und zweite Rektifikationsanordnung sind insbesondere insoweit entkoppelt, dass zwischen diesen keine Fluide ausgetauscht, d.h. von der ersten in die zweite Rektifikationsanordnung und umgekehrt überführt werden, oder dies höchstens in sehr geringem Umfang, bspw. zu weniger als 10% einer Gesamtmenge der jeweils in der ersten und der zweiten Rektifikationsanordnung behandelten Fluide geschieht.

[0010] Es ist vorgesehen, dass das Verfahren einen Kombinationsbetriebsmodus umfasst, wobei in dem Kombinationsbetriebsmodus unter Verwendung der Verdichteranordnung Einsatzaft einer Einsatzaftverdichtung unterworfen und danach in Anteilen der ersten Rektifikationsanordnung und der zweiten Rektifikationsanordnung zugeführt wird. Der ersten Rektifikationsanordnung kann insbesondere ein erster Hauptwärmetauscher und der zweiten Rektifikationsanordnung insbesondere ein zweiter Hauptwärmetauscher zugeordnet sein, wobei der zur Speisung der ersten Rektifikations-

anordnung verwendete Anteil der Luft durch den ersten und der zur Speisung der zweiten Rektifikationsanordnung verwendete Anteil der Luft separat dazu durch den zweiten Hauptwärmetauscher geführt wird, d.h. der zur Speisung der ersten Rektifikationsanordnung verwendete Anteil der Luft nicht durch den zweiten und der zur Speisung der zweiten Rektifikationsanordnung verwendete Anteil der Luft nicht durch den ersten Hauptwärmetauscher geführt wird. Auch hier können geringfügige Mengen von bspw. weniger als 10% der Einsatzluft abweichend behandelt werden.

[0011] Ferner ist vorgesehen, dass in dem Kombinationsbetriebsmodus unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung und der zweiten Rektifikationsanordnung Hochreinstickstoff bereitgestellt wird, und in dem Kombinationsbetriebsmodus der unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung bereitgestellte Hochreinstickstoff oder ein Teil hiervon unter Verwendung der Verdichteranordnung einer Hochreinstickstoffverdichtung unterworfen wird.

[0012] Unter "Hochreinstickstoff" wird vorliegend insbesondere gasförmiger Stickstoff mit einem sehr geringen Gehalt von Sauerstoff verstanden, der insbesondere im ein-, zwei- oder dreistelligen ppb-Bereich (parts per billion, Milliardstel Anteile), d.h. insbesondere bei weniger als 100, 50, 10, 5, 1, 0,5 oder 0,1 ppb, liegen kann. Ein Argongehalt kann typischerweise bei einem höheren Wert liegen, und zwar beispielsweise im ein-, zwei- oder dreistelligen ppm-Bereich (parts per million, Millionstel Anteile) oder weniger, d.h. insbesondere bei weniger als 100, 50, 10, 5, 1, 0,5 oder 0,1 ppb. Die Hochreinstickstoffverdichtung erfolgt insbesondere von einem Druck in einem Druckbereich von 2 bis 5 bar auf einen Druck in einem Druckbereich von 8 bis 15 bar. Die Einsatzluftverdichtung erfolgt insbesondere von Atmosphärendruck auf einen Druck in einem Druckbereich von 8 bis 15 bar. Der Hochreinstickstoff aus der zweiten Rektifikationsanordnung kann insbesondere unverdichtet als Hochreinstickstoffprodukt bereitgestellt werden.

[0013] Hierbei ist vorgesehen, dass die Verdichteranordnung mehrere erste Verdichtereinheiten und eine zweite Verdichtereinheit aufweist, wobei jede der ersten Verdichtereinheiten eine erste Verdichterstufe und eine zweite Verdichterstufe aufweist, in jeder der ersten Verdichtereinheiten die erste Verdichterstufe und die zweite Verdichterstufe mechanisch miteinander gekoppelt sind, und in dem Kombinationsbetriebsmodus die ersten Verdichterstufen der ersten Verdichtereinheiten und die zweite Verdichtereinheit für die Einsatzluftverdichtung und die zweiten Verdichterstufen der ersten Verdichtereinheiten für die Hochreinstickstoffverdichtung verwendet werden.

[0014] Ein "Verdichter" bzw. eine "Verdichtereinheit" ist im hier zugrunde gelegten Verständnis 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 entnom-

men wird, eingerichtet ist. Ein Verdichter bildet dabei generell 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. Insbesondere werden entsprechende Verdichterstufen mittels eines gemeinsamen Antriebs, beispielsweise über eine gemeinsame Welle, angetrieben. Nachfolgend ist von "Verdichtereinheiten" die Rede, wobei bestimmte Verdichtereinheiten für unterschiedliche Verdichtungszwecke verwendete Verdichterstufen aufweisen kann und diese Verdichterstufen mechanisch miteinander gekoppelt sind, beispielsweise über eine gemeinsame Welle.

[0015] Die vorliegende Erfindung betrifft in ihren unterschiedlichen Ausgestaltungen insbesondere eine hinsichtlich der Erstellungskosten verbesserte Möglichkeit zur Bereitstellung von Einsatzluft für unterschiedliche Rektifikationsanordnung und gleichzeitig zur Verdichtung eines Hochreinstickstoffprodukts. Den nachfolgenden Erläuterungen liegen Systeme mit zwei Rektifikationsanordnungen zugrunde, von denen eine mit einer Doppelkolonne ausgebildet ist und ein Argongewinnungssystem aufweist und die andere in Form einer SPECTRA-Einheit ausgebildet ist und kein Argongewinnungssystem aufweist. Das hier vorgeschlagene Verfahren bzw. ein entsprechendes System ist dabei erweiterbar, insbesondere mit einer weiteren SPECTRA-Einheit zur Stickstoffgewinnung.

[0016] Eine SPECTRA-Einheit mit Argongewinnung ist herkömmlicherweise (zur Verringerung der Erstellungskosten) mit einem vierstufigen Hauptluftverdichter und einem zweistufigen Stickstoffverdichter in Form einer Kombinationsmaschine ausgestattet. Eine SPECTRA-Einheit ohne Argongewinnung ist herkömmlicherweise mit einem drei- oder vierstufigen Hauptluftverdichter ausgestattet.

[0017] Die vorliegende Erfindung wurde insbesondere für ein Anforderungsprofil mit einer Luftverdichteranordnung von N+2 entwickelt. Diese soll insbesondere eine Reduktion von 50% in der gesamten Gasversorgung ermöglichen, was zu einer in Betrieb befindlichen 50%-Maschinen für jede Anlage führt. Es soll ferner möglich sein, jede der Einheiten im Falle einer Wartung/Ausfallzeit der anderen Einheit zu betreiben. Eine herkömmliche Lösung würde daher die Verwendung von N+2 Maschinen, d.h. 2+2 für die SPECTRA-Einheit mit Argongewinnung und 2+2 für die SPECTRA-Einheit ohne Argongewinnung, und damit acht Maschinen insgesamt, führen. Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung bieten eine Lösung, um die Anzahl der installierten Maschinen auf ein Minimum zu reduzieren und trotzdem einen effizienten und flexiblen Betrieb insgesamt sicherzustellen.

len.

[0018] Zur Argongewinnung können Luftzerlegungsanlagen mit sogenannten Roh- und Reinargonkolonnen eingesetzt werden. Ein Beispiel ist bei Häring (s.o.) in Figur 2.3A veranschaulicht und ab Seite 26 im Abschnitt "Rectification in the Low-pressure, Crude and Pure Argon Column" sowie ab Seite 29 im Abschnitt "Cryogenic Production of Pure Argon" beschrieben. In einer herkömmlichen Rohargonkolonne wird Rohargon gewonnen und in einer nachgeschalteten Reinargonkolonne zu Reinargon aufbereitet. Grundsätzlich kann zur Argongewinnung auch auf eine Reinargonkolonne verzichtet werden, wenn die betreffenden Rektifikationskolonnen entsprechend angepasst werden. Reinargon kann beispielsweise aus der Rohargonkolonne bzw. einer vergleichbaren Rektifikationskolonne weiter unterhalb als das herkömmlicherweise in die Reinargonkolonne überführte Fluid abgezogen werden, wobei ein oberhalb der Entnahmestelle angeordneter Abschnitt zur Stickstoffabtrennung dient. Zuvor und nachfolgend werden auch die Begriffe "Argongewinnungskolonne" und "Argongewinnungssystem" verwendet.

[0019] Die Erfindung ermöglicht eine Erstellungs- und Betriebskostenreduzierung durch Einhaltung der Flexibilität und der Produkthanforderungen durch eine geschickte Verschaltung von Luft- und Hochreinstickstoffverdichtung und eine intelligente Definition der Verdichtungsanforderungen. Mindestens einer der Verdichter, d.h. die zweite Verdichtereinheit, ist dabei kein Kombinationsverdichter und damit nur für die Verdichtung von Luft eingerichtet.

[0020] Insbesondere kann bzw. können eine, mehrere oder alle der ersten Verdichtereinheiten zwei bis vier der ersten Verdichterstufen und/oder zwei bis vier der zweiten Verdichterstufen aufweisen. Hierbei können in einer, mehreren oder allen ersten Verdichtereinheiten eine, mehrere oder alle der ersten Verdichterstufen mit einer, mehreren oder allen der zweiten Verdichterstufe mechanisch gekoppelt sein. Auch eine paarweise Kopplung jeweils einer ersten und einer zweiten Verdichterstufe kann vorgesehen sein. Die obigen Erläuterungen zu "der" ersten Verdichterstufe und "der" zweiten Verdichterstufe betreffen daher auch solche Ausgestaltungen.

[0021] Ebenfalls kann in Ausgestaltungen der Erfindung die Verdichteranordnung zwei oder mehr zweite Verdichtereinheiten aufweisen, von denen dann eine, mehrere oder alle betrieben werden können wie zuvor erläutert.

[0022] Die ersten Verdichterstufen unterschiedlicher erster Verdichtereinheiten können dabei voneinander entkoppelt sein und die zweiten Verdichterstufen unterschiedlicher erster Verdichtereinheiten können ebenfalls voneinander entkoppelt sein.

[0023] Insbesondere weist die erste Rektifikationsanordnung eine Doppelkolonneneinheit mit einer Druckkolonne und einer Niederdruckkolonne sowie einer Argongewinnungskolonne auf, wobei der unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung bereitgestellte

Hochreinstickstoff aus der Doppelkolonneneinheit, insbesondere am Kopf einer Druckkolonne und/oder Niederdruckkolonne, entnommen wird, und wobei der Argongewinnungskolonne ein Argonprodukt entnommen wird.. Die Druck- und Niederdruckkolonne können dabei in einem gemeinsamen Mantel verbaut, aber auch separat zueinander bereitgestellt werden. Die Niederdruckkolonne kann einteilig oder zweiteilig ausgebildet sein. Der Betriebsdruck der Druckkolonne kann insbesondere bei 9 bis 14,5 bar liegen.

[0024] Auch die Argonkolonne kann einteilig oder zweiteilig ausgebildet sein. Die erste Rektifikationsanordnung kann eine oder mehrere Rektifikationskolonnen zur Herstellung von ultrahochreinem Sauerstoff und/oder zur Herstellung eines Krypton-/Xenon-Rohgemischs und/oder zur Herstellung eines Helium-/Neon-Rohgemischs umfassen.

[0025] Die zweite Rektifikationsanordnung weist insbesondere eine Stickstoffkolonne, aus der der unter Verwendung der zweiten Rektifikationsanordnung bereitgestellte Hochreinstickstoff entnommen wird, und keine Argongewinnungskolonne auf. Es kann sich insbesondere um eine Rektifikationskolonne handeln, wie sie für ein SPECTRA-System bekannt ist. Insbesondere kann in der zweiten Rektifikationsanordnung genau eine Stickstoffkolonne vorhanden sein, und zwar als einzige Kolonne, oder es können eine oder mehrere Stickstoffkolonnen zusammen mit einer oder mit mehreren weiteren Kolonnen vorhanden sein, insbesondere für die Produktion von ultrahochreinem Sauerstoff, wie eingangs erläutert.

[0026] Die erste Rektifikationsanordnung bzw. deren Doppelkolonneneinheit wird insbesondere betrieben, wie für entsprechende Anordnungen an sich bekannt. Der Stickstoffkolonne der zweiten Rektifikationsanordnung wird insbesondere Flüssigkeit entnommen, entspannt, gegen kondensierendes Kopfgas der zweiten Stickstoffkolonne verdampft, und zumindest zum Teil einer Rückverdichtung unterworfen und in die Stickstoffkolonne zurückgespeist. Die zweite Stickstoffkolonne ist dabei insbesondere vom Typ jener Rektifikationskolonnen, wie sie eingangs unter Bezug auf Druckschriften wie die US 5,582,034 A, die WO 2021/180362 A1 und die WO 2020/083528 A1 bzw. das SPECTRA-Verfahren beschrieben wurden. Die erwähnte Rückverdichtung kann dabei insbesondere unter Verwendung eines mit einer Entspannungsturbine gekoppelten Boosters eines Turbinenboosters erfolgen.

[0027] Eine "Entspannungsturbine" bzw. "Entspannungsmaschine", die über eine gemeinsame Welle mit weiteren Entspannungsturbinen oder Energiewandlern wie Ölbremsten, 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 mehreren Entspannungsturbinen angetrieben, jedoch ohne

extern, beispielsweise mittels eines Elektromotors, zugeführte Energie, wird der Begriff "turbinengetriebener Verdichter" oder alternativ "Turbinenbooster" verwendet.

[0028] Der Stickstoffkolonne (in der zweiten Rektifikationsanordnung) können aus einem unteren Bereich insbesondere Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Stickstoff- und Sauerstoffgehalten entnommen werden, von denen die Flüssigkeit mit dem höheren Stickstoffgehalt insbesondere die bereits erwähnte Flüssigkeit sein kann. Die Flüssigkeiten können in einem Kondensatorverdampfer zur Kondensation des stickstoffreichen Kopf-
gases der Rektifikationskolonne verwendet werden, um auf diese Weise einen Rücklauf für die Stickstoffkolonne zu liefern. Nach Verdampfung der stickstoffreicheren und sauerstoffärmeren Flüssigkeit kann das gebildete Gas, oder ein Teil hiervon, rückverdichtet, abgekühlt, und in die Stickstoffkolonne rückgespeist. Dieses Gas wird auch als "Kreislaufstrom" bezeichnet. Die stickstoffärmere und sauerstoffreichere Flüssigkeit kann, ebenfalls nach entsprechender Verdampfung, in einer Entspannungsturbine entspannt werden, die einen Booster zur Rückverdichtung des Kreislaufstroms antreibt. Weiteres Kopfgas der Stickstoffkolonne kann als das Stickstoffprodukt aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet werden.

[0029] In einer Ausgestaltung der Erfindung kann jede der ersten Verdichtereinheiten, wie erwähnt, bis zu vier der ersten Verdichterstufen und bis zu zwei der zweiten Verdichterstufen aufweisen. Eine entsprechende Verteilung von Verdichterstufen bzw. der Einsatz für die jeweiligen Zwecke kann insbesondere eine Anpassung an die Mengenverhältnisse von Stickstoff und anderen Luftkomponenten in atmosphärischer Luft erfolgen.

[0030] Das Verfahren umfasst in Ausgestaltungen insbesondere einen ersten Einzelbetriebsmodus, in dem die Einsatzluft der Verdichtung unterworfen und nur der ersten Rektifikationsanordnung zugeführt wird, und in dem zumindest ein Teil ersten Verdichtereinheiten betrieben wird und die zweite Verdichtereinheit nicht betrieben wird. In entsprechenden Ausgestaltungen kann also insbesondere die SPECTRA-Einheit ohne Argongewinnung außer Betrieb gesetzt werden, beispielsweise um diese warten zu können oder die bereitgestellte Gesamtmenge an Stickstoff zu reduzieren.

[0031] Insbesondere ist in Ausgestaltungen auch ein zweiter Einzelbetriebsmodus vorgesehen, in dem die Einsatzluft der Verdichtung unterworfen und nur der zweiten Rektifikationsanordnung zugeführt wird, und in dem die zweite Verdichtereinheit betrieben wird und die ersten Verdichtereinheiten nicht betrieben werden. Auf diese Weise kann insbesondere von einer Kombinationsproduktion von Stickstoff und Argon auf eine reine Stickstoffproduktion unter Reduktion der Stickstoffmenge umgestellt werden.

[0032] Der Kombinationsbetriebsmodus und/oder der erste Einzelbetriebsmodus kann bzw. können insbesondere einen Auslegungsbetriebsmodus, in dem alle ersten Verdichtereinheiten betrieben werden, und einen

oder mehrere Sonderbetriebsmodi, in dem zumindest eine der ersten Verdichtereinheiten nicht betrieben wird, umfassen. Entsprechende Ausgestaltungen ermöglichen eine Anpassung an unterschiedliche Produkthanforderungen und betriebliche Anforderungen.

[0033] Der Sonderbetriebsmodus oder zumindest einer der mehreren Sonderbetriebsmodi kann insbesondere ein Wartungsbetriebsmodus sein, in dem eine Menge der Einsatzluft, die der Verdichtung unterworfen wird, gleich wie in dem Auslegungsbetriebsmodus ist. In einer derartigen Ausgestaltung kann ein Durchsatz der weiter aktiv betriebenen Verdichtereinheiten erhöht werden.

[0034] Der Sonderbetriebsmodus oder zumindest einer der mehreren Sonderbetriebsmodi kann insbesondere aber auch ein Lastreduktionsbetriebsmodus sein, in dem eine Menge der Einsatzluft, die der Verdichtung unterworfen wird, geringer als in dem Auslegungsbetriebsmodus ist. In einer derartigen Ausgestaltung wird der Durchsatz insgesamt reduziert.

[0035] Weitere Betriebsmodi können vorgesehen sein, beispielsweise ein Wartungsmodus, bei dem die erste und zweite Rektifikationsanordnungen in Betrieb sind und zwei oder drei der ersten oder zweiten Verdichterstufen in Betrieb sind. Dabei kann können die zweiten Verdichterstufen im internen Kreislauf betrieben werden. Im weiteren gibt es die Möglichkeit, dass nur die zweite Rektifikationsanordnung in Betrieb ist und nur ein Kombiverdichter mit erster und zweiter Verdichterstufe in Betrieb ist, wobei die zweite Verdichterstufe im internen Kreislauf betrieben wird bzw. werden (also im "idle" Modus). Entsprechendes gilt auch für mehrere erste und zweite Verdichterstufen, falls in einer ersten Verdichteranordnung in einer Ausgestaltung vorgesehen.

[0036] Es können zwei Prepurification Units und zwei Hauptwärmetauschereinheiten bekannter Art verwendet werden. Der ersten Rektifikationsanordnung kann eine der zwei Prepurification Units und eine der zwei Hauptwärmetauschereinheiten zugeordnet sein, und der zweiten Rektifikationsanordnung kann die jeweils andere der zwei Prepurification Units und der zwei Hauptwärmetauschereinheiten zugeordnet sein. Unter einer "Rektifikationsanordnung" seien also im hier zugrunde liegenden Verständnis die entsprechenden Kombinationen aus Apparaten verstanden werden.

[0037] Das vorgeschlagene Luftzerlegungssystem zur kryogenen Erzeugung von Luftprodukten umfasst eine erste Rektifikationsanordnung, eine zweite Rektifikationsanordnung und eine Verdichteranordnung, wobei die erste Rektifikationsanordnung und die zweite Rektifikationsanordnung jeweils eine für einen Betrieb bei mehr als 2 bar eingerichtete Rektifikationskolonne aufweisen und das Luftzerlegungssystem dafür eingerichtet ist, einen Kombinationsbetriebsmodus durchzuführen und in diesem unter Verwendung der Verdichteranordnung Einsatzluft einer Einsatzluftverdichtung zu unterwerfen und danach in Anteilen der ersten Rektifikationsanordnung und der zweiten Rektifikationsanordnung zuzuführen, unter Verwendung der ersten Rektifikations-

anordnung und der zweiten Rektifikationsanordnung Hochreinstickstoff bereitzustellen, und den unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung bereitgestellten Hochreinstickstoff oder einen Teil hiervon unter Verwendung der Verdichteranordnung einer Hochreinstickstoffverdichtung zu unterwerfen.

[0038] Die vorgeschlagene Verdichteranordnung umfasst mehrere erste Verdichtereinheiten und eine zweite Verdichtereinheit, wobei jede der ersten Verdichtereinheiten eine erste Verdichterstufe und eine zweite Verdichterstufe aufweist, und in jeder der ersten Verdichtereinheiten die erste Verdichterstufe und die zweite Verdichterstufe mechanisch miteinander gekoppelt sind. Das Luftzerlegungssystem ist dafür eingerichtet, in dem Kombinationsbetriebsmodus die ersten Verdichterstufen der ersten Verdichtereinheiten und die zweite Verdichtereinheit für die Einsatzluftverdichtung und die zweiten Verdichterstufen der ersten Verdichtereinheiten für die Hochreinstickstoffverdichtung zu verwenden.

[0039] Zu weiteren Merkmalen und Vorteilen eines entsprechenden Luftzerlegungssystems und Ausgestaltungen hiervon sei auf die obigen Erläuterungen betreffend das erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren und seinen Ausgestaltungen ausdrücklich verwiesen, da diese hierfür in gleicher Weise gelten.

[0040] Entsprechendes gilt auch für ein Luftzerlegungssystem das gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung dazu eingerichtet ist, ein Verfahren gemäß einer beliebigen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung durchzuführen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0041] Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend rein beispielhaft unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung unter Erläuterung des technischen Hintergrunds beschrieben.

Figur 1 veranschaulicht ein Luftzerlegungssystem gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in vereinfachter schematischer Darstellung.

Figur 2 veranschaulicht Betriebsmodi eines Luftzerlegungssystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Ausführungsformen der Erfindung

[0042] 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 Be-

schränkungen 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] Figur 1 veranschaulicht ein Luftzerlegungssystem gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einer ersten Darstellung.

[0046] Das Luftzerlegungssystem ist insgesamt mit 100 bezeichnet. Es umfasst eine erste Rektifikationsanordnung 110, eine zweite Rektifikationsanordnung 120 und eine Verdichteranordnung 130. Die erste Rektifikationsanordnung 110 und die zweite Rektifikationsanordnung 120 sind jeweils in Form von Coldboxen veranschaulicht, wobei in der ersten Rektifikationsanordnung 110 ein Doppelkolonnensystem 111 und eine Argonkolonne 112 angedeutet sind, und wobei in der zweiten Rektifikationsanordnung 120 eine Stickstoffkolonne 121 angedeutet ist. Ferner ist jeweils ein Hauptwärmetauscher 116 bzw. 126 zur Abkühlung von Einsatzluft veranschaulicht. Für spezifische Ausgestaltungen der genannten Kolonnen(systeme) sei auf den eingangs erwähnten Stand der Technik ausdrücklich verwiesen. Unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung 110 und der zweiten Rektifikationsanordnung 120 wird, sofern in Betrieb, jeweils Hochreinstickstoff erzeugt, der insbesondere am Kopf einer (nicht gesondert bezeichneten) Niederdruckkolonne des Doppelkolonnensystems 111 bzw. der Stickstoffkolonne 121 abgezogen wird. Entsprechende Reinstickstoffströme sind mit 1 bzw. 2 bezeichnet. In der ersten Rektifikationsanordnung 110 ebenfalls bereitgestelltes Argon ist, ebenso wie ggf. weitere Luftprodukte wie Hochreinsauerstoff, nicht gesondert dargestellt.

[0047] Die Verdichteranordnung 130 weist hier drei identisch bezeichnete und jeweils in Form zweier Ver-

dichtersymbole veranschaulichte erste Verdichtereinheiten 131 und eine zweite Verdichtereinheit 132 auf, die ebenfalls mit einem Verdichtersymbol veranschaulicht ist. Jede der ersten Verdichtereinheiten 131 weist mehrere erste Verdichterstufen 131a und mehrere zweite Verdichterstufen 131b auf. Konkrete Angaben hinsichtlich der Verdichterstufen finden sich oben. In jeder der ersten Verdichtereinheiten 131 sind die ersten Verdichterstufen 131a mit den zweiten Verdichterstufen 131b mechanisch gekoppelt, beispielsweise über eine gemeinsame Achse, wie jeweils mit einer vertikalen Linie veranschaulicht, oder über ein Getriebe.

[0048] Die ersten Verdichterstufen 131a saugen, wenn im Betrieb, jeweils über eine Filtereinheit 133 Einsatzluft in Form von Einsatzluftströmen 3 an, ebenso wie die zweite Verdichtereinheit 132 bzw. deren Verdichterstufen 132a. Den Verdichterstufen 131a bzw. 132a kann jeweils ein Nachkühler nachgeschaltet sein. Über ebenfalls nachgeschaltete, nicht gesondert bezeichnete Ventile kann die entsprechend verdichtete Einsatzluft je nach Betriebsmodus in einer Sammelleitung 4 zusammengefasst und über weitere, nicht gesondert bezeichnete Ventile auf eine erste Prepurification Unit 115 bzw. eine zweite Prepurification Unit 125 aufgeteilt oder nur einer hiervon zugeführt und anschließend ebenfalls auf die erste Rektifikationsanordnung 110 und die zweite Rektifikationsanordnung 120 aufgeteilt oder nur einer hiervon zugeführt werden. Die Einsatzluft wird dabei in den Prepurification Units 115 bzw. 125 von Wasser und Kohlendioxid befreit und in den Hauptwärmetauschern 116 bzw. 126 gekühlt. Restgas 5 aus den Rektifikationsanordnungen 110 bzw. 120 kann dabei zur Regenerierung in den Prepurification Units 115 bzw. 125 eingesetzt werden.

[0049] Der Hochreinstickstoffstrom 1 aus der ersten Rektifikationsanordnung 110 wird einer Verteilerleitung 6 zugeführt und von dort aus über nicht gesondert bezeichnete Ventile einer Saugseite der zweiten Verdichterstufen 131b der ersten Verdichtereinheiten 131, sowie jeweils in Betrieb. Ein Teil kann als Produktstrom 7 aus dem Luftzerlegungssystem 100 ausgeleitet werden. Nach der Verdichtung in den zweiten Verdichterstufen 131b kann der Hochreinstickstoff einer Sammelleitung 8 zugeführt und von hier zurück in die erste Rektifikationsanordnung 110 bzw. als Produktstrom 9 aus dem Luftzerlegungssystem 100 ausgeleitet werden.

[0050] Wie bereits erwähnt, können in einem Kombinationsbetriebsmodus die ersten Verdichterstufen 131a zumindest einer der ersten Verdichtereinheiten 131 und die zweite Verdichtereinheiten 132 für die Einsatzluftverdichtung und die zweiten Verdichterstufen 131b der zumindest einen ersten Verdichtereinheit 131 für die Hochreinstickstoffverdichtung verwendet werden. In einem ersten Einzelbetriebsmodus wird die Einsatzluft der Verdichtung unterworfen und nur der ersten Rektifikationsanordnung 110 zugeführt, und in diesem ersten Einzelbetriebsmodus wird zumindest ein Teil ersten Verdichtereinheiten 131 betrieben und die zweite Verdichtereinheit 132 wird nicht betrieben. In einem zweiten Einzel-

betriebsmodus wird die Einsatzluft der Verdichtung unterworfen und nur der zweiten Rektifikationsanordnung 120 zugeführt, und in diesem zweiten Einzelbetriebsmodus wird die zweite Verdichtereinheit 132 betrieben und die ersten Verdichtereinheiten 131 werden nicht betrieben. Der Kombinationsbetriebsmodus und/oder der erste Einzelbetriebsmodus kann einen Auslegungsbetriebsmodus umfassen, in dem alle ersten Verdichtereinheiten betrieben werden, und einen oder mehrere Sonderbetriebsmodi, in dem zumindest eine der ersten Verdichtereinheiten nicht betrieben wird.

[0051] Entsprechende Betriebsmodi werden nachfolgend unter Bezugnahme auf Figur 2 erläutert, in der in elf Ansichten A bis L der ersten Verdichtereinheiten 131 mit den ersten und zweiten Verdichterstufen 131a, 131b und der zweiten Verdichtereinheiten 132 mit den Verdichterstufen 132a veranschaulicht sind. Die Verdichtereinheiten 131 und 132 mit den Verdichterstufen 131a, 131b und 132a sind nur in Ansicht A dargestellt. Nicht in Betrieb befindliche Verdichtereinheiten sind durchkreuzt dargestellt. Innerhalb der die Verdichterstufen 131a, 131b und 132a veranschaulichenden Symbole befindliche Zahlen bezeichnen den jeweiligen Durchsatz, beispielsweise in tausend Normkubikmetern pro Stunde. Es handelt sich lediglich um illustrative Beispiele, die den Gegenstand der Erfindung nicht einschränken.

[0052] Ansicht A bezeichnet einen Kombinations- und Auslegungsbetriebsmodus, in dem alle ersten Verdichtereinheiten 131 und die zweite Verdichtereinheit 132 in Betrieb ist. Hierbei können theoretisch 240.000 Normkubikmeter pro Stunde Einsatzluft und 150.000 Normkubikmeter pro Stunde Hochreinstickstoff verdichtet werden.

[0053] In Ansicht B ist ein erster Einzelbetriebsmodus im Auslegungsbetriebsmodus dargestellt, in dem die zweite Verdichtereinheit 132 nicht in Betrieb ist. Eine Gesamteinsatzluftmenge von 120 Normkubikmetern pro Stunde Einsatzluft wird dabei zu gleichen Teilen mittels der drei ersten Verdichtereinheiten 131 bzw. deren erster Verdichterstufen 131a verdichtet. Entsprechendes gilt für die insgesamt 99.000 (bzw. 100.000) Normkubikmeter pro Stunde Hochreinstickstoff, die unter Verwendung der zweiten Verdichterstufen 131b verdichtet werden.

[0054] In Ansicht C ist weiter ein erster Einzelbetriebsmodus dargestellt, in dem die zweite Verdichtereinheit 132 nicht in Betrieb ist. Allerdings ist auch hier eine der ersten Verdichtereinheiten 131 nicht in Betrieb, so dass ein Sonderbetriebsmodus vorliegt. Die Gesamteinsatzluftmenge von 120.000 Normkubikmetern pro Stunde Einsatzluft wird dabei zu gleichen Teilen mittels der zwei ersten Verdichtereinheiten 131 bzw. deren erster Verdichterstufen 131a verdichtet. Entsprechendes gilt für die insgesamt 100.000 Normkubikmeter pro Stunde Hochreinstickstoff, die unter Verwendung der zweiten Verdichterstufen 131b verdichtet werden.

[0055] Die Ansichten B und C entsprechen dabei insbesondere einem Betriebsfall, in dem eine maximale Flüssigkeitsmenge bereitgestellt werden soll.

[0056] Die in den Ansichten D und E veranschaulichten Betriebsmodi gleichen im Wesentlichen den in den Ansichten B und C veranschaulichten Betriebsmodi, werden aber z.B. zur Deckung eines maximalen Flüssigsauerstoffgehalts eingestellt.

[0057] Die in den Ansichten D und E veranschaulichten Betriebsmodi gleichen ebenfalls im Wesentlichen den in den Ansichten B und C veranschaulichten Betriebsmodi, wobei jedoch ein Durchsatz abgesenkt wird. Dieser erste Einzelbetriebs- und Sonderbetriebsmodus kann z.B. zur Deckung einer maximalen Gasmenge dienen.

[0058] Besteht in gewissen Zeiten nur ein stark reduzierter Bedarf an entsprechenden Luftprodukten, kann der erste Einzelbetriebs- und Sonderbetriebsmodus gemäß Ansicht H eingestellt werden. In diesem ist nur eine der ersten Verdichtereinheiten 131 in Betrieb und liefert entsprechend geringe Mengen.

[0059] Die Ansichten I und K zeigen zweite Betriebsmodi, in denen nur die zweite Verdichtereinheit 132 und hier zusätzlich mit unterschiedlichen Durchsätzen, in Betrieb sind. Ansicht L zeigt wiederum einen Kombinationsbetriebsmodus.

Patentansprüche

1. Verfahren zur kryogenen Erzeugung von Luftprodukten, bei dem ein Luftzerlegungssystem (100) mit einer ersten Rektifikationsanordnung (110), einer zweiten Rektifikationsanordnung (120) und einer Verdichteranordnung (130) verwendet wird, wobei die erste Rektifikationsanordnung (110) und die zweite Rektifikationsanordnung (120) jeweils eine auf einem Druckniveau von mehr als 2 bar betriebene Rektifikationskolonne aufweisen und das Verfahren einen Kombinationsbetriebsmodus umfasst, in dem unter Verwendung der Verdichteranordnung (130) Einsatzluft einer Einsatzluftverdichtung unterworfen und anschließend in Anteilen der ersten Rektifikationsanordnung (110) und der zweiten Rektifikationsanordnung (120) zugeführt wird, in dem unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung (110) und der zweiten Rektifikationsanordnung (120) Hochreinstickstoff bereitgestellt wird, und in dem unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung (110) bereitgestellte Hochreinstickstoff oder ein Teil hiervon unter Verwendung der Verdichteranordnung (130) einer Hochreinstickstoffverdichtung unterworfen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichteranordnung (130) mehrere erste Verdichtereinheiten (131) und eine zweite Verdichtereinheit (132) aufweist, wobei jede der ersten Verdichtereinheiten (131) eine erste Verdichterstufe (131a) und eine zweite Verdichterstufe (131b) aufweist, in den ersten Verdichtereinheiten (131) die erste Verdichterstufe (131a) und die zweite Verdichterstufe (131b) mechanisch miteinander gekoppelt

sind, und in dem Kombinationsbetriebsmodus

- die ersten Verdichterstufen (131a) der ersten Verdichtereinheiten (131) und die zweite Verdichtereinheit (132) für die Einsatzluftverdichtung und
- die zweiten Verdichterstufen (131b) der ersten Verdichtereinheiten (131) für die Hochreinstickstoffverdichtung verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine, mehrere oder alle der ersten Verdichtereinheiten (131) zwei bis vier der ersten Verdichterstufen (131a) und/oder zwei bis vier der zweiten Verdichterstufen (131b) aufweisen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Verdichteranordnung (130) zwei oder mehr der zweiten Verdichtereinheiten (132) aufweist.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die ersten Verdichterstufen (131a) unterschiedlicher erster Verdichtereinheiten (131) voneinander entkoppelt sind und die zweiten Verdichterstufen (131b) unterschiedlicher erster Verdichtereinheiten (131) voneinander entkoppelt sind.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die erste Rektifikationsanordnung (110) eine Doppelkolonneneinheit (111) und eine Argongewinnungskolonne (112) aufweist, wobei
 - der unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung (110) bereitgestellte Hochreinstickstoff aus der Doppelkolonneneinheit (111) entnommen wird, und
 - der Argongewinnungskolonne (112) ein Argonprodukt entnommen wird, und bei dem die zweite Rektifikationsanordnung (120) eine Stickstoffkolonne (121), aus der der unter Verwendung der zweiten Rektifikationsanordnung (120) bereitgestellte Hochreinstickstoff entnommen wird, und keine Argongewinnungskolonne aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem der Stickstoffkolonne (121) Flüssigkeit entnommen, entspannt, gegen kondensierendes Kopfgas der zweiten Stickstoffkolonne (121) verdampft, und zumindest zum Teil einer Rückverdichtung unterworfen und in die zweite Stickstoffkolonne (121) zurückgespeist wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, das einen ersten Einzelbetriebsmodus umfasst, in dem die Einsatzluft der Verdichtung unterworfen und nur der ersten Rektifikationsanordnung (110) zugeführt wird, und in dem

- zumindest ein Teil ersten Verdichtereinheiten (131) betrieben wird und
 - die zweite Verdichtereinheit (132) nicht betrieben wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, das einen zweiten Einzelbetriebsmodus umfasst, in dem die Einsatzluft der Verdichtung unterworfen und nur der zweiten Rektifikationsanordnung (120) zugeführt wird, und in dem die zweite Verdichtereinheit (132) betrieben wird und die ersten Verdichtereinheiten (131) nicht betrieben werden.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, bei dem der Kombinationsbetriebsmodus und/oder der erste Einzelbetriebsmodus einen Auslegungsbetriebsmodus, in dem alle ersten Verdichtereinheiten (131) betrieben werden, und einen oder mehrere Sonderbetriebsmodi, in dem zumindest eine der ersten Verdichtereinheiten (131) nicht betrieben wird, umfasst.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Sonderbetriebsmodus oder zumindest einer der mehreren Sonderbetriebsmodi ein Wartungsbetriebsmodus ist, in dem eine Menge der Einsatzluft, die der Verdichtung unterworfen wird, gleich wie in dem Auslegungsbetriebsmodus ist.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, wobei der Sonderbetriebsmodus oder zumindest einer der mehreren Sonderbetriebsmodi ein Lastreduktionsbetriebsmodus ist, in dem eine Menge der Einsatzluft, die der Verdichtung unterworfen wird, geringer als in dem Auslegungsbetriebsmodus ist.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der ersten Rektifikationsanordnung (110) eine erste Prepurification Unit (115) und eine erste Hauptwärmetauschereinheit (116) zugeordnet ist, und bei dem der zweiten Rektifikationsanordnung (120) eine zweite Prepurification Unit (125) und eine zweite Hauptwärmetauschereinheit (126) zugeordnet ist.
13. Luftzerlegungssystem (100) zur kryogenen Erzeugung von Luftprodukten mit einer ersten Rektifikationsanordnung (110), einer zweiten Rektifikationsanordnung (120) und einer Verdichteranordnung (130), wobei die erste Rektifikationsanordnung (110) und die zweite Rektifikationsanordnung (120) jeweils eine für einen Betrieb bei mehr als 2 bar eingerichtete Rektifikationskolonne aufweisen und das Luftzerlegungssystem (100) dafür eingerichtet ist, einen Kombinationsbetriebsmodus durchzuführen und in diesem unter Verwendung der Verdichteranordnung (130) Einsatzluft einer Einsatzluftverdichtung zu unterwerfen und danach in Anteilen der ersten Rektifikationsanordnung (110) und der zweiten Rektifikationsanordnung (110) zuzuführen, unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung (110) und der zweiten Rektifikationsanordnung (110) Hochreinstickstoff bereitzustellen, und den unter Verwendung der ersten Rektifikationsanordnung (110) bereitgestellten Hochreinstickstoff oder einen Teil hiervon unter Verwendung der Verdichteranordnung (130) einer Hochreinstickstoffverdichtung zu unterwerfen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichteranordnung (130) mehrere erste Verdichtereinheiten (131) und eine zweite Verdichtereinheit (132) aufweist, wobei jede der ersten Verdichtereinheiten (131) eine erste Verdichterstufe (131a) und eine zweite Verdichterstufe (131b) aufweist, und in den ersten Verdichtereinheiten (131) die erste Verdichterstufe (131a) und die zweite Verdichterstufe (131b) mechanisch miteinander gekoppelt sind, und wobei das Luftzerlegungssystem (100) dafür eingerichtet ist, in dem Kombinationsbetriebsmodus die ersten Verdichterstufen (131a) der ersten Verdichtereinheiten (131) und die zweite Verdichtereinheit (132) für die Einsatzluftverdichtung und die zweiten Verdichterstufen (131b) der ersten Verdichtereinheiten (131) für die Hochreinstickstoffverdichtung zu verwenden.
14. Luftzerlegungssystem (100) nach Anspruch 13, das zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 eingerichtet ist.

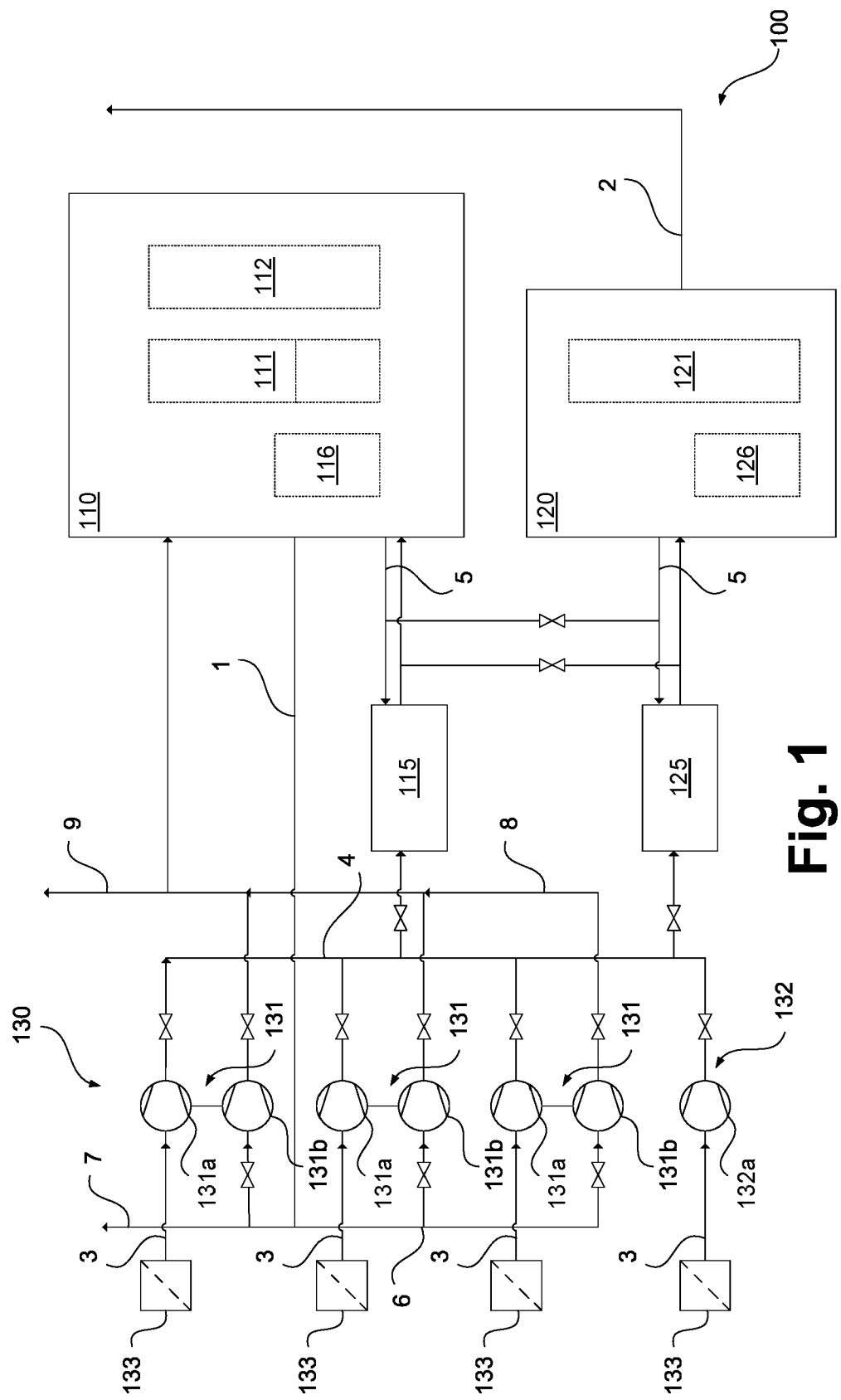


Fig. 1

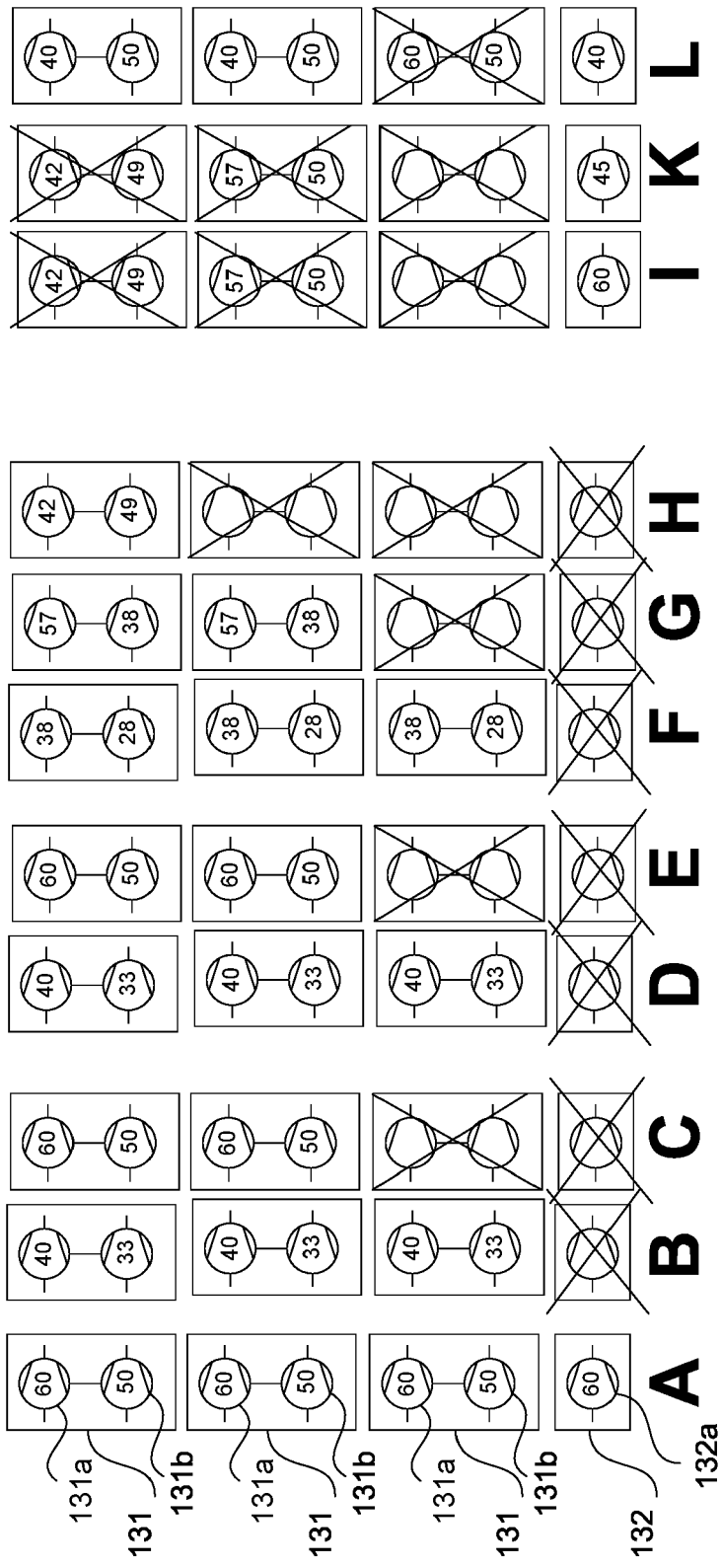


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 02 0329

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

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	DE 10 2020 006393 A1 (LINDE GMBH [DE]) 21. April 2022 (2022-04-21) * Absätze [0030] - [0034], [0046] - [0047]; Abbildung 1 *	1-14	INV. F25J3/04
Y	US 2014/360227 A1 (GUILLARD ALAIN [US]) 11. Dezember 2014 (2014-12-11) * Absätze [0091], [0092], [0095], [0103]; Abbildung 3 *	1-14	
Y	ROLAND MICHELY: "Luftzerlegungsanlagen im Parallelbetrieb", LINDE BERICHT E AUS TECHNIK & WISSENSCHAFT,, Nr. 43, 1. Juni 1978 (1978-06-01), Seiten 39-44, XP001253417, * Abbildungen 2,3 *	1-14	
Y	US 6 666 048 B1 (BRUGEROLLE JEAN-RENAUD [FR] ET AL) 23. Dezember 2003 (2003-12-23) * Spalte 10, Zeilen 19-25; Abbildung 9 * * Spalte 16, Zeilen 9-14 *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	JP H08 189759 A (KAWASAKI STEEL CO) 23. Juli 1996 (1996-07-23) * Absätze [0014] - [0017]; Abbildungen 1,2,3,5,6 *	7-11	F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Dezember 2023	Prüfer 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 : mchtschriftliche 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 0329

07-12-2023

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102020006393 A1	21-04-2022	KEINE	
US 2014360227 A1	11-12-2014	FR 2985006 A1	28-06-2013
		US 2014360227 A1	11-12-2014
		WO 2013104840 A1	18-07-2013
US 6666048 B1	23-12-2003	AT E342478 T1	15-11-2006
		AU 3666100 A	23-10-2000
		DE 60031256 T2	24-05-2007
		EP 1169609 A1	09-01-2002
		ES 2273675 T3	16-05-2007
		JP 2002541421 A	03-12-2002
		US 6666048 B1	23-12-2003
		WO 0060294 A1	12-10-2000
JP H08189759 A	23-07-1996	KEINE	

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5582034 A [0003] [0026]
- WO 2021180362 A1 [0004] [0026]
- WO 2020083528 A1 [0004] [0026]
- WO 2023030679 A1 [0004]