



(11) **EP 3 699 534 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.08.2020 Patentblatt 2020/35

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

(21) Anmeldenummer: **19020075.8**

(22) Anmeldetag: **19.02.2019**

(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

(72) Erfinder: **Kirchner, Lars**
01279 Dresden (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 UND LUFTZERLEGUNGSANLAGE ZUR VARIABLEN BEREITSTELLUNG EINES GASFÖRMIGEN, DRUCKBEAUFSCHLAGTEN LUFTPRODUKTS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur variablen Erzeugung eines gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukts, bei dem unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage (100) das Luftprodukt in flüssigem Zustand gebildet wird, wobei zumindest ein Teil des in flüssigem Zustand gebildeten Luftprodukts in einem einstellbaren Mengenstrom unter Verwendung einer Pumpenanordnung (10) auf einen einstellbaren Zieldruck einer Druckerhöhung unterworfen, nach der Druckerhöhung durch Erwärmen auf dem Zieldruck in gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt, und nach dem Erwär-

men als das druckbeaufschlagte, gasförmige Luftprodukt aus der Luftzerlegungsanlage (100) über eine Produktleitung (12) ausgeleitet wird. Ein Sollwert für eine Druckdifferenz zwischen einem saugseitigen und einem druckseitigen Druck der Pumpe (11) wird vorgegeben, ein Istwert der Druckdifferenz wird ermittelt, und es wird eine Regeleinrichtung (200) verwendet, die die Druckdifferenz durch Einstellen des druckseitigen Drucks regelt. Eine entsprechende Luftzerlegungsanlage (100) ist ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

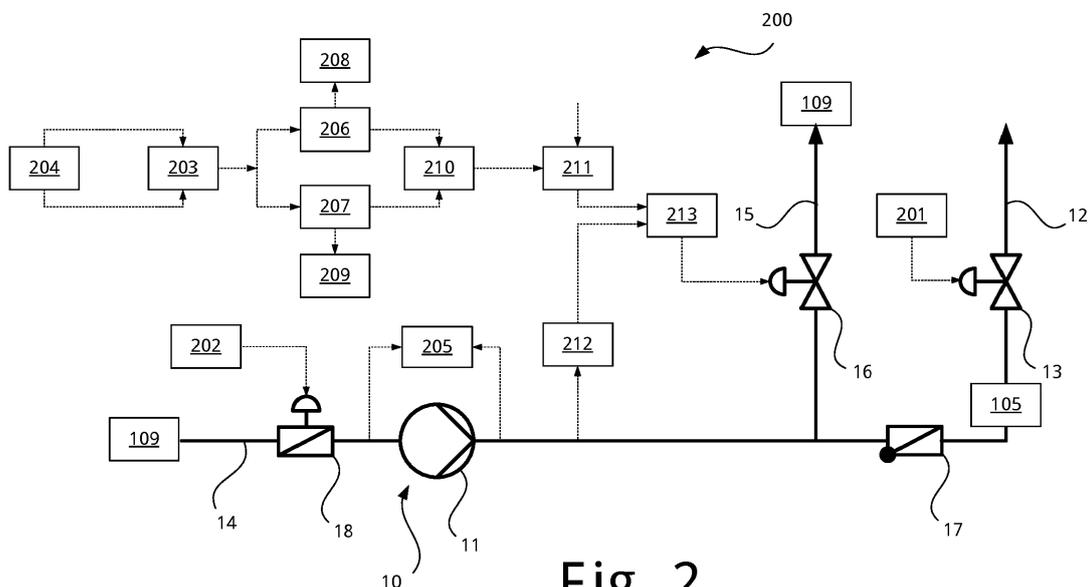


Fig. 2

EP 3 699 534 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur variablen Bereitstellung eines gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukts und eine entsprechende Luftzerlegungsanlage gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Stand der Technik

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

[0003] Der Begriff "Luftprodukt" soll sich hier auf ein Fluid beziehen, das zumindest teilweise durch Tieftemperaturzerlegung von atmosphärischer Luft bereitgestellt wird. Ein Luftprodukt weist ein oder mehrere in der atmosphärischen Luft enthaltene Luftgase in einer abweichenden Zusammensetzung als in der atmosphärischen Luft auf. Ein Luftprodukt kann grundsätzlich in gasförmigem, flüssigem oder überkritischem Zustand vorliegen und von einem dieser Zustände in einen anderen überführt werden. Insbesondere kann ein flüssiges Luftprodukt durch Erwärmen auf einem bestimmten Druck in den gasförmigen Zustand überführt ("verdampft") oder in den überkritischen Zustand überführt ("pseudoverdampft") werden, je nachdem, ob der Druck bei der Erwärmung unterhalb oder oberhalb des kritischen Drucks liegt.

[0004] Luftzerlegungsanlagen weisen Rektifikationskolonnensysteme auf, die herkömmlicherweise als Zweikolonnensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelkolonnensysteme ausgebildet sind, aber auch als Drei- oder Mehrkolonnensysteme ausgebildet sein können. Neben den Rektifikationskolonnen zur Gewinnung von Stickstoff und/oder Sauerstoff in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand, also den Rektifikationskolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, können Rektifikationskolonnen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein. Häufig werden dabei die Begriffe "Rektifikation" und "Destillation" sowie "Kolonne" und "Säule" bzw. hieraus zusammengesetzte Begriffe synonym verwendet.

[0005] Die Rektifikationskolonnen der genannten Rektifikationskolonnensysteme werden auf unterschiedlichen Drücken betrieben. Bekannte Doppelkolonnensysteme weisen eine sogenannte Hochdruckkolonne (auch als Druckkolonne, Mitteldruckkolonne oder untere Kolonne bezeichnet) und eine sogenannte Niederdruckkolonne (auch als obere Kolonne bezeichnet) auf. Die Hochdruckkolonne wird typischerweise auf einem Druck von 4 bis 7 bar, insbesondere ca. 5,3 bar, betrieben. Die Niederdruckkolonne wird auf einem Druck von typischerweise 1 bis 2 bar, insbesondere ca. 1,4 bar, betrieben.

In bestimmten Fällen können in beiden Rektifikationskolonnen auch höhere Drücke eingesetzt werden. Bei den hier jeweils angegebenen Drücken handelt es sich um Absolutdrücke am Kopf der jeweils angegebenen Kolonnen.

[0006] Zur Luftzerlegung können sogenannte Haupt(luft)verdichter/Nachverdichter-(Main Air Compressor/Booster Air Compressor-, MAC-BAC-)Verfahren oder sogenannte Hochluftdruck-(High Air Pressure-, HAP-)Verfahren eingesetzt werden. Bei den Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren handelt es sich um die eher konventionelleren Verfahren, Hochluftdruck-Verfahren kommen zunehmend in jüngerer Zeit als Alternativen zum Einsatz. Die vorliegende Erfindung eignet sich für beide Varianten der Luftzerlegung. Aufgrund von deutlich geringeren Kosten und vergleichbarer Effizienz können Hochluftdruck-Verfahren eine vorteilhafte Alternative zu Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren darstellen.

[0007] Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren zeichnen sich dadurch aus, dass nur ein Teil der dem Rektifikationskolonnensystem insgesamt zugeführten Einsatzluftmenge auf einen Druck verdichtet wird, der wesentlich, d.h. um mindestens 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10 bar, oberhalb des Drucks liegt, auf dem die Hochdruckkolonne betrieben wird. Ein weiterer Teil der Einsatzluftmenge wird lediglich auf diesen Druck oder einen Druck, der sich um nicht mehr als 1 bis 2 bar hiervon unterscheidet, verdichtet, und auf diesem in die Hochdruckkolonne eingespeist. Ein Hauptverdichter/Nachverdichter-Verfahren ist beispielsweise bei Häring (s.o.) in Figur 2.3A gezeigt.

[0008] Bei einem Hochluftdruck-Verfahren wird hingegen die gesamte dem Rektifikationskolonnensystem insgesamt zugeführte Einsatzluftmenge auf einen Druck verdichtet, der wesentlich, d.h. um mindestens 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder 10 bar, und beispielsweise bis zu 14, 16, 18 oder 20 bar, zu oberhalb des Drucks liegt, auf dem die Hochdruckkolonne betrieben wird. Hochluftdruck-Verfahren sind beispielsweise aus der EP 2 980 514 A1 und der EP 2 963 367 A1 bekannt.

[0009] Die vorliegende Erfindung kommt bei Luftzerlegungsanlagen mit sogenannter Innenverdichtung (IV, Internal Compression, IC) zum Einsatz. Hierbei wird wenigstens ein gasförmiges, druckbeaufschlagtes Luftprodukt, das mittels der Luftzerlegungsanlage bereitgestellt wird, dadurch gebildet, dass dem Rektifikationskolonnensystem ein tiefkaltes, flüssiges Luftprodukt entnommen, einer Druckerhöhung auf einen Produktdruck unterworfen, und auf dem Produktdruck durch Erwärmen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt wird. Beispielsweise können mittels Innenverdichtung gasförmiger, druckbeaufschlagter Sauerstoff (GOX IV, GOX IC), gasförmiger, druckbeaufschlagter Stickstoff (GAN IV, GAN IC) und/oder gasförmiges, druckbeaufschlagtes Argon (GAR IV, GAR IC) erzeugt werden. Die Innenverdichtung bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber einer alternativ ebenfalls möglichen externen Ver-

dichtung und ist z.B. bei Häring (s.o.) in Abschnitt 2.2.5.2, "Internal Compression", erläutert. Anlagen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, bei der eine Innenverdichtung zum Einsatz kommt, sind auch in der US 2007/0209389 A1 und in der WO 2015/127648 A1 gezeigt.

[0010] Die vorliegende Erfindung betrifft die variable Bereitstellung entsprechender gasförmiger, druckbeaufschlagter Luftprodukte unter Einsatz der Innenverdichtung, wobei der Begriff "variabel" sich insbesondere auf die Menge beziehen soll, in der ein entsprechendes Luftprodukt pro Zeiteinheit bereitgestellt wird. Variabel ist eine entsprechende Bereitstellung im hier verstandenen Sinne insbesondere dann, wenn die Menge, in der das Luftprodukt in einem ersten Zeitraum pro Zeiteinheit bereitgestellt wird, bei mehr als dem 2-fachen oder 5-fachen und insbesondere bis zum 10-fachen der Menge liegt, in der das Luftprodukt in einem zweiten Zeitraum pro Zeiteinheit bereitgestellt wird.

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt sich die Aufgabe, die variable Bereitstellung gasförmiger, druckbeaufschlagter Luftprodukte durch Innenverdichtung in einer gegenüber dem Stand der Technik vorteilhaften Weise zu gestalten.

Offenbarung der Erfindung

[0012] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur variablen Bereitstellung eines gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukts und eine entsprechende Luftzerlegungsanlage vor. Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

[0013] Die vorliegende Erfindung schlägt ein Verfahren zur variablen Erzeugung eines gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukts vor, bei dem unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage das Luftprodukt zunächst in flüssigem Zustand gebildet wird. Bei dem gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukt kann es sich dabei insbesondere um Stickstoff, Sauerstoff oder Argon handeln. Die Bildung in flüssigem Zustand erfolgt insbesondere in einem Rektifikationskolonnensystem der Luftzerlegungsanlage, wie zuvor ausführlich unter Bezugnahme auf die Innenverdichtung erläutert. Das zunächst in flüssigem Zustand gebildete Luftprodukt kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere auch in einem oder mehreren Speichertanks zwischengespeichert werden. Die Zwischenspeicherung erfolgt dabei insbesondere ebenfalls in flüssigem Zustand.

[0014] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung, die sich grundsätzlich für sämtliche Varianten von Innenverdichtungsverfahren eignet, wie sie zuvor erläutert wurden, und die im Rahmen von Luftzerlegungsverfahren unterschiedlichster Arten eingesetzt werden kann, wird zumindest ein Teil des in flüssigem Zustand gebildeten Luftprodukts in einem einstellbaren Mengenstrom unter Verwendung einer Pumpenanordnung einer Druckerhöhung auf einen einstellbaren Zieldruck unterworfen, nach der Druckerhöhung durch Erwärmen auf dem Zieldruck

in gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt (also verdampft oder pseudoverdampft), und nach dem Erwärmen bzw. dem Überführen in den gasförmigen oder überkritischen Zustand als das druckbeaufschlagte, gasförmige Luftprodukt aus der Luftzerlegungsanlage über eine Produktleitung ausgeleitet.

[0015] Das vorgeschlagene Verfahren umfasst also eine Innenverdichtung, wie sie zuvor erläutert wurde, wobei zu weiteren Details auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen wird. Wenngleich hier von "einem" gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukt die Rede ist, und ferner davon die Rede ist, dass "ein" bzw. "das" Luftprodukt zunächst in flüssigem Zustand gebildet wird, versteht sich, dass die vorliegende Erfindung auch in Zusammenhang mit Verfahren zum Einsatz kommen kann, in denen mehrere entsprechende Luftprodukte durch Innenverdichtung gebildet werden. Neben Luftprodukten, die durch Innenverdichtung gebildet und aus einer entsprechenden Anlage ausgeführt werden, können weitere Luftprodukte in flüssigem oder gasförmigem Zustand bereitgestellt werden. Insbesondere kann auch nur ein Teil eines zunächst flüssig gebildeten Luftprodukts durch Innenverdichtung druckerhöht und in gasförmigem oder überkritischem Zustand überführt werden, wohingegen ein weiterer Teil eines entsprechenden, zunächst in flüssiger Form gebildeten Luftprodukts beispielsweise in flüssigem Zustand aus der Luftzerlegungsanlage ausgeleitet oder ohne Druckerhöhung verdampft oder pseudoverdampft werden kann.

[0016] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind erfindungsgemäß eine Erkennung des Betriebspunktes und eine Bypass-Regelung zur Vermeidung unzulässiger Betriebsbereiche und eine Enddruckbegrenzung vorgesehen. Dies erlaubt insbesondere die wirksame Verhinderung eines (dauerhaften) Kavitierens der Pumpe.

[0017] Die vorliegende Erfindung umfasst, dass ein Sollwert für eine Druckdifferenz zwischen einem saugseitigen und einem druckseitigen Druck der Pumpe vorgegeben wird, dass ein Istwert der Druckdifferenz ermittelt wird, und dass eine Regeleinrichtung verwendet wird, die die Druckdifferenz durch Einstellen des druckseitigen Drucks regelt. Ein entsprechendes Verfahren greift damit, durch die vorteilhafterweise lediglich druckseitige Regelung der Druckdifferenz, nicht in stromaufwärtige Anlagenkomponenten bzw. deren Regelung ein. Ein saugseitiger Druck kann daher konstant gehalten werden, wofür im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorteilhafterweise ebenfalls eine Regelung vorgesehen ist, die auf ein Einlassventil einwirkt, aber unabhängig von der zuvor genannten Regelung erfolgen kann. Eine derartige saugseitige Regelung kann ebenfalls einen Druck saugseitig der Pumpe erfassen. Ferner kann ein druckseitiger Druck eines entsprechenden Einlassventils erfasst werden. Das Einlassventil ist dafür eingerichtet, einen Strömungsquerschnitt stromauf der Pumpe entsprechend einzustellen, um auf diese Weise auf den saugseitigen Druck einzuwirken.

[0018] Zum Einstellen des Drucks druckseitig der

Pumpe wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Rückführventil verwendet, das entsprechend angesteuert wird. Das Rückführventil ist druckseitig der Pumpe in einer Rückführleitung angeordnet. Das Rückführventil und die Rückführleitung werden so bezeichnet, da im Rahmen der vorliegenden Erfindung die Rückführleitung vorteilhafterweise in ein Fluidvolumen mündet, aus dem zuvor das zunächst in flüssiger Form gebildete Luftprodukt entnommen wurde. Bei einem entsprechenden Fluidvolumen kann es sich beispielsweise um eine Fluidsammleinrichtung bzw. Fluidentnahmeeinrichtung einer Rektifikationskolonne handeln. Das zunächst in flüssiger Form gebildete Luftprodukt wird einem entsprechenden Fluidvolumen entnommen und anschließend der verwendeten Pumpe zugeführt. Über die Rückführleitung und das in der Rückführleitung angeordnete Rückführventil wird ein Rückfluss des entsprechenden druckbeaufschlagten Fluids in das Fluidvolumen bewirkt, wenn eine entsprechende Druckregelung eingreift. Durch die Verwendung einer Rückführleitung und eines Rückführventils kann eine Druckregelung in einfacher Weise vorgenommen werden, ohne dass entsprechendes Fluid verloren geht. In Ausgestaltungen kann jedoch vorgesehen sein, die Rückführleitung, selbst wenn diese als solche bezeichnet ist, nicht in ein entsprechendes Fluidvolumen münden zu lassen.

[0019] Vorteilhafterweise wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung mittels des Rückführventils ein Strömungsquerschnitt in der weiteren Rückführleitung verringert, wenn der Istwert der Druckdifferenz unterhalb des Sollwertes liegt, und vergrößert, wenn die Druckdifferenz oberhalb des Sollwertes ist. Mit anderen Worten wird eine Druckabsenkung im Rahmen der vorliegenden Erfindung durch eine Erhöhung der über die Rückführleitung rückgeführten Fluidmenge vorgenommen. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass der druckseitig der Pumpe vorliegende Druck nicht notwendigerweise der Produktdruck ist. Letzterer kann vielmehr durch die Verwendung des entsprechenden, weiter stromab angeordneten Regelventils in der Produktleitung eingestellt werden, wie zuvor erläutert.

[0020] Durch die entsprechende Regelung kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung, wie erwähnt, insbesondere ein (dauerhaftes) Kavitationen der Pumpe verhindert werden, d.h. es kann verhindert werden, dass nennenswerte Gasmengen in einer entsprechenden Pumpe vorliegen, welche die Pumpe beschädigen können. Hierbei kann in Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere für die zur Einstellung des Mengenstroms eingestellte Drehzahl jeweils ein Bereich für zulässige Druckdifferenzen vorgegeben werden. Dies kann beispielsweise durch Verwenden eines Kennfeldes, von Kennlinien und dergleichen in einer entsprechenden Regelung erfolgen. In einem derartigen Kennfeld bzw. mittels entsprechender Kennlinien kann für unterschiedliche Mengenstromwerte jeweils ein entsprechender Bereich für definiert werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird dann festgestellt, ob die ermittelte Druckdiffe-

renz innerhalb dieses vorgegebenen (zulässigen) Bereiches liegt oder nicht. Es versteht sich, dass die jeweiligen Sollwerte für die Druckdifferenz innerhalb des zulässigen Bereiches liegen müssen.

[0021] Wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung erkannt, dass die Druckdifferenz nicht innerhalb des vorgegebenen (zulässigen) Bereiches liegt, kann eine Abschalt routine zur Abschaltung der Pumpe eingeleitet werden. Diese Abschalt routine kann beispielsweise eine Verzögerungszeit umfassen bzw. definieren. Mit anderen Worten kann die Abschalt routine umfassen, ein Abschalten der Pumpe einzuleiten, wenn nach einer vorgegebenen Wartezeit die Druckdifferenz noch immer nicht innerhalb des vorgegebenen (zulässigen) Bereiches liegt. Die Wartezeit kann beispielsweise eine Minute, zwei Minuten, drei Minuten oder fünf Minuten betragen. Sie wird beispielsweise auf Grundlage einer Belastbarkeit bzw. Kavitationstoleranz der verwendeten Pumpe ausgewählt. Die Wartezeit kann auch in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand vorgegeben werden. Beispielsweise kann für transiente Betriebszustände, d.h. solche Betriebszustände, in denen ein Zielwert bzw. ein Sollwert verändert wird, eine längere Wartezeit vorgesehen sein. Die Abschalt routine und die darin verwendete Wartezeit werden verwendet, um sicherzustellen, dass auch bei einem Versagen der Regelung im Rahmen der vorliegenden Erfindung unsichere Betriebszustände, bei denen die Pumpe beschädigt werden könnte, sicher vermieden werden.

[0022] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Mengenstrom, in dem zumindest ein Teil des zunächst in flüssigem Zustand gebildeten Luftprodukts der Druckerhöhung auf den Zieldruck unterworfen wird, durch Einstellen einer Drehzahl einer Pumpe in einer in der Luftzerlegungsanlage verwendeten Pumpenanordnung eingestellt wird. Es sei an dieser Stelle noch ergänzend erwähnt, dass auch, wenngleich hier und zuvor im Rahmen der Erläuterung der erfindungsgemäß vorgesehenen Maßnahmen von "einer" Pumpe die Rede ist, auch mehrere Pumpen bereitgestellt werden können, die einer entsprechenden Regelung unterworfen werden können. Entsprechende Pumpen können beispielsweise seriell oder parallel zueinander angeordnet sein.

[0023] Die Mengenregelung über die Drehzahl sowie eine optional vorgesehene und nachfolgend erläuterte Druckregelung über ein Produktventil unterscheiden sich von bekannten Verfahren, wie sie beispielsweise in der WO 2015/127648 A1 offenbart sind. In einer derartigen bekannten Anordnung wird ein Mengenstrom und ein Druck eines entsprechenden Luftprodukts gemessen und eine Drehzahl einer Innenverdichtungspumpe angesteuert. Eine Produktmenge kann hingegen unter Verwendung eines Abblaseventils gesteuert werden. Die gemäß der soeben erläuterten Ausgestaltung der Erfindung eingesetzten Maßnahmen unterscheiden sich damit von den bekannten Maßnahmen durch die Mengenregelung über die Pumpendrehzahl und die Druckregelung über

die Einstellung eines Produktventils. Gegenüber dem bekannten Stand der Technik bietet das Verfahren den besonderen Vorteil, dass Druckschwankungen durch die schnelle Reaktion eines Regelventils abgefangen werden, während Mengenänderungen durch die trägere Pumpenansteuerung übernommen werden. Für die Prozessführung im Wärmetauscher ist insbesondere die Konstanz des Drucks wichtig, so dass diese Ausgestaltung der Erfindung hier besondere Vorteile bietet. Das Verfahren stellt damit eine vorteilhafte Alternative zu bekannten Verfahren und nicht lediglich eine beliebige Abwandlung dar.

[0024] Wie bereits erwähnt, kann im Rahmen der soeben erläuterten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung der Mengenstrom insbesondere unter Verwendung einer Mengenstromregelung geregelt werden, die auf eine Pumpendrehzahl als Stellgröße Einfluss nimmt. Eine entsprechende Mengenstromregelung kann beispielsweise auf Grundlage einer Mengstrommessung als Istgröße beruhen, wobei diese Mengstrommessung vor oder nach dem Regelventil platziert werden kann oder auch auf der Verbraucherseite, stromabwärts der Abzweigung zur Produktabblasung.

[0025] Wie ebenfalls bereits erwähnt, kann der Produktdruck insbesondere durch Einstellen eines Regelventils in der Produktleitung eingestellt werden. Dies kann insbesondere unter Verwendung einer Druckregelung erfolgen, die auf Grundlage eines gemessenen Druckwertes als Istgröße eine entsprechende Verstellung des Regelventils vornimmt. Die Druckregelung wird typischerweise auf Basis eines gemessenen Druckwertes stromaufwärts des Regelventils als Istgröße arbeiten, ist aber nicht hierauf beschränkt. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung erfolgt, wie insoweit bei Innenverdichtungsverfahren üblich, das Erwärmen unter Verwendung eines Hauptwärmetauschers der Luftzerlegungsanlage. Die Pumpenanordnung ist dabei kaltseitig und das Regelventil ist warmseitig des Hauptwärmetauschers angeordnet. Auf diese Weise kann mittels des Regelventils direkt der Produktdruck eingestellt werden, ohne dass es hier zu weiteren Produktdruckveränderungen stromab kommen kann. Ein geforderter Produktdruck kann daher im Rahmen der vorliegenden Erfindung im Rahmen der vorgeschlagenen Regelung genau eingehalten werden.

[0026] Wie bereits erwähnt, erfolgt im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine variable Bereitstellung des gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukts, wobei eine variable Bereitstellung hier umfasst, dass der Mengenstrom in einem ersten Betriebszeitraum auf einen ersten Mengenstromwert eingestellt wird und der Mengenstrom in einem zweiten Betriebszeitraum auf einen zweiten Mengenstromwert eingestellt wird. Der zweite Mengenstromwert liegt dabei im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere bei mehr als dem 2-fachen oder 5-fachen und bis zum 10-fachen des ersten Mengenstromwertes.

[0027] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann

insbesondere eine Kreiselpumpe bzw. Zentrifugalpumpe verwendet werden, wie sie aus dem Bereich der Kryotechnik zur Behandlung tiefkalter Flüssigkeiten eingesetzt wird. Bekanntermaßen können derartige Pumpen durch Kavitation beschädigt werden, so dass sich die gemäß Ausgestaltungen der Erfindung vorgeschlagenen Maßnahmen hier als besonders vorteilhaft erweisen.

[0028] Die vorliegende Erfindung erstreckt sich auch auf eine Luftzerlegungsanlage, die zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einer zuvor erläuterten Ausgestaltung in der vorliegenden Erfindung eingerichtet ist. Zu Merkmalen und Vorteilen einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage sei auf den entsprechenden unabhängigen Patentanspruch und die obigen Ausführungen ausdrücklich verwiesen. Insbesondere weist eine derartige Luftzerlegungsanlage Mittel auf, die dafür eingerichtet sind, einem Verfahren entsprechend einer der erläuterten Ausgestaltungen durchzuführen.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen bevorzugte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung veranschaulicht sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0030]

Figur 1 zeigt eine Luftzerlegungsanlage, die gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung betrieben werden kann, in Form eines schematischen Anlagendiagramms.

Figur 2 zeigt eine Regeleinrichtung für eine Pumpe in einer Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung in schematischer Darstellung.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0031] In den Figuren sind einander entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen angegeben und werden der Übersichtlichkeit halber nicht wiederholt erläutert.

[0032] Figur 1 zeigt eine Luftzerlegungsanlage, die gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung betrieben werden kann, in Form eines schematischen Anlagendiagramms. Die Luftzerlegungsanlage ist insgesamt mit 100 bezeichnet.

[0033] Luftzerlegungsanlagen der gezeigten Art sind vielfach an anderer Stelle beschrieben, beispielsweise bei Häring (s.o.) zu Figur 2.3A. Für detaillierte Erläuterungen zu Aufbau und Funktionsweise sei daher auf entsprechende Fachliteratur verwiesen. Eine Luftzerlegungsanlage zum Einsatz der vorliegenden Erfindung kann auf unterschiedlichste Weise ausgebildet sein.

[0034] Die in Figur 1 gezeigte Luftzerlegungsanlage 100 weist einen Hauptluftverdichter 101, eine Vorkühleinrichtung 102, ein Reinigungssystem 103, einen Nachverdichter 104, einen Hauptwärmetauscher 105, eine

Entspannungsturbine 106, ein Drosselorgan 107 und ein insgesamt nicht gesondert bezeichnetes Destillationssäulensystem auf. Das Destillationssäulensystem umfasst eine klassische Doppelsäulenordnung mit einer Hochdrucksäule 108 und einer Niederdrucksäule 109 sowie außerdem eine Rohargonsäule 110 und eine Reinargonsäule 111.

[0035] In der Luftzerlegungsanlage 100 wird ein Einsatzluftstrom mittels des Hauptluftverdichters 101 über ein nicht bezeichnetes Filter angesaugt und verdichtet. Der verdichtete Einsatzluftstrom wird der mit Kühlwasser betriebenen Vorkühleinrichtung 102 zugeführt. Der vorgekühlte Einsatzluftstrom wird in dem Reinigungssystem 103 aufgereinigt. In dem Reinigungssystem 103 wird der vorgekühlte Einsatzluftstrom von Wasser und Kohlendioxid befreit.

[0036] Stromab des Reinigungssystems 103 wird der Einsatzluftstrom in zwei Teilströme aufgeteilt. Einer der Teilströme wird auf dem Druckniveau des Einsatzluftstroms in dem Hauptwärmetauscher 105 vollständig abgekühlt. Der andere Teilstrom wird in dem Nachverdichter 104 nachverdichtet und ebenfalls in dem Hauptwärmetauscher 105 abgekühlt, jedoch nur auf ein Zwischentemperaturniveau. Dieser sogenannte Turbinenstrom wird nach seiner Abkühlung mittels der Entspannungsturbine 106 auf das Druckniveau des vollständig abgekühlten Teilstroms entspannt, mit diesem vereinigt, und in die Hochdrucksäule 108 eingespeist.

[0037] In der Hochdrucksäule 108 werden eine sauerstoffangereicherte flüssige Sumpffraktion sowie eine stickstoffangereicherte gasförmige Kopffraktion als Luftprodukte gebildet. Die sauerstoffangereicherte flüssige Sumpffraktion wird aus der Hochdrucksäule 108 abgezogen, teilweise als Heizmedium in einem Sumpferdampfer der Reinargonsäule 110 verwendet und jeweils in definierten Anteilen in einen Kopfkondensator der Rohargonsäule 110, in einen Kopfkondensator der Reinargonsäule 111, sowie direkt die Niederdrucksäule 109 eingespeist. In den Verdampfungsräumen der Kopfkondensatoren der Rohargonsäule 110 und der Reinargonsäule 111 verdampfendes Fluid wird ebenfalls in die Niederdrucksäule 109 überführt.

[0038] Vom Kopf der Hochdrucksäule 108 wird das gasförmige stickstoffreiche Kopfprodukt abgezogen, in einem Hauptkondensator 112, der eine wärmetauschende Verbindung zwischen der Hochdrucksäule 108 und der Niederdrucksäule 109 herstellt, verflüssigt, und in Anteilen als Rücklauf auf die Hochdrucksäule 108 aufgegeben und in die Niederdrucksäule 109 entspannt.

[0039] In der Niederdrucksäule 109 werden eine sauerstoffreiche flüssige Sumpffraktion sowie eine stickstoffreiche gasförmige Kopffraktion gebildet. Erstere wird teilweise in einer Pumpenanordnung 10 unter Verwendung einer Pumpe 11 in tiefkaltem Zustand flüssig auf Druck gebracht, in dem Hauptwärmetauscher 105 auf diesem Druck erwärmt, dabei aus dem flüssigen Zustand in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt, und als druckbeaufschlagtes, gasförmiges Luftprodukt be-

reitgestellt. Das druckbeaufschlagte, gasförmige Luftprodukt wird dabei mittels einer Produktleitung 12 mit einem Regelventil 13 aus der Luftzerlegungsanlage 100 ausgeleitet.

[0040] Mittels der Luftzerlegungsanlage 100 wird also in Form der flüssigen Sumpffraktion der Niederdrucksäule 109 ein tiefkaltes Luftprodukt in flüssigem Zustand gebildet, das zumindest zum Teil unter Verwendung der Pumpenanordnung 10 in flüssigem Zustand auf einen bestimmten Druck, hier als Produktdruck bezeichnet, gebracht, durch Erwärmen auf dem Produktdruck in gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt (also verdampft oder pseudoverdampft) und als ein druckbeaufschlagtes, gasförmiges Luftprodukt über die Produktleitung 12 aus der Luftzerlegungsanlage 100 ausgeleitet wird. Ein Mengenstrom, in der das tiefkalte Luftprodukt in der Pumpenanordnung 10 verdichtet wird, und der Produktdruck können dabei wie vorstehend erläutert und insbesondere unter Bezugnahme auf Figur 2 noch beschrieben, im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingestellt werden.

[0041] Aus einer Flüssigkeitsrückhalteeinrichtung am Kopf der Niederdrucksäule 109 wird ein flüssiger stickstoffreicher Strom abgezogen und als Flüssigstickstoffprodukt aus der Luftzerlegungsanlage 100 ausgeführt werden. Ein vom Kopf der Niederdrucksäule 109 abgezogener gasförmiger stickstoffreicher Strom wird durch den Hauptwärmetauscher 105 geführt und als Stickstoffprodukt auf dem Druck der Niederdrucksäule 109 bereitgestellt. Aus der Niederdrucksäule 109 wird ferner ein Strom aus einem oberen Bereich abgezogen und nach Erwärmung in dem Hauptwärmetauscher 105 als sogenannter Unreinstickstoff in der Vorkühleinrichtung 102 bzw. nach einer Aufheizung mittels eines elektrischen Heizers in dem Reinigungssystem 103 verwendet.

[0042] Die vorstehend beschriebene Innenverdichtung ist nicht auf das Sumpfprodukt der Niederdrucksäule 109 beschränkt, sondern kann alternativ oder zusätzlich bezüglich aller in einer entsprechender Luftzerlegungsanlage 100 gebildeter flüssiger Luftprodukte erfolgen. Beispielsweise können im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch innenverdichteter Stickstoff (z.B. aus verflüssigtem Kopfprodukt der Hochdrucksäule 108) oder innenverdichtetes Argon (z.B. aus Flüssigkeit aus der Reinargonsäule 111) bereitgestellt werden. Entsprechende Flüssigkeiten können dazu auch in Speicherbehältern gespeichert und aus diesen entnommen werden.

[0043] Die vorliegende Erfindung ist, wie bereits angesprochen, durch die spezifisch in Figur 1 dargestellte Luftzerlegungsanlage 100 beschränkt, sondern in allen Konstellationen einsetzbar, in denen flüssige Luftprodukte gebildet werden.

[0044] Figur 2 zeigt eine Regeleinrichtung 200 für eine Pumpe in einer Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung in schematischer Darstellung, beispielsweise für die Luftzerlegungsanlage 100 gemäß Figur 1, nebst weiteren Einrichtungen, und veranschaulicht damit zugleich ein entsprechendes Regelungsver-

fahren.

[0045] Die Regeleinrichtung 200 ist zur Regelung einer Pumpenanordnung eingerichtet, die wie zuvor mit 10 bezeichnet ist. Eine Pumpe, die Teil der Pumpenanordnung 10 ist, ist wie zuvor mit 11 bezeichnet. Es können auch mehrere Pumpen 11 vorhanden sein. Fluidpfade bzw. Fluidleitungen sind in Figur 2 mit durchgezogenen Linien und Pfeilen, Reglerwerte, Stellgrößen, Kommunikationspfade, Messwerte bzw. Messleitungen und dergleichen mit gepunkteten Linien und Pfeilen veranschaulicht.

[0046] Sämtliche der nachfolgend mit 201 bis 214 bezeichneten und nachfolgend erläuterten Elemente können, soweit technisch möglich und vorteilhaft, in Form von Hardware oder Software, mechanisch, elektromechanisch oder elektronisch implementiert und als Teil von Reglern in Form einer oder mehrerer unterschiedlicher baulicher Einheiten ausgebildet sein. Soweit erforderlich, können die Elemente 201 bis 214 geeignete Sensoren, Anzeigeeinrichtungen, mechanische Steller und dergleichen aufweisen. Die Kommunikation zwischen diesen Elementen kann teilweise oder vollständig unter Verwendung bekannter Kommunikationsstrukturen, mittels Bussystemen, mittels analoger oder digitaler Signale, kabelgebunden und/oder kabellos erfolgen.

[0047] Als weitere Einrichtungen neben der Pumpe 11 sind nochmals die Produktleitung 12 und das Regelventil 13 dargestellt. Eine Zuleitung ist mit 14 bezeichnet. Ferner ist eine weitere Fluidleitung, die hier als Rückführleitung bezeichnet und mit dem Bezugszeichen 15 versehen ist, mit einem weiteren Regelventil, das hier als Rückführventil bezeichnet und mit dem Bezugszeichen 16 versehen ist, dargestellt. Die Rückführleitung 15 führt zurück in das Rektifikationskolonnensystem bzw. einen entsprechenden Tank, aus dem das jeweils behandelte flüssige Luftprodukt entnommen wurde. Da im Beispiel der Figur 1 eine Entnahme aus der Niederdrucksäule 109 erfolgt, ist deren Einbindung hier nochmals in Form entsprechender Blöcke mit dem Bezugszeichen 109 angegeben. Entsprechendes gilt für die Zuleitung 14. Auch die Position des Hauptwärmetauschers 105 ist mit einem entsprechenden Bezugszeichen angedeutet. Stromauf des Regelventils 12 ist eine Rückschlagarmatur 17 vorgesehen, stromauf der Pumpe 11 findet sich in der Zuleitung 14 ein Einlassventil 18. Es versteht sich, dass die Anordnung auch von der konkreten Darstellung gemäß Figur 2 abweichen kann.

[0048] Im Rahmen der hier veranschaulichten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird ein Mengestrom eines unter Verwendung der Pumpe 11 geförderten flüssigen Luftprodukts durch Stellen einer Drehzahl der Pumpe 11 in der Pumpenanordnung 10 eingestellt. Ferner wird ein Druck, auf den das flüssige Luftprodukt in der Pumpenanordnung 10 gebracht wird, insbesondere durch Stellen des Regelventils 13 in der Produktleitung 12 eingestellt. Zu letzterem Zweck ist ein Druckregler 201 mit einem beispielsweise manuell oder anderweitig einstellbaren Zielwert vorgesehen, der das Regelventil 13 ansteuert. Ein Druckgeber, der Teil einer entspre-

chenden Regelung sein kann, und der beispielsweise einen Druckwert stromauf des Regelventils 13 erfasst, ist nicht gezeigt. Entsprechend kann auch das Einlassventil 18 über eine Druckregelung 202 zur Einstellung eines stromaufwärtigen Drucks eingestellt werden.

[0049] In der Regeleinrichtung 200 ist in der hier veranschaulichten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung eine Antikavitationsregelung implementiert, um ein Kavitieren der Pumpe 11 aufgrund nicht geeigneter Druckdifferenzen bei der jeweiligen Drehzahl der Pumpe 11 zu verhindern. Diese wird nachfolgend erläutert.

[0050] In dem Verfahren gemäß der hier veranschaulichten Ausgestaltung wird die Drehzahl der Pumpe 11 in Form eines Drehzahlwerts mittels einer manuellen Einstellung 203 oder anderweitig vorgegeben. Für die Einstellung 203 können dabei auch Grenzen durch eine Vorgabeeinheit 204 gesetzt werden bzw. kann die Vorgabeeinheit 204 entsprechende Einstellungen überschreiten. Beispielsweise können mit der Vorgabeeinheit 204 zum Anfahren einer entsprechenden Anlage eine minimal zulässige Drehzahl und zum Abfahren bzw. zur Entleerung eine feste, geringe Drehzahl vorgegeben werden.

[0051] Der eingestellte Drehzahlwert wird Limitgebern 206 und 207 zur Verfügung gestellt, die für den vorgegebenen Drehzahlwert einen maximal zulässigen und einen minimal zulässigen Differenzdruckwert liefern. Die für unterschiedliche Drehzahlwerte maximal und minimal zulässigen Differenzdruckwerte werden beispielsweise durch den Hersteller vorgegeben und in Form von Kennlinien, Kurven, Kennfeldern und dergleichen bereitgestellt. Ein Differenzdruckgeber 205 liefert den tatsächlichen Differenzdruckwert zwischen Saugseite und Druckseite der Pumpe 11.

[0052] Wird durch den momentanen Differenzdruckwert, der durch den Differenzdruckgeber 205 geliefert wird, der maximal zulässige Differenzdruckwert überschritten, kann, wie in Form eines Blocks 208 veranschaulicht, eine Abschaltoutine eingeleitet werden. Diese kann eine Wartezeit von beispielsweise 120 Sekunden umfassen. Ist nach dieser Wartezeit der maximal zulässige Differenzdruckwert noch immer überschritten, wird die Pumpe 11 abgeschaltet, ist dieser wieder in einen zulässigen Bereich zurückgekehrt, wird die Abschaltoutine ohne Abschaltung der Pumpe 11 beendet. Entsprechendes gilt auch für den Fall, dass der minimale Differenzdruckwert unterschritten wird. In diesem Fall kann, wie in Form eines Blocks 209 veranschaulicht, ebenfalls eine Abschaltoutine eingeleitet werden. In bestimmten Fällen, beispielsweise bei transienten Betriebszuständen, kann abweichend vorgegangen bzw. die Einleitung der Abschaltoutinen unterbunden werden.

[0053] Die durch die Limitgeber 206 und 207 gelieferten Werte werden einem Zielwertberechner 210 zugeführt. Dieser berechnet beispielsweise einen Zielwert für den Differenzdruckwert, der in einer vorgegebenen Distanz, beispielsweise ausgedrückt in Prozent, zum maximalen Differenzdruckwert liegen kann. Hierbei kann bei-

spielsweise ein Abstand von 10% verwendet werden.

[0054] Der durch den Zielwertberechner 210 berechnete, anzustrebende Differenzdruckwert wird dem eigentlichen Differenzdruckregler 211 zugeführt, welcher für bestimmte Fälle, beispielsweise zum Abfahren, mit weiteren Werten beaufschlagt werden kann. Beispielsweise kann in solchen Fällen, wie in Form eines Pfeils von oben veranschaulicht, ein anderer Zielwert vorgegeben werden. Im dargestellten Beispiel ist ein Maximalwertwähler 213 vorgesehen. Auf diesen kann jedoch verzichtet werden, in welchem Fall eine Ausgabe des Differenzdruckregler 211 direkt zum Stellen des Rückführventils 16 verwendet wird. Im dargestellten Beispiel wird jedoch dem Maximalwertwähler 213 außerdem ein Auslösewert eines Druckbegrenzers 212 zugeführt, so dass für die Fälle, in denen der von dem Differenzdruckregler 211 ausgegebene Wert den Auslösewert des Druckbegrenzers 212 überschreitet, das Rückführventils 16 angesteuert wird. Auf eine derartige Einrichtung kann z.B. verzichtet werden, wenn ein maximal zulässiger Druckwert ohnehin in jedem Fall oberhalb eines theoretischen Maximalwerts des Signals des Differenzdruckreglers 211 liegt.

[0055] Durch die vorstehend beschriebene Reglerstruktur kann damit einerseits der Mengenstrom des innenverdichteten Luftprodukts durch das Stellen der Drehzahl der Pumpe 11 in der Pumpenanordnung 10 und der Produktdruck durch das Stellen des Regelventils 13 in der Produktleitung 12 eingestellt werden, wobei aufgrund der zuvor erläuterten Maßnahmen ein Kavittieren sicher verhindert werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur variablen Bereitstellung eines gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukts, bei dem unter Verwendung einer Luftzerlegungsanlage (100) das Luftprodukt in flüssigem Zustand gebildet wird, wobei zumindest ein Teil des in flüssigem Zustand gebildeten Luftprodukts in einem einstellbaren Mengenstrom unter Verwendung einer Pumpenanordnung (10) einer Druckerhöhung auf einen einstellbaren Zieldruck unterworfen, nach der Druckerhöhung durch Erwärmen auf dem Zieldruck in den gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt, und nach dem Erwärmen als das druckbeaufschlagte, gasförmige Luftprodukt aus der Luftzerlegungsanlage (100) ausgeleitet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sollwert für eine Druckdifferenz zwischen einem saugseitigen und einem druckseitigen Druck der Pumpe (11) vorgegeben wird, dass ein Istwert der Druckdifferenz ermittelt wird, und dass eine Regeleinrichtung (200) verwendet wird, die die Druckdifferenz durch Einstellen des druckseitigen Drucks regelt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der drucksei-

tige Druck unter Verwendung eines Rückführventils (16) eingestellt wird, das druckseitig der Pumpe (11) in einer Rückführleitung (15) angeordnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem mittels des Rückführventils (16) ein Strömungsquerschnitt in der weiteren Rückführleitung (15) verringert wird, wenn der Istwert der Druckdifferenz unterhalb des Sollwerts liegt, und vergrößert wird, wenn die Druckdifferenz oberhalb des Sollwerts liegt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem für eine eingestellte Drehzahl der Pumpe (11) ein Bereich für zulässige Druckdifferenzen vorgegeben wird, und bei dem festgestellt wird, ob die ermittelte Druckdifferenz innerhalb des vorgegebenen Bereichs liegt oder nicht.
5. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem eine Abschaltoutine zur Abschaltung der Pumpe (11) eingeleitet wird, wenn festgestellt wird, dass die ermittelte Druckdifferenz nicht innerhalb des vorgegebenen Bereichs liegt.
6. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Abschaltoutine umfasst, ein Abschalten der Pumpe (11) einzuleiten, wenn nach einer vorgegebenen Wartezeit die Druckdifferenz noch immer nicht innerhalb des vorgegebenen Bereichs liegt.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Mengenstrom durch Einstellen der Drehzahl der Pumpe (11) eingestellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Einstellung des Mengenstroms unter Verwendung einer Mengenstromregelung durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem der Produktdruck durch Einstellen eines Regelventils (13) in der Produktleitung (12) eingestellt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Einstellung des Produktdrucks unter Verwendung einer Druckregelung (201) durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Erwärmen unter Verwendung eines Hauptwärmetauschers (105) der Luftzerlegungsanlage (100) erfolgt, wobei die Pumpenanordnung (10) kaltseitig und das Regelventil (13) warmseitig des Hauptwärmetauschers (105) angeordnet ist.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Mengenstrom in einem ersten Betriebszeitraum auf einen ersten Mengenstromwert eingestellt wird und bei dem der Mengenstrom in einem zweiten Betriebszeitraum auf einen zweiten Men-

genstromwert eingestellt wird, wobei der zweite Mengenstromwert beim 2-fachen bis 10-fachen des ersten Mengenstromwerts liegt.

13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem als die Pumpe (11) eine Kreiselpumpe verwendet wird. 5
14. Luftzerlegungsanlage (100) zur variablen Bereitstellung eines gasförmigen, druckbeaufschlagten Luftprodukts, wobei die Luftzerlegungsanlage (100) dafür eingerichtet ist, das Luftprodukt in flüssigem Zustand zu bilden, wobei eine Pumpenanordnung (10) und Mittel bereitgestellt sind, die dafür eingerichtet sind, zumindest einen Teil des in flüssigem Zustand gebildeten Luftprodukts in einem einstellbaren Mengenstrom auf einen einstellbaren Zieldruck einer Druckerhöhung zu unterwerfen, nach der Druckerhöhung durch Erwärmen auf dem Zieldruck in gasförmigen oder überkritischen Zustand überführt, und nach dem Erwärmen als das druckbeaufschlagte, gasförmige Luftprodukt über eine Produktleitung (12) aus der Luftzerlegungsanlage (100) auszuleiten, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel bereitgestellt sind, die dafür eingerichtet sind, einen Sollwert für eine Druckdifferenz zwischen einem saugseitigen und einem druckseitigen Druck der Pumpe (11) vorzugeben und einen Istwert der Druckdifferenz zu ermitteln, und dass eine Regeleinrichtung (200) bereitgestellt ist, die dafür eingerichtet ist, die Druckdifferenz durch Einstellen des druckseitigen Drucks zu regeln. 10
15
20
25
30
15. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 14, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 eingerichtet ist. 35

40

45

50

55

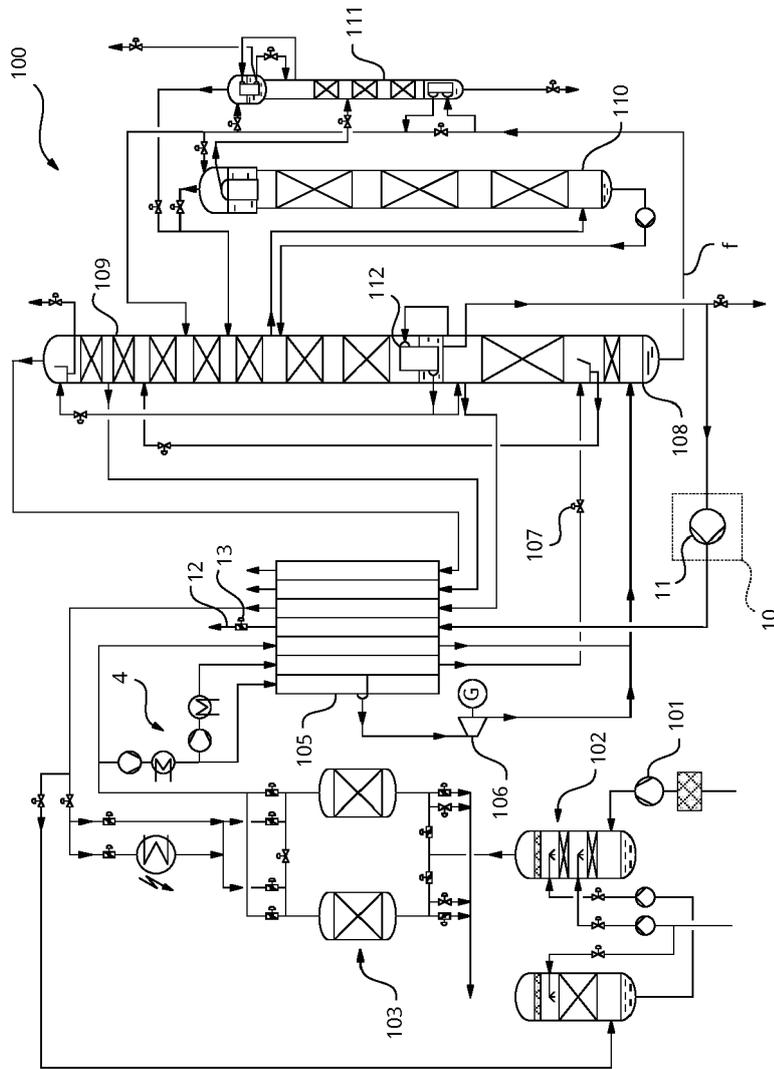


Fig. 1

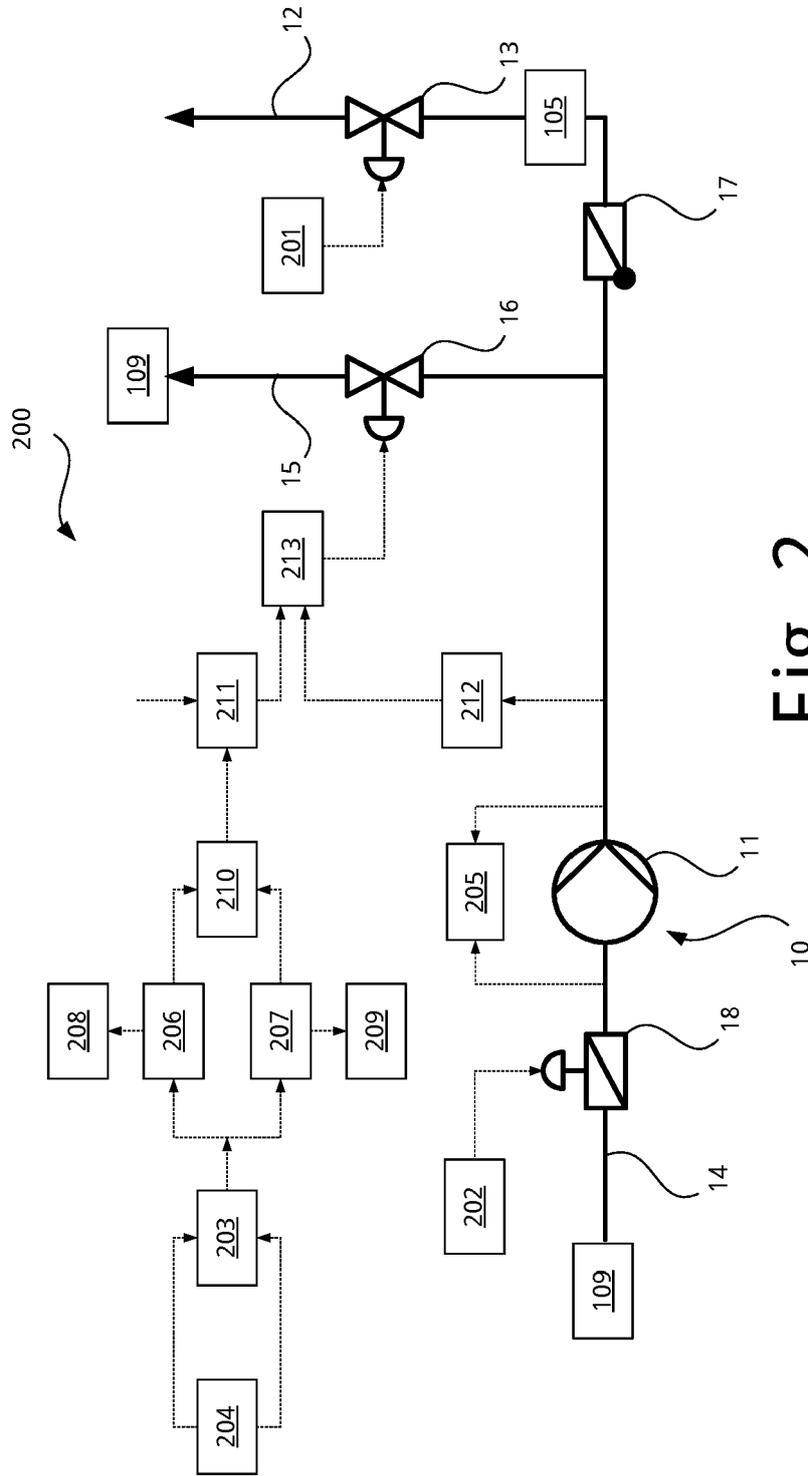


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 02 0075

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 2009/129941 A1 (HAAS SEBASTIAN [DE]) 21. Mai 2009 (2009-05-21)	1-6, 12-15	INV. F25J3/04
Y	* Abbildung 1 * * Absatz [0001] - Absatz [0002] * * Absatz [0007] - Absatz [0023] * * Absatz [0030] - Absatz [0045] * * Spalte 0050 *	1-15	
X	US 2016/186930 A1 (PARSNICK DAVID [US] ET AL) 30. Juni 2016 (2016-06-30)	1-6, 12-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	* Abbildung 1 * * Absatz [0004] * * Absatz [0008] - Absatz [0010] * * Absatz [0026] - Absatz [0029] *	1-15	
Y	US 5 471 843 A (CHRETIEN DENIS [FR]) 5. Dezember 1995 (1995-12-05)	1-15	F25J
Y	* Abbildungen 1, 5 * * Spalte 1, Zeile 8 - Zeile 32 * * Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 31 * * Spalte 4, Zeile 32 - Zeile 39 * * Spalte 5, Zeile 4 - Zeile 38 *		
Y	US 2008/047298 A1 (CORDUAN HORST [DE] ET AL) 28. Februar 2008 (2008-02-28)	1-15	
	* Absatz [0001] * * Absatz [0036] - Absatz [0042] *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. August 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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 19 02 0075

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.

05-08-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009129941 A1	21-05-2009	AT 467763 T EP 2060788 A1 US 2009129941 A1	15-05-2010 20-05-2009 21-05-2009
US 2016186930 A1	30-06-2016	CN 105556229 A US 2016186930 A1 WO 2015127648 A1	04-05-2016 30-06-2016 03-09-2015
US 5471843 A	05-12-1995	KEINE	
US 2008047298 A1	28-02-2008	CN 101063592 A EP 1845323 A1 EP 1845324 A1 KR 20070101794 A TW 200834025 A US 2008047298 A1	31-10-2007 17-10-2007 17-10-2007 17-10-2007 16-08-2008 28-02-2008

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 2980514 A1 [0008]
- EP 2963367 A1 [0008]
- US 20070209389 A1 [0009]
- WO 2015127648 A1 [0009] [0023]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

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