



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.02.2020 Patentblatt 2020/09

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

(21) Anmeldenummer: **18020399.4**

(22) Anmeldetag: **22.08.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder: **Lochner, Stefan**
85567 Grafing (DE)

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

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

(54) **LUFTZERLEGUNGSANLAGE, VERFAHREN ZUR TIEFTEMPÉRATURZERLEGUNG VON LUFT MITTELS LUFTZERLEGUNGSANLAGE UND VERFAHREN ZUR ERSTELLUNG EINER LUFTZERLEGUNGSANLAGE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Luftzerlegungsanlage (100) mit vier Trenneinheiten (1-4) in Form einer Hochdrucksäule (1), eines Fußabschnitts (2) einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, eines Kopfabschnitts (3) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule (4) mit einem Kopfkondensator (41), wobei die Trenneinheiten (1-4) zumindest zum Teil mittels Leitungen (5) miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten (6-8) verbunden sind, wobei die Trenneinheiten (1-4) jeweils Längsachsen (A) aufweisen, die in der Richtung einer Maximalerstreckung der Trenneinheiten (4) verlaufen, wobei die Trenneinheiten (4) derart angeordnet sind, dass ihre Längsachsen (A) parallel zueinander liegen, und wobei die Leitungen (5) zumindest teilweise Leitungsabschnitte aufweisen, die parallel zu den Längsachsen der Trenneinheiten (1-4) verlaufen. Es ist vorgesehen, dass zumindest der überwiegende Teil der parallel zu den Längsachsen (A) der Trenneinheiten (1-4) verlaufenden Leitungsabschnitte der Leitungen (5) in einem Kompartiment (C) angeordnet sind, und dass das Kompartiment (C) und die Trenneinheiten (1-4) in Projektion auf eine Grundrissebene, die senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten (1-4) liegt, derart in vier Quadranten (Q1-Q4) angeordnet sind, dass in einem ersten (Q1) der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil der Hochdrucksäule (1) und des Fußabschnitts (2) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule übereinander, in einem zweiten (Q2) der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil des Kopfabschnitts (3) der Niederdrucksäule, in einem dritten (Q3)

der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil der Argongewinnungssäule (4) und in einem vierten (Q4) der vier Quadranten (Q1-Q4) das Kompartiment (C) angeordnet sind. Ein entsprechendes Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und ein Verfahren zur Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage (100) sind ebenfalls Gegenstand der Erfindung.

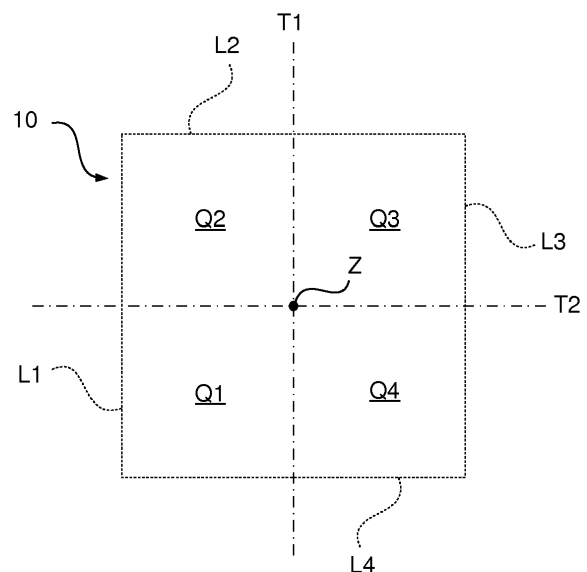


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Luftzerlegungsanlage, ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mittels einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage und ein Verfahren zur Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage.

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] Luftzerlegungsanlagen weisen Rektifikations säulensysteme auf, die als Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Linde-Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein können. Neben den Rektifikationssäulen zur Gewinnung von Stickstoff und/oder Sauerstoff in flüssigem und/oder gasförmigem Zustand, also den Rektifikationssäulen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, können Rektifikationssäulen zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere von Argon, vorgesehen sein.

[0004] Die Rektifikationssäulen der genannten Rektifikationssäulensysteme werden auf unterschiedlichen Druckniveaus betrieben. Bekannte Doppelsäulensysteme weisen eine sogenannte Hochdrucksäule (auch als Drucksäule, Mitteldrucksäule oder untere Säule bezeichnet) und eine sogenannte Niederdrucksäule (auch als obere Säule bezeichnet) auf. Die Hochdrucksäule wird typischerweise auf einem Druckniveau von 4 bis 7 bar, insbesondere ca. 5,3 bar, betrieben. Die Niederdrucksäule wird auf einem Druckniveau von typischerweise 1 bis 2 bar, insbesondere ca. 1,4 bar, betrieben. In bestimmten Fällen können in der Niederdrucksäule auch höhere Druckniveaus eingesetzt werden. Bei den hier und nachfolgend angegebenen Drücken handelt es sich um Absolutdrücke am Kopf der jeweils angegebenen Säulen.

[0005] In bekannten Verfahren und Anlagen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft wird in einem unteren Bereich der Hochdrucksäule eine an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte Flüssigkeit gebildet und aus der Hochdrucksäule abgezogen. Diese Flüssigkeit, die insbesondere auch Argon enthält, wird zumindest zum Teil in die Niederdrucksäule eingespeist und dort weiter aufgetrennt. Sie kann vor der Einspeisung in die Niederdrucksäule zumindest teilweise verdampft werden, wobei ggf. verdampfte und unverdampfte Anteile an unterschiedlichen Positionen in die Niederdrucksäule eingespeist werden können.

[0006] Die vorliegende Erfindung geht von einem Verfahren bzw. einer entsprechenden Anlage aus, in dem bzw. der eine Hoch- und eine Niederdrucksäule verwendet wird. Die Niederdrucksäule ist im Rahmen der vor-

liegenden Erfindung jedoch nicht einteilig ausgebildet, sondern in einen ersten Abschnitt und einen zweiten Abschnitt unterteilt, wobei der erste und der zweite Abschnitt an unterschiedlichen Positionen der Luftzerlegungsanlage und in unterschiedlichen Höhen angeordnet sind und insbesondere in Draufsicht auf eine Säulenlängsachse nicht aufeinander projizieren. Der erste und der zweite Abschnitt der Niederdrucksäule werden jedoch im Rahmen der vorliegenden Erfindung auf einem gemeinsamen Druckniveau betrieben. Die im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingesetzte, in zwei Abschnitte unterteilte Niederdrucksäule unterscheidet sich damit von ebenfalls bekannten Anordnungen, bei denen neben der Hoch- und der Niederdrucksäule eine weitere Säule zur Trennung von Stickstoff und Sauerstoff bereitgestellt ist, welche jedoch auf einem Druckniveau betrieben wird, das zwischen den Druckniveaus liegt, auf denen die Hochdrucksäule und die Niederdrucksäule betrieben werden.

[0007] Zur Argongewinnung können Luftzerlegungsanlagen mit Roh- und Reinargonsäulen 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. Wie dort erläutert, reichert sich Argon in entsprechenden Anlagen in einer bestimmten Höhe in der Niederdrucksäule an. An dieser oder an einer anderen günstigen Stelle, ggf. auch unterhalb des Argonmaximums, kann aus der Niederdrucksäule an Argon angereichertes Gas mit einer Argonkonzentration von typischerweise 5 bis 15 Molprozent abgezogen und in die Rohargonsäule überführt werden. Ein entsprechendes Gas enthält typischerweise ca 0,05 bis 100 ppm Stickstoff und ansonsten im Wesentlichen Sauerstoff. Es sei ausdrücklich betont, dass die angegebenen Werte für das aus der Niederdrucksäule abgezogene Gas lediglich typische Beispielwerte darstellen.

[0008] Die Rohargonsäule dient im Wesentlichen dazu, den Sauerstoff aus dem aus der Niederdrucksäule abgezogenen Gas abzutrennen. Der in der Rohargonsäule abgetrennte Sauerstoff bzw. ein entsprechendes sauerstoffreiches Fluid kann flüssig in die Niederdrucksäule zurückgeführt werden. Der Sauerstoff bzw. das sauerstoffreiche Fluid wird dabei typischerweise mehrere theoretische oder praktische Böden unterhalb der Einspeisestelle für die aus der Hochdrucksäule abgezogene, an Sauerstoff angereicherte und an Stickstoff abgereicherte und ggf. zumindest teilweise verdampfte Flüssigkeit in die Niederdrucksäule eingespeist. Eine bei der Trennung in der Rohargonsäule verbleibende gasförmige Fraktion, die im Wesentlichen Argon und Stickstoff enthält, wird in der Reinargonsäule unter Erhalt von Reinargon weiter aufgetrennt. Die Roh- und die Reinargonsäule weisen Kopfkondensatoren auf, die insbesondere mit einem Teil der aus der Hochdrucksäule abgezogenen, an Sauerstoff angereicherten und an Stickstoff abgereicherten Flüssigkeit gekühlt werden können, welche

bei dieser Kühlung teilweise verdampft. Auch andere Fluide können zur Kühlung eingesetzt werden.

[0009] Grundsätzlich kann in entsprechenden Anlagen auch auf eine Reinargonsäule verzichtet werden, wobei hier typischerweise sichergestellt wird, dass der Stickstoffgehalt am Argonübergang unter 1 ppm liegt. Dies ist jedoch keine zwingende Voraussetzung. Argon gleicher Qualität wie aus einer herkömmlichen Reinargonsäule wird in diesem Fall aus der Rohargonsäule bzw. einer vergleichbaren Säule typischerweise etwas weiter unterhalb als das herkömmlicherweise in die Reinargonsäule überführte Fluid abgezogen, wobei die Böden im Abschnitt zwischen dem Rohargonkondensator, also dem Kopfkondensator der Rohargonsäule, und einem entsprechenden Abzug insbesondere als Sperrböden für Stickstoff dienen. Die vorliegende Erfindung kann mit einer derartigen Anordnung ohne Reinargonsäule zum Einsatz kommen. Da die Rohargonsäule bzw. eine vergleichbare Säule in einer derartigen Anordnung bereits zur Reinargongewinnung und nicht zur Rohargongewinnung dient, wird nachfolgend auch von einer "Argongewinnungssäule" gesprochen. Bei einer Argongewinnungssäule kann es sich um eine herkömmliche Rohargonsäule (die mit oder ohne Reinargonsäule eingesetzt wird) oder um eine entsprechende zur Reinargongewinnung modifizierte Rohargonsäule handeln.

[0010] Bei der Erstellung von Luftzerlegungsanlagen, die zur Argongewinnung eingerichtet sind, ergeben sich Probleme aufgrund der Dimensionen der verwendeten Säulen. Ein Doppelsäulensystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung herkömmlicher Art kann eine Höhe von beinahe 75 m erreichen. Entsprechende Luftzerlegungsanlagen sind daher kaum mehr vorfertigbar, weil die jeweiligen Komponentengruppen in der Regel nicht mehr über längere Strecken transportiert werden können. Dies bedeutet, dass sie am jeweiligen Zielort erstellt werden müssen. Dies ist aus unterschiedlichen Gründen nachteilig, unter anderem deshalb, weil entsprechendes Personal am Zielort entweder nicht verfügbar oder teuer ist. Der Aufwand zur Erstellung entsprechender Luftzerlegungsanlagen erhöht sich damit signifikant.

[0011] Wünschenswert ist hingegen die weitgehend modularisierte Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage am Fertigungsort. Die einzelnen Komponenten werden dort vorzugsweise bereits in den entsprechenden Coldboxen untergebracht und müssen am Zielort nur noch miteinander verbunden werden. Hierfür können vorteilhafterweise ebenfalls Module, sogenannte Piping Skids, eingesetzt werden.

Offenbarung der Erfindung

[0012] Vor diesem Hintergrund schlägt die vorliegende Erfindung eine Luftzerlegungsanlage, ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mittels einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage und ein Verfahren zur Erstellung einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vor.

Bevorzugte Ausgestaltungen sind jeweils Gegenstand der Unteransprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0013] Vor der Erläuterung der Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden einige Grundlagen der vorliegenden Erfindung näher erläutert und nachfolgend verwendete Begriffe definiert.

[0014] Die in einer Luftzerlegungsanlage eingesetzten Vorrichtungen sind in der zitierten Fachliteratur, beispielsweise bei Häring (s.o.) 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.

[0015] Flüssigkeiten und Gase können im hier verwendeten Sprachgebrauch reich oder arm an einer oder an mehreren Komponenten sein, wobei "reich" für einen Gehalt von wenigstens 50%, 75%, 90%, 95%, 99%, 99,5%, 99,9% oder 99,99% und "arm" für einen Gehalt von höchstens 50%, 25%, 10%, 5%, 1%, 0,1% oder 0,01% auf Mol-, Gewichts- oder Volumenbasis stehen kann. Der Begriff "überwiegend" kann der Definition von "reich" entsprechen. Flüssigkeiten und Gase können ferner angereichert oder abgereichert an einer oder mehreren Komponenten sein, wobei sich diese Begriffe auf einen Gehalt in einer Ausgangsflüssigkeit oder einem Ausgangsgas beziehen, aus der oder dem die Flüssigkeit oder das Gas gewonnen wurde. Die Flüssigkeit oder das Gas ist "angereichert", wenn diese oder dieses zumindest den 1,1-fachen, 1,5-fachen, 2-fachen, 5-fachen, 10-fachen 100-fachen oder 1.000-fachen Gehalt, und "abgereichert", wenn diese oder dieses höchstens den 0,9-fachen, 0,5-fachen, 0,1-fachen, 0,01-fachen oder 0,001-fachen Gehalt einer entsprechenden Komponente, bezogen auf die Ausgangsflüssigkeit oder das Ausgangsgas enthält. Ist hier beispielsweise von "Sauerstoff", "Stickstoff" oder "Argon" die Rede, sei hierunter auch eine Flüssigkeit oder ein Gas verstanden, die bzw. das reich an Sauerstoff oder Stickstoff ist, jedoch nicht notwendigerweise ausschließlich hieraus bestehen muss.

[0016] Die vorliegende Anmeldung verwendet zur Charakterisierung von Drücken und Temperaturen die Begriffe "Druckniveau" und "Temperaturniveau", wodurch zum Ausdruck gebracht werden soll, dass entsprechende Drücke und Temperaturen in einer entsprechenden Anlage nicht in Form exakter Druck- bzw. Temperaturwerte verwendet werden müssen, um das erfinderische Konzept zu verwirklichen. Jedoch bewegen sich derartige Drücke und Temperaturen typischerweise in bestimmten Bereichen, die beispielsweise $\pm 1\%$, 5%, 10%, 20% oder sogar 50% um einen Mittelwert liegen. Entsprechende Druckniveaus und Temperaturniveaus können dabei in disjunkten Bereichen liegen oder in Bereichen, die einander überlappen. Insbesondere schließen beispielsweise Druckniveaus unvermeidliche oder zu erwartende Druckverluste ein. Entsprechendes gilt für Temperaturniveaus. Bei den hier in bar angegebenen

Druckniveaus handelt es sich um Absolutdrücke.

[0017] Die Hochdrucksäule und die Niederdrucksäule (bzw. im Rahmen der vorliegenden Erfindung deren erster Abschnitt) einer Luftzerlegungsanlage stehen über einen sogenannten "Hauptkondensator" in wärmetauschender Verbindung. Der Hauptkondensator kann insbesondere in einem unteren (Sumpf-)Bereich der Niederdrucksäule (bzw. hiervon deren erstem Abschnitt) angeordnet sein. In diesem Fall handelt es sich um einen sogenannten innenliegenden Hauptkondensator und der Verdampfungsraum des Hauptkondensators ist zugleich der Innenraum der Niederdrucksäule (bzw. von deren erstem Abschnitt). Der Hauptkondensator kann jedoch grundsätzlich, also sogenannter außenliegender Hauptkondensator, außerhalb des Innenraums der Hochdrucksäule angeordnet sein.

[0018] Ein Rektifikationssäulensystem einer Luftzerlegungsanlage ist in einer oder mehreren Coldboxen angeordnet. Unter einer "Coldbox" wird hier eine isolierende Umhüllung verstanden, die einen wärmeisolierten Innenraum bis auf Durchführungen für Leitungen und dergleichen vollständig mit Außenwänden umfaßt. In dem Innenraum sind zu isolierende Anlagenteile angeordnet, beispielsweise ein oder mehrere Rektifikationssäulen und/oder Wärmetauscher. Die isolierende Wirkung kann durch entsprechende Ausgestaltung der Außenwände und/oder durch die Befüllung des Zwischenraums zwischen Anlagenteilen und Außenwänden mit einem Isoliermaterial bewirkt werden. Bei der letzteren Variante wird vorzugsweise ein pulverförmiges Material wie zum Beispiel Perlit verwendet. Sowohl das Rektifikationssäulensystem einer Anlage zur Tieftemperaturzerlegung von Luft als auch der Hauptwärmetauscher und weitere kalte Anlagenteile wie Rohrleitungen, Ventile und Instrumentierung sind typischerweise von einer oder mehreren Coldboxen umschlossen sein. Die Außenmaße der Coldbox bestimmen üblicherweise die Transportmaße.

[0019] Ein "Hauptwärmetauscher" einer Luftzerlegungsanlage dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Rektifikationssäulensystem. Er kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, beispielsweise aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscherblöcken. Separate Wärmetauscher, die speziell der Verdampfung oder Pseudoverdampfung eines einzigen flüssigen oder überkritischen Fluids dienen, ohne Anwärmung und/oder Verdampfung eines weiteren Fluids, gehören nicht zum Hauptwärmetauscher.

[0020] Bei einem "Unterkühler" oder "Unterkühlungsgegenströmer" handelt es sich im hier verwendeten Sprachgebrauch um einen Wärmetauscher, durch den gasförmige und flüssige Stoffströme in einer Luftzerlegungsanlage einem Wärmeaustausch miteinander unterworfen werden, welche dem Rektifikationssäulensystem entnommen und nach dem Wärmetausch zumindest teilweise in das Rektifikationssäulensystem zurückgeführt werden.

[0021] Die relativen räumlichen Begriffe "oben", "unten", "über", "unter", "oberhalb", "unterhalb", "neben", "nebeneinander", "vertikal", "horizontal" etc. beziehen sich hier auf die räumliche Ausrichtung der Rektifikationssäulen einer Luftzerlegungsanlage im Normalbetrieb. Unter einer Anordnung zweier Rektifikationssäulen oder anderer Komponenten "übereinander" wird hier verstanden, dass das obere Ende des unteren der beiden Apparateteile auf niedrigerer oder gleicher geodätischer Höhe befindet wie das untere Ende der oberen der beiden Apparateteile und sich die Projektionen der beiden Apparateteile in einer horizontalen Ebene überschneiden. Insbesondere sind die beiden Apparateteile genau übereinander angeordnet, das heißt die Achsen der beiden Apparateteile verlaufen auf derselben vertikalen Geraden. Die Achsen der beiden Apparateteile müssen jedoch nicht genau senkrecht übereinander liegen, sondern können auch gegeneinander versetzt sein, insbesondere wenn einer der beiden Apparateteile, beispielsweise eine Rektifikationssäule oder ein Säulenteil mit geringerem Durchmesser, denselben Abstand zum Blechmantel einer Coldbox aufweisen soll wie ein anderer mit größerem Durchmesser.

Vorteile der Erfindung

[0022] Die vorliegende Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass eine Anordnung eines Destillationssäulensystems mit einer Hochdrucksäule, einem Fußabschnitt einer Niederdrucksäule, einem Kopfabschnitt der Niederdrucksäule und einer Argongewinnungssäule in der nachfolgend erläuterten spezifischen Weise besonders vorteilhaft ist, wobei die Erfindung insbesondere umfasst, dass achsparallel verlaufende Abschnitte von Leitungen, die die genannten Trenneinheiten und weitere Apparate verbinden, zumindest überwiegend in einem separaten, vorfertigten Kompartiment untergebracht werden.

[0023] Der besondere Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht insbesondere in der Reduzierung des Stahlbauaufwands durch die optimierte Oberfläche einer gemeinsamen Außenhülle sämtlicher Komponenten. Das Kompartiment, das die Leitungen bzw. die erläuterten Abschnitte dieser Leitungen aufnimmt, kann dabei vorgefertigt und beispielsweise an den jeweiligen Anschlußseiten lediglich mit Transportabdeckungen versehen werden. Aufgrund vergleichsweise geringer Transportabmessungen ist insbesondere ein Straßentransport möglich. An den Seiten, die nicht zum Anschluß weiterer Komponenten dienen, kann dieses Kompartiment bereits mit einem Blechmantel verschlossen und ggf. kälteisoliert werden. Die Erstellung einer Luftzerlegungsanlage kann dabei dadurch erfolgen, dass zunächst das separate Kompartiment am Erstellungsort der Luftzerlegungsanlage aufgestellt wird und anschließend die weiteren Komponenten nach Entfernung der Transportabdeckungen an das Kompartiment angeschlossen werden. Das Kompartiment kann insbesondere bereits im

Werk vollständig mit den jeweiligen Leitungen bzw. den erwähnten Leitungsabschnitten ausgestattet werden, von denen jeweils nur Anschlussstutzen aus dem Kompartiment nach außen geführt werden. Durch den Einsatz der vorliegenden Erfindung bzw. die Unterbringung der Leitungsabschnitte in einem separaten Kompartiment kann der vor Ort erforderliche Verrohrungsaufwand mit den entsprechenden, ggf. im Feld nicht unproblematischen Schweißarbeiten vermieden werden.

[0024] Grundsätzlich erlaubt die vorliegende Erfindung eine beliebige Vorfertigung des Kompartiments und weiterer Einheiten einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage sowie ggf. die Anordnung in Coldboxen bzw. die Verbindung zu weiteren baulichen Einheiten, wobei sich der Grad der Vorfertigung insbesondere nach der Transportfähigkeit der auf diese Weise erstellten Komponenten richtet. Wie erwähnt, wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere das separate Kompartiment, das die Leitungen bzw. die erwähnten Leitungsabschnitte aufnimmt, vorgefertigt.

[0025] Ein "Kompartiment" bezeichnet im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine separat transportable bauliche Einheit, in der zumindest Leitungen bzw. Leitungsabschnitte sowie ggf. weitere Komponenten ortsfest fixiert sind. Ein derartiges Kompartiment kann außenseitig mit Blechen verschlossen werden oder nur zu Transportzwecken mit entsprechenden Transportabdeckungen versehen werden. In dem Kompartiment können neben den Leitungen und Leitungsabschnitten sowie den nachfolgend im Detail erläuterten weiteren Komponenten auch beispielsweise weitere Instrumentierungen, also insbesondere Temperatur-, Druck- und Mengenmeseinrichtungen, vorgesehen sein. Auch Analyse- bzw. Entnahmestellen können in ein entsprechendes Kompartiment verlagert werden.

[0026] Insgesamt schlägt die vorliegende Erfindung vor diesem Hintergrund eine Luftzerlegungsanlage mit vier Trenneinheiten in Form einer Hochdrucksäule, eines Fußabschnitts einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, eines Kopfabschnitts der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule, die einen Kopfkondensator aufweist, vor. Zu den erwähnten Trenneinheiten sei auf die obigen Erläuterungen ausdrücklich verwiesen. Bei der Argongewinnungssäule kann es sich insbesondere um eine Rohargonsäule oder eine entsprechend modifizierte Rohargonsäule mit Reinargongewinnung handeln, wobei im letzteren Fall insbesondere die zweiteilig ausgebildete Niederdrucksäule bzw. deren Kopfabschnitt entsprechend angepasst wird, damit mittels dieser ein Fluid bereitgestellt werden kann, das einen ausreichend geringen Stickstoffgehalt aufweist, so dass auf eine Reinargonsäule verzichtet werden kann.

[0027] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind die Trenneinheiten zumindest zum Teil mittels Leitungen miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten, die nachfolgend an Beispielen erläutert werden, verbunden. Die Trenneinheiten weisen jeweils

Längsachsen auf, die in der Richtung einer maximalen Erstreckung der Trenneinheiten verlaufen. Die Längsachsen können mit Mittelachsen der Trenneinheiten zusammenfallen; entsprechende Trenneinheiten können jedoch auch asymmetrisch aufgebaut sein.

[0028] Die Trenneinheiten werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung derart angeordnet, dass, wie insoweit in der Fachwelt üblich, die Längsachsen parallel zueinander liegen. Die Trenneinheiten können jedoch im Sinne der vorstehenden Erläuterungen in unterschiedlichen Höhen angeordnet werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind insbesondere die Hochdrucksäule und der Fußabschnitt der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule dauerhaft miteinander verbunden, wobei insbesondere deren Säulenmäntel miteinander verschweißt sind. Da typischerweise die Hochdrucksäule einen geringeren Durchmesser als die Niederdrucksäule aufweist, wird typischerweise keine Unterbringung in einem gemeinsamen Säulenmantel vorgesehen; der Säulenmantel der Hochdrucksäule wird unterseitig des Säulenmantels des Fußabschnitts der Niederdrucksäule an diesen angebracht.

[0029] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass zumindest der überwiegende Teil der erwähnten, parallel zu den Längsachsen der Trenneinheiten verlaufenden Leitungsabschnitte der Leitungen in einem Kompartiment angeordnet sind, und dass das Kompartiment und die vier Trenneinheiten in Projektion auf eine Grundrissebene, die senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten liegt, derart in vier Quadranten angeordnet sind, dass in einem ersten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil der Hochdrucksäule und des Fußabschnitts der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule übereinander, in einem zweiten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil des Kopfabschnitts der Niederdrucksäule, in einem dritten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil der Argongewinnungssäule und in einem vierten der vier Quadranten das Kompartiment angeordnet sind.

[0030] Ist hier von einer Grundrissebene die Rede, sei darunter eine Ebene verstanden, auf die die genannten Elemente projizierbar sind. Nicht in sämtlichen Ebenen senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten müssen alle Komponenten geschnitten werden bzw. vorhanden sein; dies ist insbesondere dann nicht der Fall, wenn unterschiedliche Trenneinheiten unterschiedliche Höhen aufweisen und daher sich nicht über die gesamte Höhe erstrecken, oder, wie im Fall der Hochdrucksäule und des Fußabschnitts der Niederdrucksäule, diese Elemente übereinander angeordnet sind. In der Projektion auf die Grundrissebene finden sich jedoch alle, auch ggf. übereinanderliegende, Elemente. Eine "Projektion auf die Grundrissebene" entspricht einer Draufsicht entlang den erwähnten Längsachsen.

[0031] Ist hier von "Quadranten" in einer entsprechenden Ebene die Rede, handelt es sich um durch gedachte, einander senkrecht in der Ebene schneidende Linien voneinander getrennte Bereiche. Diese müssen nicht in

Form baulich getrennter Abteilungen ausgebildet sein. Die jeweiligen Trenneinheiten können ihren jeweils zugeordneten Quadranten auch überragen oder nur einen Teil eines entsprechenden Quadranten einnehmen. Dies wird im Rahmen dieser Beschreibung dadurch ausgedrückt, dass von den jeweils angegebenen Elementen "zumindest der überwiegende Teil" in einem entsprechenden Quadranten angeordnet ist. Dieser zumindest überwiegende Teil umfasst insbesondere mehr als 75%, 80% oder 90% der jeweiligen Grundfläche.

[0032] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können der erste bis vierte Quadrant in der Grundrissebene insbesondere in Uhrzeigerrichtung um einen Mittelpunkt herum angeordnet sein. Anders ausgedrückt können die Quadranten, in denen die Trenneinheiten angeordnet sind, in drei aneinander angrenzenden Vierteln der Grundrissebene liegen und das Kompartiment kann in dem verbleibenden Viertel angeordnet werden.

[0033] Insbesondere können das Kompartiment und die Trenneinheiten in der Projektion auf die Grundrissebene innerhalb eines Rechtecks mit vier Seitenlinien angeordnet sein, welches einen Teilbereich jedes der Quadranten einschließt, wobei der Teilbereich des ersten und zweiten Quadranten an einer ersten, der Teilbereich des zweiten und dritten Quadranten an einer zweiten, der Teilbereich des dritten und vierten Quadranten an einer dritten und der Teilbereich des vierten und ersten Quadranten an einer vierten der Seitenlinien anliegen. Eine erste in der Grundrissebene liegende Trennlinie, auf deren linker Seite der erste und der zweite Quadrant und auf deren rechter Seite der dritte und vierte Quadrant angeordnet sind, liegt dabei zwischen und parallel zu der ersten und der dritten Seitenlinie und eine zweite in der Grundrissebene verlaufende Trennlinie, die senkrecht zu der ersten Trennlinie steht und auf deren linker Seite der zweite und dritte Quadrant und auf deren rechter Seite der vierte und erste Quadrant liegen, liegt zwischen und parallel zu der zweiten und der vierten Seitenlinie. Das Rechteck kann in einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung insbesondere auch quadratisch ausgebildet sein. In der soeben erläuterten Ausgestaltung sind die Trenneinheiten in ihren jeweiligen Quadranten in L-Form angeordnet, wobei das Kompartiment in einem Innenwinkel des L angeordnet sind. Insbesondere können das Kompartiment und die Trenneinheiten mit einer gemeinsamen Außenhülle umgeben werden, deren Projektion auf die Grundrissebene zumindest in einem Abschnitt von dem Rechteck mit den vier Seitenlinien begrenzt ist. Es ist insbesondere jedoch auch möglich, nur die Trenneinheiten mit einer gemeinsamen Außenhülle zu umgeben, deren Projektion auf die Grundrissebene dann zumindest in einem Abschnitt L-förmig ausgebildet ist, wobei in einem Innenwinkel dieses L außerhalb der Außenhülle dann das Kompartiment mit den Leitungsabschnitten angeordnet ist.

[0034] In einer erfindungsgemäß ausgebildeten Luftzerlegungsanlage können die Trenneinheiten ohne das Kompartiment zusammen in einer Coldbox angeordnet

sein, welche in der Projektion auf die Grundrissebene in dem vierten Quadranten eine Aussparung aufweist, in welcher in der Projektion auf die Grundrissebene das Kompartiment angeordnet ist. Das Kompartiment ist in diesem Fall in einer bzw. als eine separate Coldbox ausgebildet. Alternativ hierzu können die Trenneinheiten mit dem Kompartiment aber auch zusammen in einer Coldbox angeordnet sein, welche in der Projektion auf die Grundrissebene einen rechteckigen Querschnitt aufweist, wobei das Kompartiment in dieser alternativen Ausgestaltung in der Projektion auf die Grundrissebene in einer Ecke der Coldbox angeordnet ist.

[0035] Auch das Kompartiment kann in der Projektion auf die Grundrissebene einen rechteckigen Querschnitt aufweisen und an der dritten und der vierten Seitenlinie anliegen. Je nach Anschlussbedarf können entsprechende Seitenflächen geöffnet oder verschlossen sein.

[0036] Insbesondere kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Hauptwärmetauscher als der oder einer der weiteren Apparate vorgesehen sein, der mittels der erwähnten Leitungen an die Trenneinheiten angebunden wird. Der Hauptwärmetauscher kann dabei insbesondere an einer separaten Coldbox angeordnet werden, welche in der Querschnittsansicht senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten an der mehrfach erwähnten vierten Außenlinie angeordnet ist.

[0037] Auch ein Unterkühlungsgegenströmer kann als der oder einer der weiteren Apparate bereitgestellt werden, wobei der Unterkühlungsgegenströmer innerhalb oder außerhalb des Kompartiments in dem vierten Quadranten angeordnet ist. Entsprechendes gilt auch für eine weitere (fünfte) Trenneinheit. Wird eine separate Reinargonsäule bereitgestellt, handelt es sich bei dieser um eine fünfte Trenneinheit. Diese wird verwendet, wenn mittels der Rohargonsäule kein ausreichendes reines Argonprodukt bereitgestellt werden kann bzw. wenn der im Kopfabschnitt der Niederdrucksäule kein ausreichend stickstoffarmes Gasgemisch entnommen werden kann. Auch eines zur Anreicherung oder Gewinnung eines Krypton/Xenon- oder Helium/Neon-Gemischs eingerichtete Trenneinheit kann als die fünfte Trenneinheit bereitgestellt werden. In allen Fällen kann die fünfte Trenneinheit innerhalb oder außerhalb des Kompartiments in dem vierten Quadranten angeordnet werden.

[0038] Die vorliegende Erfindung erstreckt sich auch auf eine Luftzerlegungsanlage, bei der das Kompartiment insbesondere in einer ersten Erstreckungsrichtung eine Größe von weniger als sechs Metern und in einer zweiten Erstreckungsrichtung senkrecht dazu eine um mindestens den Faktor 5 größere Erstreckung aufweist. Die zweite Erstreckungsrichtung liegt insbesondere parallel zu den Leitungsabschnitten, die parallel zu den Achsen der Trenneinheiten verlaufen. Auf diese Weise kann insbesondere das Kompartiment vorgefertigt und transportiert werden. Die maximale Größe kann dabei insbesondere auch bei unter 4,8 Metern bzw. unter 4,2 Metern liegen, so dass übliche Transportmaße für den Straßentransport eingehalten werden.

[0039] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung weist der Kopfabchnitt der Niederdrucksäule insbesondere einen geringeren Querschnitt als der Fußabschnitt der Niederdrucksäule auf. Für einen Fluidtransfer zwischen einem unteren Bereich des Kopfabchnitts der Niederdrucksäule und einem oberen Bereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule kann eine Transferpumpe oder können mehrere angeordnete und/oder redundant bereitgestellte Transferpumpen vorgesehen werden.

[0040] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann in einem unteren Bereich des Fußabschnitts der Niederdrucksäule ein erster Packungsbereich mit einer ersten Packungsdichte ausgebildet werden und in der Argongewinnungssäule kann ein zweiter Packungsbereich mit einer zweiten Packungsdichte ausgebildet werden, wobei die erste Packungsdichte weniger als 1 000 Quadratmeter pro Kubikmeter und die zweite Packungsdichte mehr als 750 Quadratmeter pro Kubikmeter beträgt und die zweite Packungsdichte um mehr als 250 Quadratmeter pro Kubikmeter größer als die erste Packungsdichte ist. Auf diese Weise können die Transportmaße eingehalten werden bzw. können entsprechende Trenneinheiten in einer gemeinsamen Coldbox untergebracht werden.

[0041] Die vorliegende Erfindung erstreckt sich auch auf ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, das sich dadurch auszeichnet, dass eine Luftzerlegungsanlage verwendet wird, wie sie zuvor in Details erläutert wurde. Zu Merkmalen und Vorteilen eines entsprechenden Verfahrens sei auf die obigen Erläuterungen ausdrücklich verwiesen.

[0042] Entsprechendes gilt auch für ein Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage, wie es erfindungsgemäß vorgeschlagen wird. Dieses umfasst, vier Trenneinheiten in Form einer Hochdrucksäule, eines Fußabschnitts, einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, eines Kopfabchnitts der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule bereitzustellen, wobei die Trenneinheiten zumindest zum Teil mittels Leitungen miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren Apparaten verbunden werden. Die Trenneinheiten weisen jeweils Längsachsen auf, die in der Richtung einer Maximalerstreckung der Trenneinheiten verlaufen, wobei die Trenneinheiten derart angeordnet werden, dass ihre Längsachsen parallel zueinander liegen. Ferner weisen die Leitungen zumindest teilweise Leitungsabschnitte auf, die parallel zu den Längsachsen der Trenneinheiten verlaufen.

[0043] Erfindungsgemäß umfasst ein entsprechendes Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage, dass zumindest der überwiegende Teil der parallel zu den Längsachsen der Trenneinheiten verlaufenden Leitungsabschnitte der Leitungen, insbesondere vorab, in einem Kompartiment angeordnet werden, und dass das Kompartiment und die Trenneinheiten in Projektion auf eine Grundrissebene, die senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten liegt, derart in vier Quadranten

angeordnet werden, dass in einem ersten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil der Hochdrucksäule und des Fußabschnitts der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule übereinander, in einem zweiten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil des Kopfabchnitts der Niederdrucksäule, in einem dritten der Quadranten zumindest der überwiegende Teil der Argongewinnungssäule und in einem vierten der vier Quadranten das Kompartiment angeordnet sind.

[0044] Insbesondere können in dem erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage zunächst das separate Kompartiment mit dem zumindest überwiegenden Teil der parallel zu den Längsachsen der Trenneinheiten verlaufenden Leitungsabschnitten der Leitungen in vorgefertigter Form bereitgestellt und anschließend die Trenneinheiten bereitgestellt werden. Insbesondere kann das Kompartiment nach seiner Bereitstellung mit einer Coldbox umbaut bzw. an eine solche Coldbox angeschlossen werden.

[0045] Auch zu den spezifischen Vorteilen des erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verfahrens zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage sei auf die obigen Erläuterungen ausdrücklich verwiesen. Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung in schematischer Darstellung veranschaulicht sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0046]

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

Figur 2 veranschaulicht im Zusammenhang mit der Beschreibung einer Luftzerlegungsanlage verwendete Begrifflichkeiten.

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

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0047] In Figur 1 ist eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung in schematischer Darstellung veranschaulicht. Die Luftzerlegungsanlage ist insgesamt mit 100 bezeichnet. Die räumliche Anordnung der in Figur 1 veranschaulichten Komponenten, die hier in einer Seitenansicht nebeneinander dargestellt sind, entspricht nicht der Erfindung.

[0048] Als Trenneinheiten weist die Luftzerlegungsanlage 100 vier Trenneinheiten in Form einer Hochdrucksäule 1, eines Fußabschnitts 2 einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, eines Kopfabchnitts 3 der

zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und eine einteilig ausgebildete Argongewinnungssäule 4 auf. Die Hochdrucksäule 1 und der Fußabschnitt 2 der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule sind mantelseitig miteinander verbunden. Die Hochdrucksäule 1, der Fußabschnitt 2 der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, der Kopfabschnitt 3 der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und die einteilig ausgebildete Argongewinnungssäule weisen jeweils Längsachsen A auf, wie hier jedoch nur am Beispiel der Hochdrucksäule 1 und des Fußabschnitts 2 der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule veranschaulicht.

[0049] Der Betrieb der in Figur 1 dargestellten Luftzerlegungsanlage unterscheidet sich grundsätzlich nicht von dem Betrieb einer Luftzerlegungsanlage, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist und beispielsweise in Figur 2.3A bei Häring (siehe oben) beschrieben ist. In die Hochdrucksäule 1 wird dabei Einsatzluft in Form eines Einsatzluftstroms EL eingespeist, der in einem nicht veranschaulichten warmen Teil der Luftzerlegungsanlage 100 verdichtet und in einem Hauptwärmetauscher abgekühlt wurde. Entsprechend bereitgestellte Flüssigluft LA kann ebenfalls in die Hochdrucksäule 1 eingespeist werden.

[0050] Die Hochdrucksäule und der Fußabschnitt der Niederdrucksäule 2 sind über einen nicht gesondert bezeichneten Hauptkondensator wärmetauschend miteinander verbunden. Der Fußabschnitt 2 der Niederdrucksäule und der Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule sind fluidisch miteinander gekoppelt, wobei insbesondere Sumpfflüssigkeit aus dem Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule mittels einer nicht gesondert bezeichneten Pumpe in einem oberen Bereich des Fußabschnitts 2 der Niederdrucksäule zurückgeführt werden kann. Sumpfflüssigkeit kann aus dem Sumpf der Hochdrucksäule 1 abgezogen, durch einen Unterkühlungsgegenströmer 7 geführt und anschließend in einem Verdampfungsraum eines Kopfkondensators 41 einer Argongewinnungssäule 4 eingespeist werden. Dort verdampfte und nicht verdampfte Anteile des entsprechenden, an Sauerstoff angereicherten Fluids können in Form entsprechender Stoffströme in den Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule geführt werden. Aus einem oberen Bereich des Fußabschnitts 2 der Niederdrucksäule kann ein Stoffstrom abgezogen und in die Argongewinnungssäule 4 eingespeist werden. Aus dem Sumpf der Argongewinnungssäule 4 kann ein Stoffstrom in den Kopfabschnitt 3 der Niederdrucksäule zurückgeführt werden. In die die Argongewinnungssäule 4 kann an Argon angereichertes und vorzugsweise weitgehend an Stickstoff abgereichertes Fluid eingespeist werden. In dem dargestellten Beispiel der Luftzerlegungsanlage 100 kann daher auf eine Reinargonsäule verzichtet werden. In einem oberen Bereich der Argongewinnungssäule 4 kann auf diese Weise Flüssigargon in ausreichender Reinheit abgezogen werden. Vom Kopf der Reinargonsäule wird Fluid an die Atmosphäre abgegeben. Die vorliegende Erfindung eignet sich jedoch auch für andere Anlagenkonfigurationen, ins-

besondere solche mit klassischen Roh- und Reinargonsäulen.

[0051] Mittels der Luftzerlegungsanlage 100 können Druckstickstoff (PGAN), innenverdichteter gasförmiger Drucksauerstoff (GOXIC), Unreinstickstoff (UN2), Niederdruckstickstoff (LPGAN), Flüssigstickstoff (LIN), Flüssigsauerstoff (LOX) und Flüssigargon (LAR) bereitgestellt werden.

[0052] In der in Figur 1 veranschaulichten Luftzerlegungsanlage 100 können unterschiedliche Komponenten in unterschiedlichen baulichen Einheiten bereitgestellt werden. Wie ferner ersichtlich, können die Trenneinheiten 1 bis 4 mittels Leitungen, die hier an zwei Stellen beispielhaft mit 5 zusammengefasst sind, miteinander und mit weiteren Apparaten wie dem Unterkühlungsgegenströmer 7 und einem Hauptwärmetauscher (nicht gezeigt) verbunden werden. Diese Leitungen weisen vertikal, d.h. parallel zu jeweiligen Längsachsen A der Trenneinheiten verlaufende Leitungsabschnitte beträchtlicher Länge auf. Diese können und werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung in einem hier gestrichelt veranschaulichten Kompartiment C bereitgestellt. In dem separaten Kompartiment C können entsprechende Leitungen vorgefertigt und auf diese Weise zur Baustelle transportiert werden. Auf diese Weise kann, wie mehrfach erläutert, auf nachträgliche Schweißarbeiten weitgehend verzichtet werden.

[0053] Figur 2 veranschaulicht im Zusammenhang mit der Beschreibung einer Luftzerlegungsanlage gemäß Figur 3 verwendete Begrifflichkeiten.

[0054] Wie in Figur 2 veranschaulicht, ist hier eine Ebene (in der Papierebene) mittels einer strichpunktirt veranschaulichten ersten Trennlinie T1 und einer ebenfalls strichpunktirt veranschaulichten zweiten Trennlinie T2 in einen ersten Quadranten Q1, einen zweiten Quadranten Q2, einen dritten Quadranten Q3 und einen vierten Quadranten Q4 unterteilt. Ferner ist hier ein gepunktet dargestelltes Rechteck 10 mit einer ersten Seitenlinie L1, einer zweiten Seitenlinie L2, einer dritten Seitenlinie L3 und einer vierten Seitenlinie L4 veranschaulicht. Das Rechteck 10 schließt einen Teilbereich jedes der Quadranten Q1 bis Q4 ein, wobei der Teilbereich des ersten und zweiten Quadranten Q1, Q2 an der ersten L1, der Teilbereich des zweiten und dritten Quadranten Q2, Q3 an der zweiten L2, der Teilbereich des dritten und vierten Quadranten Q3, Q4 an der dritten L3 und der Teilbereich des vierten und ersten Quadranten Q3, Q1 an der vierten L4 der Seitenlinien L1 bis L4 anliegt. Die Trennlinie T1, auf deren linker Seite der erste und der zweite Quadrant Q1, Q2 und auf deren rechter Seite der dritte und vierte Quadrant Q3, Q4 angeordnet sind, liegt zwischen und parallel zu der ersten und der dritten Seitenlinie L1, L3 und die Trennlinie T2, die senkrecht zu der ersten Trennlinie T1 steht und auf deren linker Seite der zweite und dritte Quadrant Q2, Q3 und auf deren rechter Seite der vierte und erste Quadrant Q4, Q1 liegen, liegt zwischen und parallel zu der zweiten und der vierten Seitenlinie L2, L4. Der erste bis vierte Quadrant Q1-Q4 sind in der

Grundrissebene in Uhrzeigerrichtung um einen Mittelpunkt Z herum angeordnet.

[0055] In Figur 3 ist eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in schematischer Draufsicht bzw. in einer Projektion auf eine Grundrissebene, die der Papierebene entspricht, veranschaulicht. Die Trenneinheiten 1 bis 4 stehen mit ihren hier nicht gesondert veranschaulichten Längsachsen A senkrecht zur Papierebene. Zur Beschreibung wird nachfolgend das Koordinatensystem bzw. die Terminologie der Figur 2 verwendet. Auf eine erneute Darstellung wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit in Figur 3 jedoch verzichtet.

[0056] In dieser Anordnung ist der überwiegende Teil der parallel zu den Längsachsen A der Trenneinheiten 1 bis 4 verlaufenden Leitungsabschnitte der Leitungen 5 in einem Kompartiment C angeordnet, und das Kompartiment C und die Trenneinheiten 1 bis 4 sind in Projektion auf die Grundrissebene, die senkrecht zu den Längsachsen A der Trenneinheiten 1 bis 4 liegt, derart in den vier Quadranten Q1-Q4 angeordnet, dass in dem ersten Quadranten Q1 zumindest der überwiegende Teil der Hochdrucksäule 1 und des Fußabschnitts 2 der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule übereinander, in dem zweiten Quadranten Q2 zumindest der überwiegende Teil des Kopfabschnitts 3 der Niederdrucksäule, in dem dritten Quadranten Q3 zumindest der überwiegende Teil der Argongewinnungssäule 4 und in dem vierten Quadranten Q4 das Kompartiment C angeordnet sind. Wie hier mittels einer verstärkten Linie 20 dargestellt, sind die Trenneinheiten 1 bis 4 ohne das Kompartiment C zusammen in einer Coldbox 20 angeordnet, welche in der Projektion auf die Grundrissebene in dem vierten Quadranten Q4 eine Aussparung aufweist, in welcher in der Projektion auf die Grundrissebene das Kompartiment C angeordnet ist. Das Kompartiment C ist in der Projektion auf die Grundrissebene rechteckig ist und liegt an der dritten und der vierten Seitenlinie L3, L4 an. Es ist in einer nicht gesondert bezeichneten weiteren Coldbox untergebracht. Ein Hauptwärmetauscher 6 ist in einer separaten Coldbox angeordnet, welche in der Projektion auf die Grundrissebene an der vierten Außenlinie L4 angeordnet ist.

Patentansprüche

1. Luftzerlegungsanlage (100) mit vier Trenneinheiten (1-4) in Form einer Hochdrucksäule (1), eines Fußabschnitts (2) einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, eines Kopfabschnitts (3) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule (4) mit einem Kopfkondensator (41), wobei die Trenneinheiten (1-4) zumindest zum Teil mittels Leitungen (5) miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten (6, 7) verbunden sind, wobei die Trenneinheiten (1-4) jeweils Längsachsen (A) auf-

weisen, die in der Richtung einer Maximalerstreckung der Trenneinheiten (4) verlaufen, wobei die Trenneinheiten (4) derart angeordnet sind, dass ihre Längsachsen (A) parallel zueinander liegen, und wobei die Leitungen (5) zumindest teilweise Leitungsabschnitte aufweisen, die parallel zu den Längsachsen der Trenneinheiten (1-4) verlaufen, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der überwiegende Teil der parallel zu den Längsachsen (A) der Trenneinheiten (1-4) verlaufenden Leitungsabschnitte der Leitungen (5) in einem Kompartiment (C) angeordnet sind, und dass das Kompartiment (C) und die Trenneinheiten (1-4) in Projektion auf eine Grundrissebene, die senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten (1-4) liegt, derart in vier Quadranten (Q1-Q4) angeordnet sind, dass in einem ersten (Q1) der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil der Hochdrucksäule (1) und des Fußabschnitts (2) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule übereinander, in einem zweiten (Q2) der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil des Kopfabschnitts (3) der Niederdrucksäule, in einem dritten (Q3) der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil der Argongewinnungssäule (4) und in einem vierten (Q4) der Quadranten (Q1-Q4) das Kompartiment (C) angeordnet sind.

2. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 1, wobei der erste bis vierte Quadrant (Q1-Q4) in der Grundrissebene in Uhrzeigerrichtung um einen Mittelpunkt (Z) herum angeordnet sind.

3. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das Kompartiment (C) und die Trenneinheiten (1-4) in der Projektion auf die Grundrissebene innerhalb eines Rechtecks (10) mit vier Seitenlinien (L1-L4) angeordnet sind, welches einen Teilbereich jedes der Quadranten (Q1-Q4) einschließt, wobei der Teilbereich des ersten und zweiten Quadranten (Q1, Q2) an einer ersten (L1), der Teilbereich des zweiten und dritten Quadranten (Q2, Q3) an einer zweiten (L2), der Teilbereich des dritten und vierten Quadranten (Q3, Q4) an einer dritten (L3) und der Teilbereich des vierten und ersten Quadranten (Q4, Q1) an einer vierten (L4) der Seitenlinien (L1-L4) anliegt.

4. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 3, wobei eine erste in der Grundrissebene liegende Trennlinie (T1), auf deren linker Seite der erste und der zweite Quadrant (Q1, Q2) und auf deren rechter Seite der dritte und vierte Quadrant (Q3, Q4) angeordnet sind, zwischen und parallel zu der ersten und der dritten Seitenlinie (L1, L3) und eine zweite in der Grundrissebene verlaufende Trennlinie (T2), die senkrecht zu der ersten Trennlinie (T1) steht und auf deren linker Seite der zweite und dritte Quadrant (Q2, Q3) und auf deren rechter Seite der vierte und erste Qua-

drant (Q4, Q1) liegen, zwischen und parallel zu der zweiten und der vierten Seitenlinie (L2, L4) liegt.

5. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, bei der die Trenneinheiten (1-4) ohne das Kompartiment (C) in einer Coldbox (20) angeordnet sind, welche in der Projektion auf die Grundrissebene in dem vierten Quadranten (Q4) eine Ausparung aufweist, in welcher in der Projektion auf die Grundrissebene das Kompartiment (C) angeordnet ist. 5 10
6. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, bei der die Trenneinheiten (1-4) mit dem Kompartiment (C) in einer Coldbox angeordnet sind, welche in der Projektion auf die Grundrissebene den rechteckigen Querschnitt aufweist, wobei das Kompartiment (C) in der Projektion auf die Grundrissebene in einer Ecke der Coldbox angeordnet ist. 15 20
7. Luftzerlegungsanlage (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, bei der das Kompartiment (C) in der Projektion auf die Grundrissebene rechteckig ist und an der dritten und der vierten Seitenlinie (L3, L4) anliegt. 25
8. Luftzerlegungsanlage (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, die einen Hauptwärmetauscher (6) als den oder einen der weiteren Apparate (6, 7) aufweist, wobei der Hauptwärmetauscher (6) in einer separaten Coldbox angeordnet ist, welche in der Projektion auf die Grundrissebene an der vierten Außenlinie (L4) angeordnet ist. 30
9. Luftzerlegungsanlage (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, die einen Unterkühlungsgegenströmer (7) als den oder einen der weiteren Apparate (6, 7) aufweist, wobei der Unterkühlungsgegenströmer (7) innerhalb oder außerhalb des Kompartiments (C) in dem vierten Quadranten (Q4) angeordnet ist. 35 40
10. Luftzerlegungsanlage (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der eine Rohargonsäule als die Argongewinnungssäule (4) und eine Reinargonsäule als eine fünfte Trenneinheit bereitgestellt sind, oder bei der eine zur Anreicherung oder Gewinnung eines Krypton/Xenon- oder Helium/Neon-Gemischs eingerichtete Trenneinheit als eine fünfte Trenneinheit bereitgestellt ist, wobei die fünfte Trenneinheit innerhalb oder außerhalb des Kompartiments (11) in dem vierten Quadranten (Q4) angeordnet ist. 45 50
11. Luftzerlegungsanlage (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei der das Kompartiment (C) in einer ersten Erstreckungsrichtung eine Größe von weniger als 6 Metern und in einer zweiten Erstreckungsrichtung senkrecht dazu eine um mindestens 55

den Faktor 5 größere Erstreckung aufweist.

12. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Luftzerlegungsanlage (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche verwendet wird. 5
13. Verfahren zur Erstellung einer Luftzerlegungsanlage (100), bei dem vier Trenneinheiten (1-4) in Form einer Hochdrucksäule (1), eines Fußabschnitts (2) einer zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule, eines Kopfabschnitts (3) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule und einer einteilig ausgebildeten Argongewinnungssäule (4), die einen Kopfkondensator (41) aufweist, bereitgestellt werden, wobei die Trenneinheiten (1-4) zumindest zum Teil mittels Leitungen (5) miteinander und/oder mit einem oder mit mehreren weiteren Apparaten (6-8) verbunden werden, wobei die Trenneinheiten (1-4) jeweils Längsachsen (A) aufweisen, die in der Richtung einer Maximalerstreckung der Trenneinheiten (4) verlaufen, wobei die Trenneinheiten (4) derart angeordnet werden, dass ihre Längsachsen (A) parallel zueinander liegen, und wobei die Leitungen (5) zumindest teilweise Leitungsabschnitte aufweisen, die parallel zu den Längsachsen der Trenneinheiten (1-4) verlaufen, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der überwiegende Teil der parallel zu den Längsachsen (A) der Trenneinheiten (1-4) verlaufenden Leitungsabschnitte der Leitungen (5) in einem Kompartiment (C) angeordnet werden, und dass das Kompartiment (C) und die Trenneinheiten (1-4) in Projektion auf eine Grundrissebene, die senkrecht zu den Längsachsen der Trenneinheiten (1-4) liegt, derart in vier Quadranten (Q1-Q4) angeordnet werden, dass in einem ersten (Q1) der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil der Hochdrucksäule (1) und des Fußabschnitts (2) der zweiteilig ausgebildeten Niederdrucksäule übereinander, in einem zweiten (Q2) der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil des Kopfabschnitts (3) der Niederdrucksäule, in einem dritten (Q3) der Quadranten (Q1-Q4) zumindest der überwiegende Teil der Argongewinnungssäule (4) und in einem vierten (Q4) der vier Quadranten (Q1-Q4) das Kompartiment (C) angeordnet sind. 10 15 20 25 30 35 40 45 50
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem das zunächst das separate Kompartiment (11) mit dem zumindest überwiegenden Teil der parallel zu den Längsachsen (A) der Trenneinheiten (1-4) verlaufenden Leitungsabschnitten der Leitungen (5) bereitgestellt wird und anschließend eine Coldbox (10) und/oder die Trenneinheiten (1-4) bereitgestellt werden. 55
15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem das Kompartiment (11) nach seiner Bereitstellung mit der Coldbox (10) umbaut und/oder an die Coldbox (10) an-

geschlossen wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

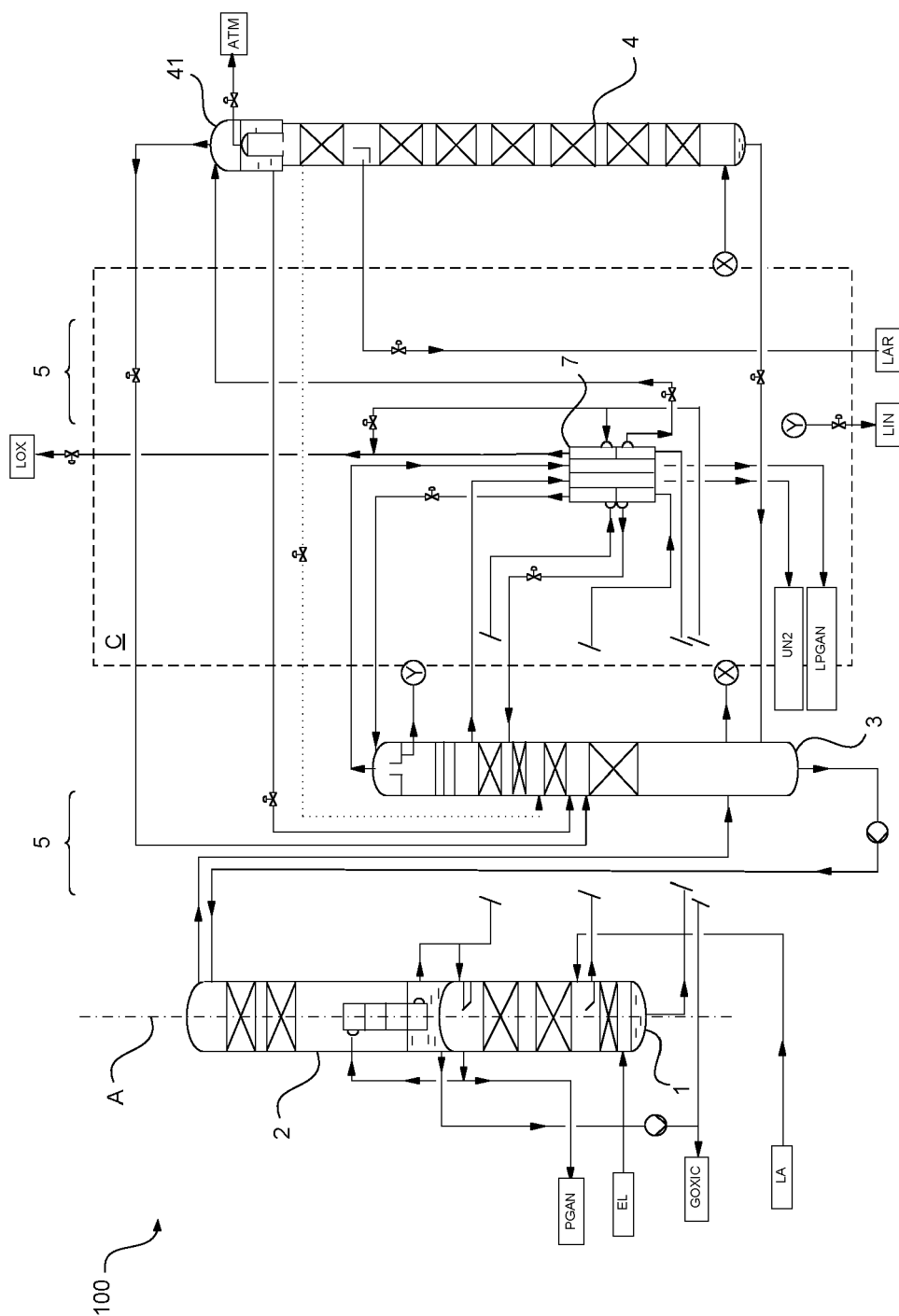


Fig. 1

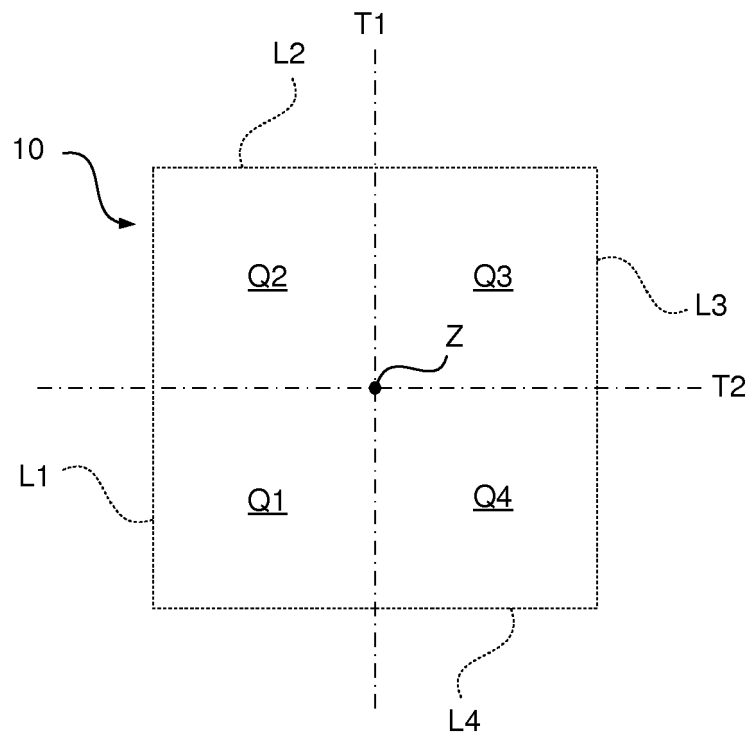


Fig. 2

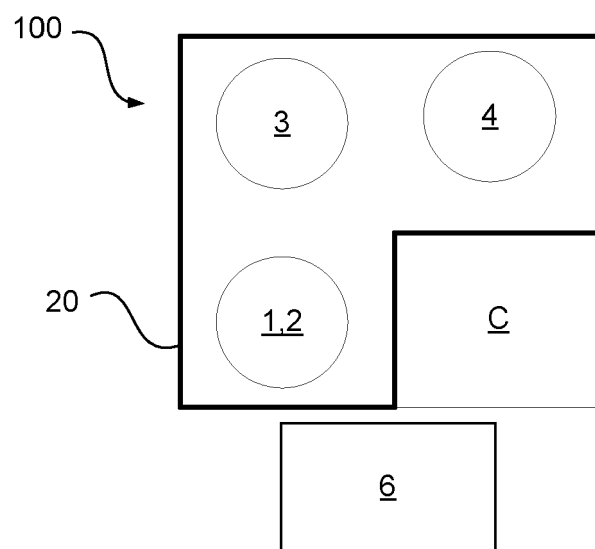


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 02 0399

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)
Y	US 2015/096327 A1 (LOCHNER STEFAN [DE] ET AL) 9. April 2015 (2015-04-09) * Absätze [0056], [0058], [0061], [0062], [0063], [0064]; Abbildung 2 *	1-15	INV. F25J3/04
Y	CN 202 853 259 U (ZHEJIANG HAITIAN GAS CO LTD) 3. April 2013 (2013-04-03) * Abbildung 2 *	1-15	
Y	DE 199 64 549 B4 (AIR LIQUIDE [FR]) 15. Juli 2010 (2010-07-15) * Abbildung 3A *	1-15	
Y	EP 1 180 655 A1 (LINDE AG [DE]) 20. Februar 2002 (2002-02-20) * Absatz [0022] * * letzter Zeile, Absatz 24 * * letzter Zeile, Absatz 41 * * letzter Zeile, Absatz 42 *	1-15	
Y	DE 103 42 788 A1 (LINDE AG [DE]) 7. April 2005 (2005-04-07) * Absätze [0031] - [0034]; Abbildungen *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Februar 2019	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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 18 02 0399

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.

05-02-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2015096327 A1	09-04-2015	CN 104272046 A	07-01-2015
		DE 102012008415 A1	31-10-2013
		EP 2841858 A2	04-03-2015
		US 2015096327 A1	09-04-2015
		WO 2013159868 A2	31-10-2013

CN 202853259 U	03-04-2013	KEINE	

DE 19964549 B4	15-07-2010	AU 741159 B2	22-11-2001
		BR 9904631 A	23-01-2001
		CZ 9900408 A3	17-11-1999
		DE 19904526 A1	02-09-1999
		DE 19964549 B4	15-07-2010
		FR 2774752 A1	13-08-1999
		GB 2334085 A	11-08-1999
		JP H11264657 A	28-09-1999
		US 6148637 A	21-11-2000

EP 1180655 A1	20-02-2002	AT 295520 T	15-05-2005
		AU 9376601 A	04-03-2002
		CN 1447895 A	08-10-2003
		DE 10040391 A1	28-02-2002
		EP 1180655 A1	20-02-2002
		EP 1309827 A1	14-05-2003
		JP 2004535543 A	25-11-2004
		KR 20040002838 A	07-01-2004
		TW 500908 B	01-09-2002
		US 2004000166 A1	01-01-2004
		WO 0216847 A1	28-02-2002

DE 10342788 A1	07-04-2005	KEINE	

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 Nicht-Patentliteratur

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