



(11)

EP 2 989 400 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.12.2021 Patentblatt 2021/52

(21) Anmeldenummer: **14716757.1**(22) Anmeldetag: **08.04.2014**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/000937

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/173496 (30.10.2014 Gazette 2014/44)

(54) VERFAHREN ZUR GEWINNUNG EINES LUFTPRODUKTS IN EINER LUFTZERLEGGUNGSANLAGE MIT ZWISCHENSPEICHERUNG UND LUFTZERLEGGUNGSANLAGE

METHOD FOR OBTAINING AN AIR PRODUCT IN AN AIR SEPARATING SYSTEM WITH TEMPORARY STORAGE, AND AIR SEPARATING SYSTEM

PROCÉDÉ PERMETTANT D'OBTENIR UN PRODUIT AIR DANS UNE INSTALLATION DE SÉPARATION DE L'AIR À STOCKAGE TEMPORAIRE ET INSTALLATION DE SÉPARATION DE L'AIR

(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**

(30) Priorität: **25.04.2013 EP 13002196**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.03.2016 Patentblatt 2016/09

(73) Patentinhaber: **Linde GmbH
82049 Pullach (DE)**

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

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

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 0 464 630 EP-A1- 1 544 559
EP-A2- 1 995 537 DE-C- 676 616
JP-A- H03 282 182 US-B1- 6 295 840**

- **FRANK G KERRY:** "Ancillary Equipment for safety", 1. Januar 2007 (2007-01-01), INDUSTRIAL GAS HANDBOOK: GAS SEPARATION AND PURIFICATION, CRC PRESS, US, PAGE(S) 420 - 421, XP007923158, ISBN: 0-8493-9005-2 Seite 421, Absatz 12.4.7
- **None**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingereicht, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung eines Luftprodukts in einer Luftzerlegungsanlage und eine zur Durchführung eines derartigen Verfahrens eingerichtete Luftzerlegungsanlage.

Stand der Technik

[0002] Die Herstellung von Sauerstoff oder von entsprechenden Gemischen in flüssigem oder gasförmigem Zustand erfolgt üblicherweise durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in Luftzerlegungsanlagen mit an sich bekannten Destillationssäulensystemen. Diese können beispielsweise als Ein- oder Zweisäulensysteme, insbesondere als klassische Doppelsäulensysteme, aber auch als Drei- oder Mehrsäulensysteme ausgebildet sein. Im Rahmen dieser Erfindung kommt dabei insbesondere ein Destillationssäulensystem zum Einsatz, das eine Stickstoffsäule in Form eines Einsäulenapparats mit einer zusätzlichen Säule zum Erzeugen von Sauerstoff umfasst. Ferner können in den genannten Destillationssäulensystemen Vorrichtungen, beispielsweise Säulen, zur Gewinnung weiterer Luftkomponenten, insbesondere der Edelgase Krypton, Xenon und/oder Argon, vorgesehen sein.

[0003] Für eine Reihe industrieller Anwendungen wird Drucksauerstoff benötigt, zu dessen Gewinnung Luftzerlegungsanlagen mit sogenannter Innenverdichtung zum Einsatz kommen können. In derartigen Luftzerlegungsanlagen wird eine flüssig auf Druck gebrachte Flüssigfraktion, insbesondere Flüssigsauerstoff, gegen einen Wärmeträger verdampft und schließlich als gasförmiges Druckprodukt abgegeben. Die Innenverdichtung hat, unter anderem, energetische Vorteile im Vergleich zu einer nachträglichen Verdichtung eines bereits gasförmig vorliegenden Sauerstoffproduktstroms.

[0004] Bei überkritischem Druck findet dabei kein Phasenübergang im eigentlichen Sinne statt, die Flüssigfraktion wird "pseudooverdampft". Gegen die (pseudo-)verdampfende Flüssigfraktion wird der unter hohem Druck stehende Wärmeträger verflüssigt (oder ggf. pseudoverflüssigt, wenn er unter überkritischem Druck steht). Der Wärmeträger wird häufig durch einen Teil der der Luftzerlegungsanlage zugeführten Luft gebildet.

[0005] Die Innenverdichtung ist beispielsweise in folgenden Druckschriften beschrieben: DE 830 805 B, DE 901 542 B (entspricht US 2 712 738 A/US 2 784 572 A), DE 952 908 B, DE 1 103 363 B (US 3 083 544 A), DE 1 112 997 B (US 3 214 925 A), DE 1 124 529 B, DE 1 117 616 B (US 3 280 574 A), DE 1 226 616 A (US 3 216 206 A), DE 1 229 561 B (US 3 222 878 A), DE 1 199 293 B, DE 1 187 248 B (US 3 371 496 A), DE 1 235 347 B, DE 1 258 882 A (US 3 426 543 A), DE 1 263 037 A (US 3 401 531 A), DE 1 501 722 A (US 3 416 323 A), DE 1 501 723 A (US 3 500 651 A), DE 25 351 32 B2 (US 4 279 631 A), DE 26 46 690 A1, EP 0 093 448 B1 (US 4 555 256 A), EP 0 384 483 B1 (US 5 036 672 A), EP 0 505

812 B1 (US 5 263 328 A), EP 0 716 280 B1 (US 5 644 934 A), EP 0 842 385 B1 (US 5 953 937 A), EP 0 758 733 B1 (US 5 845 517 A), EP 0 895 045 B1 (US 6 038 885 A), DE 198 03 437 A1, EP 0 949 471 B1 (US 6 185 960 B1), EP 0 955 509 A1 (US 6 196 022 B1), EP 1 031 804 A1 (US 6 314 755 B1), DE 199 09 744 A1, EP 1 067 345 A1 (US 6 336 345 B1), EP 1 074 805 A1 (US 6 332 337 B1), DE 199 54 593 A1, EP 1 134 525 A1 (US 6 477 860 B2), DE 100 13 073 A1, EP 1 139 046 A1, EP 1 146 301 A1, EP 1 150 082 A1, EP 1 213 552 A1, DE 101 15 258 A1, EP 1 284 404 A1 (US 2003/051504 A1), EP 1 308 680 A1 (US 6 612 129 B2), DE 102 13 212 A1, DE 102 13 211 A1, EP 1 357 342 A1, DE 102 38 282 A1, DE 103 02 389 A1, DE 103 34 559 A1, DE 103 34 560 A1, DE 103 32 863 A1, EP 1 544 559 A1, EP 1 585 926 A1, DE 102005 029 274 A1, EP 1 666 824 A1, EP 1 672 301 A1, DE 10 2005 028 012 A1, WO 2007/033838 A1, WO 2007/104449 A1, EP 1 845 324 A1, DE 10 2006 032 731 A1, EP 1 892 490 A1, DE 10 2007 014 643 A1, EP 2 015 012 A2, EP 2 015 013 A2, EP 2 026 024 A1, WO 2009/095188 A2 und DE 10 2008 016 355 A1.

[0006] Die vorliegenden Erläuterungen gelten in entsprechender Weise auch für andere Luftprodukte wie beispielsweise Stickstoff oder Argon, die ebenfalls unter Verwendung der Innenverdichtung in gasförmigem Zustand erhalten werden können und zuvor als Flüssigfraktionen vorliegen. Die Erfindung eignet sich aber auch für alle anderen in einer entsprechenden Luftzerlegungsanlage flüssig vorliegenden und insbesondere flüssig auf Druck gebrachten oder flüssig auf Druck zu bringenden Fraktionen. Diese können der Anlage auch flüssig entnommen werden.

[0007] Zur Erhöhung des Drucks von Luftprodukten in Luftzerlegungsanlagen ist die sogenannte Druckaufbauverdichtung bekannt und beispielsweise in der DE 676 616 C, und der EP 0 464 630 A1 beschrieben. Wie beispielsweise in der US 6 295 840 B1 offenbart, kann ein Luftprodukt auch mittels eines Teilstroms verdichteter Einsatzluft in einer Tankanordnung auf Druck gebracht werden.

[0008] Für bestimmte industrielle Anwendungen werden Luftprodukte, z.B. Drucksauerstoff, mit hohem und insbesondere mit spezifiziertem Reinheitsgrad benötigt. Diese Anforderungen können insbesondere in herkömmlichen Luftzerlegungsanlagen mit Innenverdichtung nur unter beträchtlichem Aufwand oder gar nicht erfüllt werden.

[0009] Es besteht daher der Bedarf nach verbesserten Möglichkeiten zur Erzeugung von entsprechenden Luftprodukten, insbesondere mit spezifiziertem Reinheitsgrad, in Luftzerlegungsanlagen, insbesondere in Luftzerlegungsanlagen mit Innenverdichtung.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Die vorliegende Erfindung schlägt vor diesem Hintergrund ein Verfahren zur Gewinnung eines Luftprodukts in einer Luftzerlegungsanlage und eine zur Durch-

führung eines derartigen Verfahrens eingerichtete Luftzerlegungsanlage mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vor. Bevorzugte Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche sowie der nachfolgenden Beschreibung.

Vorteile der Erfindung

[0011] Die Erfindung geht von einem bekannten Verfahren zur Gewinnung von Luftprodukten aus. Beispielsweise kann die Erfindung bei der eingangs erläuterten Innenverdichtung zum Einsatz kommen, sie eignet sich jedoch generell für alle Verfahren zur Gewinnung von Luftprodukten, bei denen diese zumindest zeitweise flüssig vorliegen und in entsprechenden Tanks zwischengespeichert werden können. Wie erläutert, wird bei der Innenverdichtung aus Einsatzluft eine Flüssigfraktion gewonnen, die in flüssiger Form auf einen Zieldruck druckerhöht, anschließend gegen einen Wärmeträger verdampft, und schließlich als Luftprodukt in gasförmigem Zustand abgegeben wird.

[0012] Dies entspricht im Regelfall dem Kundenwunsch. Es profitieren jedoch auch Anlagen von dem erfindungsgemäßen Verfahren, in denen ein Luftprodukt in flüssigem Zustand abgegeben wird. Im letzteren Fall entspricht das Luftprodukt der Flüssigfraktion, bei der Innenverdichtung wird die Flüssigfraktion zu dem Luftprodukt verdampft.

[0013] Es ist vorgesehen, die Flüssigfraktion, insbesondere vor dem Verdampfen bei der Innenverdichtung, in einer Tankanordnung mit wenigstens zwei Tanks zwischenzuspeichern. Die Flüssigfraktion wird dabei im Wechselbetrieb in die wenigstens zwei Tanks eingespeist und aus diesen entnommen.

[0014] Mit einem "Wechselbetrieb" der wenigstens zwei Tanks ist hier gemeint, dass die Flüssigfraktion zumindest einem der Tanks zugeführt und zumindest einem der Tanks entnommen und dabei keinem der Tanks gleichzeitig zugeführt und, zumindest nicht zur Bereitstellung des Luftprodukts, entnommen wird. Die Einspeisung und die Entnahme aus jeweils einem Tank erfolgt damit niemals zeitgleich, wenn die entsprechende Flüssigfraktion anschließend (z.B. nach Verdampfung) als Luftprodukt abgegeben werden soll. Der Tank wird also in einem Produktionsbetrieb stets entweder gefüllt oder entleert oder weder gefüllt noch entleert (d.h. die Flüssigfraktion wird immer entweder in den Tank eingespeist oder aus diesem entnommen). Hieraus ergibt sich eine Reihe von Vorteilen, die im Rahmen der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsformen noch näher erläutert werden.

[0015] Im vereinfachten Fall von nur zwei Tanks kann dabei die Flüssigfraktion einem ersten Tank zugeführt und einem zweiten Tank entnommen werden oder umgekehrt. Die Flüssigfraktion kann jedoch auch einem der Tanks entnommen bzw. zugeführt werden, während sie dem anderen Tank nicht zugeführt bzw. entnommen wird. Die Flüssigfraktion kann auch beiden Tanks gleich-

zeitig zugeführt, jedoch nicht zeitgleich entnommen, oder beiden Tanks gleichzeitig entnommen, jedoch nicht zeitgleich zugeführt werden. Dies gilt jeweils sinngemäß auch für mehr als zwei Tanks.

[0016] Erfindungsgemäß ist es vorgesehen und durch den Wechselbetrieb möglich, jeweils vor dem Entnehmen der Flüssigfraktion zur Bereitstellung des Luftprodukts ihre Zusammensetzung, also beispielsweise einen Gehalt an wenigstens einer Komponente, in dem jeweiligen Tank zu ermitteln. Da aufgrund der Zwischenspeicherung eine entsprechende Flüssigfraktion niemals direkt zur Bereitstellung des Luftprodukts verwendet wird, kann dieses stets mit verifizierter Zusammensetzung, beispielsweise mit definierter Reinheit, zur Verfügung gestellt werden. Das üblicherweise erwünschte Gasprodukt selbst kann i.d.R. nicht kontinuierlich auf seine Reinheit überprüft werden; dies ermöglicht jedoch die hier vorgeschlagene Zwischenspeicherung.

[0017] Das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren entfaltet besondere Vorteile, wenn die Flüssigfraktion zur Bereitstellung des Luftprodukts in flüssigem Zustand auf einen Zieldruck druckerhöht, anschließend gegen einen Wärmeträger verdampft, und schließlich als das Luftprodukt in gasförmigem Zustand abgegeben wird, also bei sogenannten Innenverdichtungsverfahren. Die Verdampfung erfolgt hier insbesondere im Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage. Die Innenverdichtung wird als Alternative zur gasförmigen Produktverdichtung (Außenverdichtung) angewendet, wenn das gasförmige Produkt unter Druck gewonnen werden soll. Hierbei wird die kontinuierlich anfallende Flüssigfraktion allerdings herkömmlicherweise ohne die erfindungsgemäße Zwischenspeicherung in den wenigstens zwei Tanks abgegeben. Die Abgabe ggf. verunreinigter Luftprodukte, die nicht den jeweiligen Anforderungen entsprechen, kann daher nur mit beträchtlichem Zusatzaufwand verhindert werden. Erfindungsgemäß ist hingegen stets die Abgabe eines Luftprodukts mit definierter und spezifizierbarer Zusammensetzung möglich.

[0018] Ist im Rahmen dieser Anmeldung von einem "Hauptwärmetauscher" die Rede, wird hierunter vorzugsweise ein einziger Wärmetauscherblock verstanden. Bei größeren Anlagen kann es jedoch auch vorteilhaft sein, den Hauptwärmetauscher durch mehrere hinsichtlich ihres Temperaturverlaufs parallel geschaltete Stränge zu realisieren, die durch voneinander getrennte Bauelemente gebildet werden. Grundsätzlich ist es möglich, den Hauptwärmetauscher, bzw. jeden seiner Stränge, durch zwei oder mehrere seriell verbundene Wärmetauscherblöcke auszubilden.

[0019] Der Begriff "Verdampfen" schließt hier, wie eingangs erläutert, eine Pseudoverdampfung unter überkritischem Druck ein. Der Druck, unter dem die Flüssigfraktion, beispielsweise Reinsauerstoff, in einen Wärmetauscher zur Verdampfung (z.B. den Hauptwärmetauscher) eingeleitet wird, kann also auch über dem kritischen Druck liegen. Dies gilt in entsprechender Weise für den Druck des Wärmeträgers, beispielsweise die Einsatzluft,

der gegen die Flüssigfraktion verflüssigt (oder pseudo-verflüssigt) wird. Entscheidend kann hierbei auch sein, dass die Menge so gering ist, dass kein zusätzlicher Boosterverdichter benötigt wird.

[0020] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird die Flüssigfraktion, beispielsweise Reinsauerstoff (aber auch beispielsweise Argon, Helium und/oder Neon), wie in herkömmlichen Luftzerlegungsanlagen mit Innenverdichtung auch, im flüssigen Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht ("druckerhöht") werden. Hierdurch kann ein warmer Verdichter für ein entsprechendes Luftprodukt entfallen oder zumindest relativ klein ausgeführt werden. Durch einen Wegfall einer zusätzlichen Verdichtereinheit verbessert sich i.d.R. die Reinheit des erhaltenen gasförmigen Luftprodukts, weil Kontaminationen durch Diffusion durch Dichtungen usw. vermieden werden.

[0021] Besonders reine Luftprodukte können erhalten werden, da die Flüssigfraktion mittels der erfindungsgemäß ausgebildeten Tankanordnung durch Druckaufbauverdampfung druckerhöht wird. Die Druckaufbauverdampfung ist grundsätzlich bekannt. Hierbei wird einem entsprechenden Tank jeweils ein Teil seines Inhalts entnommen und verdampft. Durch die Expansion während der Verdampfung erhöht sich der Druck. Hierbei wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorteilhafterweise ein Verfahrensdruck von 8 bis 16 bar verwendet. Die Verwendung zusätzlicher Pumpen, die ebenfalls Kontaminationen verursachen können, kann entfallen oder diese können kleiner ausgebildet werden. Eine entsprechende Anlage erweist sich damit als sehr viel wartungsärmer als herkömmliche Anlagen mit entsprechenden Pumpen. Erfindungsgemäße Anlagen ermöglichen bei Einsatz der Druckaufbauverdampfung eine Energieersparnis von ca. 0,8 bis 1 kW pro Normkubikmeter und Stunde Sauerstoffprodukt bei Reinheiten von beispielsweise unter 10 ppb Ar. Die jeweils erzielbaren Werte richten sich zu einem wesentlichen Anteil nach den Gewinnungsparametern.

[0022] Die Druckaufbauverdampfung schließt die Verwendung von Pumpen nicht aus, diese können vor oder nach einer entsprechenden Tankanordnung vorgesehen sein. Die Erfindung eignet sich insbesondere auch bei der drucklosen Zwischenspeicherung in der Tankanordnung, insbesondere dann, wenn die Flüssigfraktion der Anlage drucklos als Luftprodukt entnommen oder erst stromab der Tankanordnung druckerhöht wird. Üblicherweise werden jedoch Drücke, beispielsweise bis zu 5 bar, verwendet, die es erlauben, das Luftprodukt auch ohne Pumpe zu entnehmen. Von Vorteil kann in diesem Zusammenhang auch sein, das vor der Wiederbefüllung eines entsprechenden Tanks zum Druckabbau abgelassene Gas (sogenanntes Blowoffgas) in eine hierfür geeignete Säule des verwendeten Destillationssäulensystems zurückzuführen.

[0023] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird jeweils die Flüssigfraktion nur dann zur Bereitstellung des Luftprodukts verwendet, wenn ihre in der

Tankanordnung bestimmte Zusammensetzung einem Vorgabewert, beispielsweise einer Mindestreinheit von maximal 10 ppm Restargon oder vorzugsweise maximal 500 ppm Stickstoff entspricht. Ist dies nicht der Fall, kann die Flüssigfraktion verworfen oder der Luftzerlegungsanlage an geeigneter Stelle, beispielsweise einer Reinsauerstoffsäule, erneut zugeführt werden.

[0024] Vorteilhafterweise wird die Zusammensetzung der Flüssigfraktion kontinuierlich oder in Intervallen ermittelt. Dies kann zumindest vor der Entnahme zur Bereitstellung des Luftprodukts, jedoch auch wiederholt, erfolgen, insbesondere wenn ein Tank erst teilgefüllt ist, um eine übermäßige Produktion einer nicht spezifikationsgemäßen Flüssigfraktion zu vermeiden. Die Gaschromatographie eignet sich dabei in besonderer Weise zur Ermittlung einer Zusammensetzung der Flüssigfraktion, weil sie besonders niedrige Nachweisgrenzen aufweist.

[0025] Die vorliegende Erfindung eignet sich in besonderer Weise zur Verwendung mit dem sogenannten SPECTRA-Verfahren der Anmelderin. Hierbei kann eine Trennsäule einen Kopfkondensator aufweisen, in dem Dampf aus dem oberen Bereich der Trennsäule zumindest teilweise kondensiert werden kann. Hierbei handelt es sich um ein Stickstoffprodukt, das anschließend in flüssiger Form der Anlage entnommen werden kann. Zumindest ein Teil des in dem Kopfkondensator gewonnenen Kondensats kann auch als Rücklauf auf die Trennsäule aufgegeben werden.

[0026] Ferner wird ein Fluid der Trennsäule entnommen und in dem Kopfkondensator gegen das zu kondensierende Fluid erwärmt. Das Fluid kann der Trennsäule in Form eines oder zweier Fluidströme entnommen oder erst nach der Erwärmung in zwei Fluidströme aufgeteilt werden. Getrennt der Trennsäule entnommene Fluidströme werden dieser vorzugsweise in unterschiedlicher Entnahmehöhe entnommen und weisen daher unterschiedliche Zusammensetzungen auf. Einer der zwei Fluidströme kann dabei vorzugsweise am Sumpf der Trennsäule abgezogen werden. In bestimmten Fällen kann es sich als günstig erweisen, wenn ein erster Fluidstrom einen höheren Stickstoffgehalt aufweist als ein zweiter Fluidstrom. In diesem Fall wird der zweite Fluidstrom von einer Zwischenstelle der ersten Trennsäule abgezogen, die oberhalb des Sumpfs angeordnet ist, insbesondere oberhalb der Stelle, an der der erste Fluidstrom entnommen wird.

[0027] Einer der zwei Fluidströme wird, z.B. im Hauptwärmetauscher der Luftzerlegungsanlage, weiter erwärmt und in einer Entspannungsmaschine entspannt. Der andere Fluidstrom kann in einem mit der Entspannungsmaschine gekoppelten Verdichter auf den Druck der entsprechenden Trennsäule (rück)verdichtet und anschließend im Hauptwärmetauscher auf eine entsprechende Temperatur abgekühlt werden. Hierbei ist es besonders günstig, zur Rückverdichtung einen Kaltverdichter zu verwenden. Unter einem "Kaltverdichter" wird hier ein Verdichter verstanden, der bei einer Eintrittstemper-

ratur von weniger als 200 K, insbesondere weniger als 150 K, vorzugsweise zwischen 90 und 120 K, betrieben werden kann.

[0028] Das SPECTRA-Verfahren ist energetisch besonders günstig, weil die Entspannung in der erläuterten Entspannungsmaschine arbeitsleistend erfolgt. Die hierbei erzeugte mechanische Energie kann zumindest teilweise zur Rückverdichtung, wie zuvor erläutert, genutzt werden. Die Übertragung der mechanischen Energie von der Entspannungsmaschine auf den Rückverdichter erfolgt unmittelbar mechanisch, beispielsweise über eine gemeinsame Welle der Entspannungsmaschine und des Rückverdichters. Insbesondere dann, wenn der Rückverdichter als Kaltverdichter ausgebildet ist, wird vorzugsweise nur ein Teil der von der Entspannungsmaschine erzeugten mechanischen Energie auf den Rückverdichter übertragen, der Rest wird in einer warmen Bremseinrichtung, z.B. einem Bremsgebläse, einem Generator oder einer dissipativen Bremse, "vernichtet".

[0029] Das Grundkonzept der vorliegenden Erfindung ist also, die Flüssigfraktion nicht kontinuierlich und ohne weitere Kontrollmöglichkeit als Luftprodukt abzugeben sondern diese in wenigstens zwei Tanks zwischenzuspeichern. Hierdurch ist es möglich, den Tankinhalt jeweils auf seine chemische Zusammensetzung, insbesondere auf Restverunreinigungen, zu überprüfen. Dies kann diskontinuierlich, beispielsweise alle zehn Minuten erfolgen. Nur wenn das enthaltene Produkt den jeweils vorgegebenen Reinheitsanforderungen entspricht, wird es beispielsweise im Hauptwärmetauscher verdampft und als gasförmiges Luftprodukt abgegeben.

[0030] In besonderer Weise eignet sich die vorliegende Erfindung bei einem Verfahren, bei dem die Einsatzluft in einem Hauptwärmetauscher abgekühlt und in eine erste Trennsäule eingespeist wird. Hierbei wird aus einem sauerstoffangereicherten Strom aus der ersten Trennsäule in einer zweiten Trennsäule Reinsauerstoff als die Flüssigfraktion gewonnen. Der Reinsauerstoff wird nach der Zwischenspeicherung und Druckerhöhung in dem Hauptwärmetauscher gegen zumindest einen Teil der Einsatzluft als Wärmeträger verdampft.

[0031] Die Erfindung betrifft in gleicher Weise eine Luftzerlegungsanlage, die zur Durchführung eines zuvor erläuterten Verfahrens eingerichtet ist und über entsprechende Mittel verfügt. Die Luftzerlegungsanlage profitiert von den zuvor erläuterten Vorteilen in gleicher Weise. Auf diese wird verwiesen.

[0032] Ist hier davon die Rede, dass in einer solchen Luftzerlegungsanlage Ströme, Fraktionen, Luftprodukte usw. "entnehmbar", "einspeisbar", "erwärmbar", "abkühlbar", "verdichtbar", "entspannbar" usw. sind, bedeutet dies, dass entsprechende Entnahmef- bzw. Einspeisemittel (z.B. Ventile oder Pumpen), Mittel zur Erwärmung bzw. Abkühlung (z.B. Heizer oder Wärmetauscher) und Mittel zur Verdichtung bzw. Entspannung (z.B. Verdichter bzw. Entspannungsventile oder-maschinen) usw. vorgesehen sind, die in geeigneter Weise ausgebildet sind.

[0033] Eine besonders vorteilhaft ausgebildete Luftzerlegungsanlage weist dabei ein Trennsystem auf, dem die Flüssigfraktion an einer Entnahmestelle entnehmbar ist, die geodätisch oberhalb einer Einspeisestelle in die

5 Tankanordnung liegt. Die Flüssigfraktion kann auf diese Weise energiesparend in die Tankanordnung abfließen. Dies wird jedoch i.d.R. durch eine Druckbeaufschlagung unterstützt. Mit "geodätisch oberhalb" ist dabei gemeint, dass ein Höhenunterschied zwischen der Entnahmestelle aus dem Trennsäulensystem und der Einspeisestelle in die Tankanordnung besteht, nicht jedoch, dass diese in einer Falllinie übereinander angeordnet sein müssen. Ein lateraler Versatz kann also vorliegen. In größeren Anlagen befinden sich die Tanks jedoch i.d.R. auf einer 10 Höhe, durch die sichergestellt ist, dass das Luftprodukt unter ausreichendem Druck bereitgestellt wird.

[0034] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels gegenüber dem Stand der Technik nähererläutert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0035]

25 Figur 1 zeigt eine Luftzerlegungsanlage gemäß dem Stand der Technik und

30 Figur 2 zeigt eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0036] In den Figuren sind gleiche oder einander entsprechende Elemente mit identischen Bezugszeichen angegeben. Auf eine wiederholte Erläuterung wird der 35 Übersichtlichkeit halber verzichtet.

Ausführungsform(en) der Erfindung

[0037] In Figur 1 ist eine Luftzerlegungsanlage mit Innenverdichtung gemäß dem Stand der Technik, wie er beispielsweise aus der EP 1 995 537 A2 bekannt ist, schematisch in Form eines Anlagendiagramms dargestellt. Die zur Innenverdichtung eingerichtete Luftzerlegungsanlage ist insgesamt mit 110 bezeichnet. Wie erwähnt, eignet sich die Erfindung jedoch auch zum Einsatz in Luftzerlegungsanlagen ohne Innenverdichtung.

[0038] Atmosphärische Luft 1 (AIR) wird über ein Filter 2 von einem Luftverdichter 3 angesaugt und dort auf einen Absolutdruck von 6 bis 20 bar, vorzugsweise etwa 50 9 bar, verdichtet. Nach Durchströmen eines Nachkühlers 4 und eines Wasserabscheidens 5 zum Abscheiden von Wasser (H_2O) wird die verdichtete Luft 6 in einer Reinigungsvorrichtung 7 gereinigt, die ein Paar von mit Adsorptionsmaterial, vorzugsweise Molekularsieb, gefüllten Behältern aufweist. Die gereinigte Luft 8 wird in einem Hauptwärmetauscher 9 auf etwa Taupunkt abgekühlt und teilweise verflüssigt. Ein erster Teil 11 der abgekühlten Luft 10 wird über ein Drosselventil 51 in eine Einzel-

säule 12 eingeleitet. Die Einspeisung erfolgt vorzugsweise einige praktische oder theoretische Böden oberhalb des Sumpfs.

[0039] Der Betriebsdruck der Einzelsäule 12 (am Kopf) beträgt 6 bis 20 bar, vorzugsweise etwa 9 bar. Ihr Kopfkondensator 13 wird mit einem ersten Fluidstrom 14 und einem zweiten Fluidstrom 18 gekühlt. Der erste Fluidstrom 14 wird vom Sumpf der Einzelsäule 12 abgezogen, der zweite Fluidstrom 18 von einer Zwischenstelle einige praktische oder theoretische Böden oberhalb der Luftzuspeisung oder auf gleicher Höhe wie diese.

[0040] Als Hauptprodukt der Einzelsäule 12 wird gasförmiger Stickstoff 15, 16 am Kopf der Einzelsäule 12 abgezogen, im Hauptwärmetauscher 9 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 17 als gasförmiges Druckprodukt (PGAN) abgezogen. Weiterer gasförmiger Stickstoff wird durch den Kopfkondensator 13 geführt. Ein Teil 53 des in dem Kopfkondensator 13 erhaltenen Kondensats 52 kann als Flüssigstickstoffprodukt (PLIN) gewonnen werden; der Rest 54 wird als Rücklauf auf den Kopf der Einzelsäule 12 aufgegeben.

[0041] Der erste Fluidstrom 14 wird im Kopfkondensator 13 unter einem Druck von 2 bis 9 bar, vorzugsweise etwa 4 bar verdampft und strömt gasförmig über eine Leitung 19 zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 9. Aus diesem wird sie bei einer Zwischentemperatur entnommen (Leitung 20) und in einer Entspannungsmaschine 21, die in dem Beispiel als Turboexpander ausgebildet ist, arbeitsleistend auf etwa 300 mbar über Atmosphärendruck entspannt. Die Entspannungsmaschine 21 ist mechanisch mit einem Kaltverdichter 30 und einer Bremsseinrichtung 22 gekoppelt, die in dem Ausführungsbeispiel durch eine Ölremse gebildet wird. Der entspannte Fluidstrom 23 wird im Hauptwärmetauscher 9 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Der warme Fluidstrom 24 wird in die Atmosphäre (ATM) abgeblasen (Leitung 25) und/oder als Regeneriergas 26, 27 in der Reinigungsvorrichtung 7 eingesetzt, gegebenenfalls nach Erwärmung in der Heizeinrichtung 28.

[0042] Der zweite Fluidstrom 18 wird im Kopfkondensator 13 unter einem Druck von 2 bis 9 bar, vorzugsweise etwa 4 bar verdampft und strömt gasförmig über eine Leitung 29 zu dem Kaltverdichter 30, in dem er auf etwa den Betriebsdruck der Einzelsäule rückverdichtet wird. Der rückverdichtete Fluidstrom 31 wird im Hauptwärmetauscher 9 wieder auf Säulentemperatur abgekühlt und schließlich über Leitung 32 der Einzelsäule 12 am Sumpf wieder zugeführt.

[0043] Ein sauerstoffangereicherter Strom 36, der im Wesentlichen frei von schwerer flüchtigen Verunreinigungen ist, wird von einer Zwischenstelle der Einzelsäule 12 in flüssigem Zustand abgezogen, die 5 bis 25 theoretische oder praktische Böden oberhalb der Luftzuspeisung angeordnet ist. Der sauerstoffangereicherte Strom 36 wird gegebenenfalls in einem Sumpfverdampfer 37 einer Reinsauerstoffsäule 38 unterkühlt und anschließend über eine Leitung 39 und ein Drosselventil 40 auf

den Kopf der Reinsauerstoffsäule 38 aufgegeben. Der Betriebsdruck der Reinsauerstoffsäule 38 (am Kopf) beträgt 1,3 bis 4 bar, vorzugsweise etwa 2,5 bar.

[0044] Der Sumpfverdampfer 37 der Reinsauerstoffsäule 38 wird außerdem mittels eines zweiten Teils 42 der abgekühlten Einsatzluft 10 gekühlt. Der Einsatzluftstrom 42 wird dabei mindestens teilweise, beispielsweise vollständig, kondensiert und strömt über eine Leitung 43 zur Einzelsäule 12, wo er etwa auf Höhe der Zuspeisung der übrigen Einsatzluft 11 eingeleitet wird.

[0045] Vom Sumpf der Reinsauerstoffsäule 38 wird ein hochreines Sauerstoffprodukt als Flüssigfraktion 41 entnommen, mittels einer Pumpe 55 auf einen erhöhten Druck von 2 bis 100 bar, vorzugsweise etwa 12 bar gebracht, über eine Leitung 56 zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 9 geführt, dort unter dem erhöhten Druck verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 57 als gasförmiges Produkt (GOX-IC) gewonnen.

[0046] Ein Kopfgas 58 der Reinsauerstoffsäule 38 wird dem zuvor erläuterten entspannten zweiten Fluidstrom 23 zugemischt (vgl. Verknüpfung A). Über eine Bypassleitung 59 wird gegebenenfalls ein Teil der Einsatzluft zur Pumpverhütung des Kaltverdichters 30 zu dessen Eintritt geleitet (sogenannte Anti-Surge Control).

[0047] Bei Bedarf kann der Anlage stromauf und/oder stromab der Pumpe 55 flüssiger Sauerstoff als Flüssigfraktion entnommen werden (in der Zeichnung mit LOX bezeichnet). Zusätzlich kann eine externe Flüssigkeit, beispielsweise flüssiges Argon, flüssiger Stickstoff oder flüssiger Sauerstoff, auch aus einem Flüssigtank, in dem Hauptwärmetauscher 9 in indirektem Wärmeaustausch mit der Einsatzluft verdampft werden (in der Zeichnung nicht dargestellt).

[0048] In der Figur 2 ist eine Luftzerlegungsanlage gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung schematisch dargestellt und insgesamt mit 100 bezeichnet. Die in der Figur 2 dargestellte Luftzerlegungsanlage 100 unterscheidet sich von der in der Figur 1 dargestellten Luftzerlegungsanlage 110 im Wesentlichen durch eine Tankanordnung 70 mit mehreren, im dargestellten Beispiel zwei, Tanks 72.

[0049] Die Tankanordnung 70 umfasst im dargestellten Beispiel zwei gleichartig ausgebildete Tanks 72, von denen hier nur der linke Tank 72 näher erläutert wird. Wie zuvor erwähnt, kann die erfindungsgemäße Luftzerlegungsanlage 100 auch mit mehr als zwei Tanks 72 ausgebildet sein. Die Tanks 72 können stehend oder liegend angeordnet sein und beispielsweise von oben oder unten befüllt werden. Die Tankanordnung 70 umfasst ferner im dargestellten Beispiel ein Ventilpaar 71, mittels dessen die Tanks 72 alternierend oder parallel befüllt werden können. Es versteht sich, dass, wenn eine größere Anzahl von Tanks 72 vorgesehen ist, in entsprechender Weise eine größere Anzahl von Ventilen vorgesehen ist. **[0050]** Die Tankanordnung 70 kann beispielsweise geodätisch unterhalb einer Entnahmestelle aus der Reinsauerstoffsäule 38, hier also unterhalb des tiefsten

Punkts der Reinsauerstoffsäule 38 angeordnet sein, um die Überführung der Flüssigfraktion 41 in die Tankanordnung 70 zu unterstützen. I.d.R. wird jedoch die Reinsauerstoffsäule 38 unter einem Druck betrieben, der die Überführung der Flüssigfraktion 41 in die Tankanordnung 70 sicherstellt, beispielsweise 3 bar.

[0051] Jedem der Tanks 72 ist im dargestellten Beispiel ein Druckaufbauverdampfer 73 zugeordnet. Die Druckaufbauverdampfer 73 arbeiten in grundsätzlich bekannter Weise. Aus dem Bodenbereich der Tanks 72 wird jeweils eine geringe Menge des im entsprechenden Tank 72 vorliegenden Sauerstoffprodukts 41, entnommen, erwärmt und kopfseitig in den Tank über ein nicht näher bezeichnetes Ventil eingespeist. Durch die Verdampfung erhöht sich der Druck in den Tanks 72. Die Tankanordnung 70 kann durch die Druckaufbauverdampfung die zuvor erläuterte Pumpe 55 vollständig ersetzen, alternativ dazu kann jedoch auch zusätzlich eine entsprechende Pumpe 55 vorgesehen sein (in der Figur 2 nicht dargestellt).

[0052] Wie bereits erläutert werden die Tanks 72 in der erfindungsgemäßen Luftzerlegungsanlage 100 im Wechselbetrieb gefahren, wobei, wie erläutert, die Flüssigfraktion 41 zumindest einem der Tanks 72 zugeführt und zumindest einem der Tanks 72 entnommen aber dabei keinem der Tanks 72 gleichzeitig zugeführt und zur Bereitstellung des Luftprodukts entnommen wird.

[0053] Beispielsweise wird hierbei immer nur eines der Ventile des Ventilpaars 71 geöffnet.

[0054] Der dem entsprechenden Ventil zugeordnete Tank 72 wird auf diese Weise befüllt. Ein entsprechendes bodenseitiges Ventil 74 ist geschlossen. Gleichzeitig hierzu, oder auch erst nach ausreichender Füllung des entsprechenden Tanks 72, wird der Druck in dem jeweiligen Tank 72 durch den Druckaufbauverdampfer 73 erhöht. Ist der entsprechende Tank 72 ausreichend befüllt und steht unter dem gewünschten Druck, wird das entsprechende Ventil des Ventilpaars 71 geschlossen (und das jeweils andere geöffnet) und anschließend ein Ventil 74 bodenseitig des Tanks 72 geöffnet (und das jeweils andere geschlossen). Der im Tank 72 enthaltene Reinsauerstoff kann daher, wie bereits zuvor erläutert, über die Leitung 56 zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 9 fließen und dort unter dem erhöhten Druck verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 57 entnommen werden. Gleichzeitig füllt sich der andere Tank 72.

[0055] Die erfindungsgemäße Luftzerlegungsanlage 100 mit der Tankanordnung 70 erweist sich dabei als besonders vorteilhaft, weil der in den entsprechenden Tanks 72 jeweils vorliegende Flüssigsauerstoff nicht direkt, d.h. insbesondere nicht ohne eine weitere Überprüfung, an die Anlagengrenze abgegeben wird. Vielmehr ist es vorgesehen, mittels einer Kontrolleinrichtung 75, die im dargestellten Beispiel nur am rechten Tank 72 veranschaulicht ist, die Reinheit des Sauerstoffs im jeweiligen Tank 72 kontinuierlich oder intermittierend zu überwachen. Das bodenseitig des entsprechenden

Tanks 72 angeordnete Ventil 74 wird nur jeweils dann geöffnet, wenn der Sauerstoff im entsprechenden Tank 72 eine ausreichende Reinheit aufweist. Ist dies nicht der Fall, kann der Tankinhalt des Tanks 72 verworfen oder über eine nicht dargestellte Leitung beispielsweise in die Reinsauerstoffsäule 38 zurückgeführt werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass an der Anlagengrenze stets Sauerstoff mit hoher und insbesondere spezifizierbarer Reinheit abgegeben wird. Dies ist in herkömmlichen Anlagen nicht möglich, weil, wie erläutert, mit einer entsprechenden Pumpe 55 kontinuierlich Sauerstoff gefördert wird.

[0056] Eine kontinuierliche Bereitstellung von Drucksauerstoff an der Anlagengrenze über die Leitung 57 ist dennoch gewährleistet, weil, wie erwähnt, die Tanks 72 abwechselnd betrieben werden können. So kann stets aus einem der beiden Tanks 72 Sauerstoff über das bodenseitig angeordnete Ventil 74 entnommen werden, während der jeweils andere Tank 72 befüllt und mittels der Kontrolleinrichtung 75 überprüft wird.

[0057] Zur Reinheitsüberwachung kann jede Kontrolleinrichtung 75 verwendet werden, die aus dem Stand der Technik bekannt ist. Vorzugsweise erfolgt die Reinheitsüberwachung mittels Gaschromatographie.

[0058] Ein weiterer vorteilhafter Aspekt der erfindungsgemäßen Luftzerlegungsanlage 100 ergibt sich dadurch, dass, wie erläutert, der Eintrag von Kontaminationen in der Tankanordnung 70 gegenüber der Verdichtung mittels einer Pumpe 55 deutlich reduziert ist. Als bekannte Kontaminationsquellen bei Pumpen gelten beispielsweise die Pumpendichtungen, die in der Tankanordnung 70 vollständig entfallen.

35 Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung eines Luftprodukts (GOX-IC) in einer Luftzerlegungsanlage (100), in der aus Einsatzluft (8) eine Flüssigfraktion (41) gewonnen und zumindest teilweise zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) verwendet wird, wobei die Flüssigfraktion (41) in einer Tankanordnung (70) mit wenigstens zwei Tanks (72) zwischengespeichert wird, wobei die Flüssigfraktion (41) zumindest einem der Tanks (72) zugeführt und zumindest einem der Tanks (72) zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) entnommen wird und dabei keinem der Tanks (72) gleichzeitig zugeführt und entnommen wird, und wobei die Flüssigfraktion (41) in der Tankanordnung (70) durch Druckaufbauverdampfung druckerhöht wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils vor dem Entnehmen der Flüssigfraktion (41) aus einem Tank (72) die Zusammensetzung der Flüssigfraktion (41) in dem Tank (72) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Flüssigfraktion (41) zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) in flüssigem Zustand auf einen Zieldruck drucker-

- höht, anschließend gegen einen Wärmeträger (8) verdampft, und schließlich als das Luftprodukt (GOX-IC) in gasförmigem Zustand abgegeben wird.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Flüssigfraktion (41) zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) verwendet wird, wenn ihre in dem Tank (72) bestimmte Zusammensetzung einem Vorgabewert entspricht. 5
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Einsatzluft (8) in einem Hauptwärmetauscher (9) abgekühlt und in eine erste Trennsäule (12) der Luftzerlegungsanlage (100) eingespeist (11, 43) wird, wobei zumindest aus einem sauerstoffangereicherten Strom (36) aus der ersten Trennsäule (12) in einer zweiten Trennsäule (38) Reinsauerstoff als die Flüssigfraktion (41) gewonnen wird, wobei der Reinsauerstoff in der Tankanordnung (70) zwischengespeichert, druckerhöht, in dem Hauptwärmetauscher (9) gegen zumindest einen Teil der Einsatzluft (8) als Wärmeträger verdampft, und als das Luftprodukt (GOX-IC) gasförmig abgegeben wird. 10
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem Fluid aus der ersten Trennsäule (12) entnommen und in einem Kopfkondensator (13) der ersten Trennsäule (12) erwärmt wird, wovon ein erster Fluidstrom (14) in dem Hauptwärmetauscher (9) weiter erwärmt und anschließend in einer Entspannungsmaschine (21) entspannt wird und ein zweiter Fluidstrom (18) in einem mit der Entspannungsmaschine (21) gekoppelten Verdichter (30) verdichtet, anschließend im Hauptwärmetauscher (9) abgekühlt und schließlich erneut in die erste Trennsäule (12) eingespeist wird. 15
6. Luftzerlegungsanlage (100), die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche eingerichtet ist, mit einem Trennsystem (12, 13, 38), das dazu ausgebildet ist, aus der Einsatzluft (8) die Flüssigfraktion (41) zu gewinnen, und mit einem Abgabesystem (70, 9), das dazu ausgebildet ist, unter Verwendung zumindest eines Teils der Flüssigfraktion (41) das Luftprodukt (GOX-IC) bereitzustellen, wobei das Abgabesystem (70, 9) die Tankanordnung (70) mit den wenigstens zwei Tanks (72) umfasst, zum Zwischenspeichern der Flüssigfraktion (41) eingerichtet ist, und derart betreibbar ist, dass die Flüssigfraktion (41) zumindest einem der Tanks (72) zuführbar und zumindest einem der Tanks (72) gleichzeitig zuführbar und entnehmbar ist, und wobei die Anlage in der Tankanordnung (70) Mittel zur Druckerhöhung der Flüssigfraktion (41) durch Druckaufbauverdampfung aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kontrolleinrichtung (75) bereitgestellt ist, mittels derer jeweils vor dem Entnehmen der Flüssigfraktion (41) aus einem Tank (72) zur Bereitstellung des Luftprodukts (GOX-IC) die Zusammensetzung dieser Flüssigfraktion (41) in dem Tank (72) ermittelbar ist. 20
7. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 6, die dazu ausgebildet ist, einen Druck der Flüssigfraktion (41) in flüssigem Zustand auf einen Zieldruck zu erhöhen und die Flüssigfraktion (41) gegen einen Wärmeträger (8) zu verdampfen und als das gasförmige Luftprodukt (GOX-IC) abzugeben. 25
8. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 6 oder 7, mit wenigstens einem Hauptwärmetauscher (9), in dem die Einsatzluft (8) abkühlbar ist, und einer ersten Trennsäule (12), in die die Einsatzluft (8) einspeisbar (11, 43) ist, wobei eine zweite Trennsäule (12) vorgesehen ist, die dazu ausgebildet ist, aus einem sauerstoffangereicherten Strom (36) aus der ersten Trennsäule (12) Reinsauerstoff als die Flüssigfraktion (41) zu gewinnen, wobei der Reinsauerstoff in dem Hauptwärmetauscher (9) nach der Zwischenspeicherung in der Tankanordnung (70) und nach einer Druckerhöhung gegen zumindest einen Teil der Einsatzluft (8) als Wärmeträger verdampfbar und als das Luftprodukt (GOX-IC) in gasförmigem Zustand abgebarbar ist. 30
9. Luftzerlegungsanlage (100) nach Anspruch 8, bei der Fluid aus der ersten Trennsäule (12) entnehmbar und in einem Kopfkondensator (13) der ersten Trennsäule (12) erwärmbar ist, wovon ein erster Fluidstrom (14) in dem Hauptwärmetauscher (9) weiter erwärmbar und anschließend in einer Entspannungsmaschine (21) entspannbar ist und ein zweiter Fluidstrom (18) in einem mit der Entspannungsmaschine (21) gekoppelten Verdichter (30) verdichtbar, anschließend im Hauptwärmetauscher (9) abkühlbar und schließlich erneut in die erste Trennsäule (12) einspeisbar ist. 35
10. Luftzerlegungsanlage (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, bei dem die Flüssigfraktion (41) an einer Entnahmestelle aus dem Trennsystem (12, 13, 38), entnehmbar ist, die geodätisch oberhalb einer Einspeisestelle in die Tankanordnung (70) liegt. 40
- 50 **Claims**
1. Method for obtaining an air product (GOX-IC) in an air-separating system (100) in which a liquid fraction (41) is obtained from feed air (8) and is at least partially used for providing the air product (GOX-IC), wherein the liquid fraction (41) is temporarily stored in a tank arrangement (70) having at least two tanks (72), wherein the liquid fraction (41) is fed to at least

- one of the tanks (72) and is withdrawn from at least one of the tanks (72) in order to provide the air product (GOX-IC), and in the process is fed to and withdrawn from none of the tanks (72) simultaneously, and wherein the pressure of the liquid fraction (41) in the tank arrangement (70) is increased by means of pressure build-up vaporization, **characterized in that** the composition of the liquid fraction (41) in the tank (72) is determined in each case before the liquid fraction (41) is withdrawn from a tank (72). 5
2. Method according to Claim 1, wherein the pressure of the liquid fraction (41) is increased to a target pressure in order to provide the air product (GOX-IC) in a liquid state, then vaporized against a heat transfer medium (8), and finally discharged in a gaseous state as the air product (GOX-IC). 15
3. Method according to either of the preceding claims, wherein the liquid fraction (41), if its composition determined in the tank (72) corresponds to a prespecified value, is used to provide the air product (GOX-IC). 20
4. Method according to any one of the preceding claims, wherein the feed air (8) is cooled in a main heat exchanger (9) and fed (11, 43) into a first separation column (12) of the air-separating system (100), wherein, at least from an oxygen-enriched stream (36) from the first separation column (12), pure oxygen is obtained as the liquid fraction (41) in a second separation column (38), wherein the pure oxygen is temporarily stored in the tank arrangement (70), increased in pressure, vaporized in the main heat exchanger (9) against at least a portion of the feed air (8) as heat transfer medium, and discharged in a gaseous state as the air product (GOX-IC). 25
5. Method according to Claim 4, wherein fluid is withdrawn from the first separation column (12) and heated in a head condenser (13) of the first separation column (12), whereof a first fluid stream (14) is further heated in the main heat exchanger (9) and then expanded in an expansion machine (21), and a second fluid stream (18) is compressed in a compressor (30) coupled to the expansion machine (21), then cooled in the main heat exchanger (9), and finally fed again into the first separation column (12). 30
6. Air-separating system (100), configured to carry out a method according to any one of the preceding claims, having a separation system (12, 13, 38) designed to obtain the liquid fraction (41) from the feed air (8), and having a delivery system (70, 9) designed to provide the air product (GOX-IC) using at least a portion of the liquid fraction (41), wherein the delivery system (70, 9) comprises the tank arrangement (70) having the at least two tanks (72), is designed to 35
- temporarily store the liquid fraction (41), and can be operated in such a way that the liquid fraction (41) can be supplied to at least one of the tanks (72) and can be withdrawn from at least one of the tanks (72) in order to provide the air product (GOX-IC), and in the process can be supplied to and withdrawn from none of the tanks (72) simultaneously, and wherein the system has in the tank arrangement (70) means for increasing the pressure of the liquid fraction (41) by means of pressure build-up vaporization, **characterized in that** a control device (75) is provided by means of which the composition of this liquid fraction (41) in the tank (72) can be determined in each case before the liquid fraction (41) is withdrawn from a tank (72) in order to provide the air product (GOX-IC). 40
7. Air-separating system (100) according to Claim 6, which is designed to increase a pressure of the liquid fraction (41) in a liquid state to a target pressure, and to vaporize the liquid fraction (41) against a heat transfer medium (8) and discharge it as the gaseous air product (GOX-IC). 45
8. Air-separating system (100) according to Claims 6 or 7, having at least one main heat exchanger (9) in which the feed air (8) can be cooled and a first separation column (12) into which the feed air (8) can be fed (11, 43), wherein a second separation column (12) is provided which is designed to obtain, from an oxygen-enriched stream (36) from the first separation column (12), pure oxygen as the liquid fraction (41), wherein the pure oxygen, after temporary storage in the tank arrangement (70) and after an increase in pressure, can be vaporized in the main heat exchanger (9) against at least a portion of the feed air (8) as heat transfer medium and can be discharged in a gaseous state as the air product (GOX-IC). 50
9. Air-separating system (100) according to Claim 8, wherein the fluid can be withdrawn from the first separation column (12) and heated in a head condenser (13) of the first separation column (12), whereof a first fluid stream (14) can be further heated in the main heat exchanger (9) and can then be expanded in an expansion machine (21), and a second fluid stream (18) can be compressed in a compressor (30) coupled to the expansion machine (21), then cooled in the main heat exchanger (9), and finally fed again into the first separation column (12). 55
10. Air-separating system (100) according to any one of Claims 6 to 9, wherein the liquid fraction (41) can be withdrawn from the separating system (12, 13, 38) at an extraction point, which is geodetically above a feed point into the tank arrangement (70).

Revendications

1. Procédé permettant d'obtenir un produit air (GOX-IC) dans une installation de séparation de l'air (100), dans laquelle une fraction liquide (41) est obtenue à partir d'air d'alimentation (8) et au moins en partie utilisée pour la préparation du produit air (GOX-IC), la fraction liquide (41) étant stockée temporairement dans un ensemble réservoir (70) comprenant au moins deux réservoirs (72), la fraction liquide (41) étant alimentée dans au moins un des réservoirs (72) et prélevée d'au moins un des réservoirs (72) pour la préparation du produit air (GOX-IC), tout en n'étant simultanément alimentée et prélevée dans aucun des réservoirs (72), et la pression de la fraction liquide (41) étant augmentée dans l'ensemble réservoir (70) par évaporation entraînant une montée en pression, **caractérisé en ce que**, avant chaque prélevement de la fraction liquide (41) hors d'un réservoir (72), la composition de la fraction liquide (41) est déterminée dans le réservoir (72). 5
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la fraction liquide (41) pour la préparation du produit air (GOX-IC) est soumise à l'état liquide à une augmentation de pression jusqu'à une pression de consigne, puis évaporée contre un fluide caloporteur (8) et enfin distribuée à l'état gazeux sous la forme du produit air (GOX-IC). 10
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la fraction liquide (41) pour la préparation du produit air (GOX-IC) est utilisée quand sa composition déterminée dans le réservoir (72) correspond à une valeur définie. 15
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'air d'alimentation (8) est refroidi dans un échangeur de chaleur principal (9) et alimenté (11, 43) dans une première colonne de séparation (12) de l'installation de séparation de l'air (100), dans lequel, à partir au moins d'un flux enrichi en oxygène (36) provenant de la première colonne de séparation (12), de l'oxygène pur est obtenu sous la forme de la fraction liquide (41) dans une seconde colonne de séparation (38), l'oxygène pur étant stocké temporairement dans l'ensemble réservoir (70), soumis à une augmentation de pression, évaporé dans l'échangeur de chaleur principal (9) contre au moins une partie de l'air d'alimentation (8) en guise de fluide caloporteur, et distribué sous la forme du produit air (GOX-IC) sous forme gazeuse. 20
5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel du fluide est prélevé de la première colonne de séparation (12) et chauffé dans un condenseur de tête (13) de la première colonne de séparation (12), duquel un premier flux de fluide (14) est chauffé davantage 25
6. Installation de séparation de l'air (100), qui est configurée pour exécuter un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un système de séparation (12, 13, 38), qui est conçu pour obtenir la fraction liquide (41) à partir de l'air d'alimentation (8), et comprenant un système de distribution (70, 9), qui est conçu pour préparer le produit air (GOX-IC) en utilisant au moins une partie de la fraction liquide (41), le système de distribution (70, 9) comprenant l'ensemble réservoir (70) comprenant les au moins deux réservoirs (72), étant configuré pour le stockage temporaire de la fraction liquide (41) et pouvant fonctionner de telle manière que la fraction liquide (41) peut être alimentée dans au moins un des réservoirs (72) et être prélevée d'au moins un des réservoirs (72) pour la préparation du produit air (GOX-IC), tout en ne pouvant être alimentée et prélevée simultanément dans aucun des réservoirs (72), et l'installation présentant, dans l'ensemble réservoir (70), des moyens pour augmenter la pression de la fraction liquide (41) par évaporation entraînant une montée en pression, **caractérisée en ce qu'un dispositif de commande** (75) est fourni, au moyen duquel, avant chaque prélevement de la fraction liquide (41) hors d'un réservoir (72) pour la préparation du produit air (GOX-IC), la composition de cette fraction liquide (41) peut être déterminée dans le réservoir (72). 30
7. Installation de séparation de l'air (100) selon la revendication 6, qui est conçue pour augmenter une pression de la fraction liquide (41) à l'état liquide jusqu'à une pression de consigne et évaporer la fraction liquide (41) contre un fluide caloporteur (8) et la distribuer sous la forme du produit air (GOX-IC) gazeux. 35
8. Installation de séparation de l'air (100) selon la revendication 6 ou 7, comprenant au moins un échangeur de chaleur principal (9), dans lequel l'air d'alimentation (8) peut être refroidi, et une première colonne de séparation (12), dans laquelle l'air d'alimentation (8) peut être alimenté (11, 43), une seconde colonne de séparation (12) étant prévue, qui est conçue pour obtenir, à partir d'un flux enrichi en oxygène (36) provenant de la première colonne de séparation (12), de l'oxygène pur sous la forme de la fraction liquide (41), l'oxygène pur pouvant, après le stockage temporaire dans l'ensemble réservoir (70) et après une augmentation de pression, être évaporé dans l'échangeur de chaleur principal (9) contre au moins une partie de l'air d'alimentation (8) en guise 40
- 45
- 50
- 55
- dans l'échangeur de chaleur principal (9) puis détendu dans un détendeur (21) et un second flux de fluide (18) est comprimé dans un compresseur (30) couplé au détendeur (21), puis refroidi dans l'échangeur de chaleur principal (9) et enfin réalimenté dans la première colonne de séparation (12).

de fluide caloporteur et pouvant être distribué sous la forme du produit air (GOX-IC) à l'état gazeux.

9. Installation de séparation de l'air (100) selon la revendication 8, dans laquelle un fluide peut être prélevé de la première colonne de séparation (12) et chauffé dans un condenseur de tête (13) de la première colonne de séparation (12), duquel un premier flux de fluide (14) peut être chauffé davantage dans l'échangeur de chaleur principal (9) puis détendu dans un détendeur (21) et un second flux de fluide (18) peut être comprimé dans un compresseur (30) couplé au détendeur (21), puis refroidi dans l'échangeur de chaleur principal (9) et enfin réalimenté dans la première colonne de séparation (12). 15
10. Installation de séparation de l'air (100) selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans laquelle la fraction liquide (41) peut être prélevée du système de réservoir (12, 13, 38) en un point de prélèvement, qui se trouve, du point de vue géodésique, au-dessus d'un point d'alimentation dans l'ensemble réservoir (70). 20

25

30

35

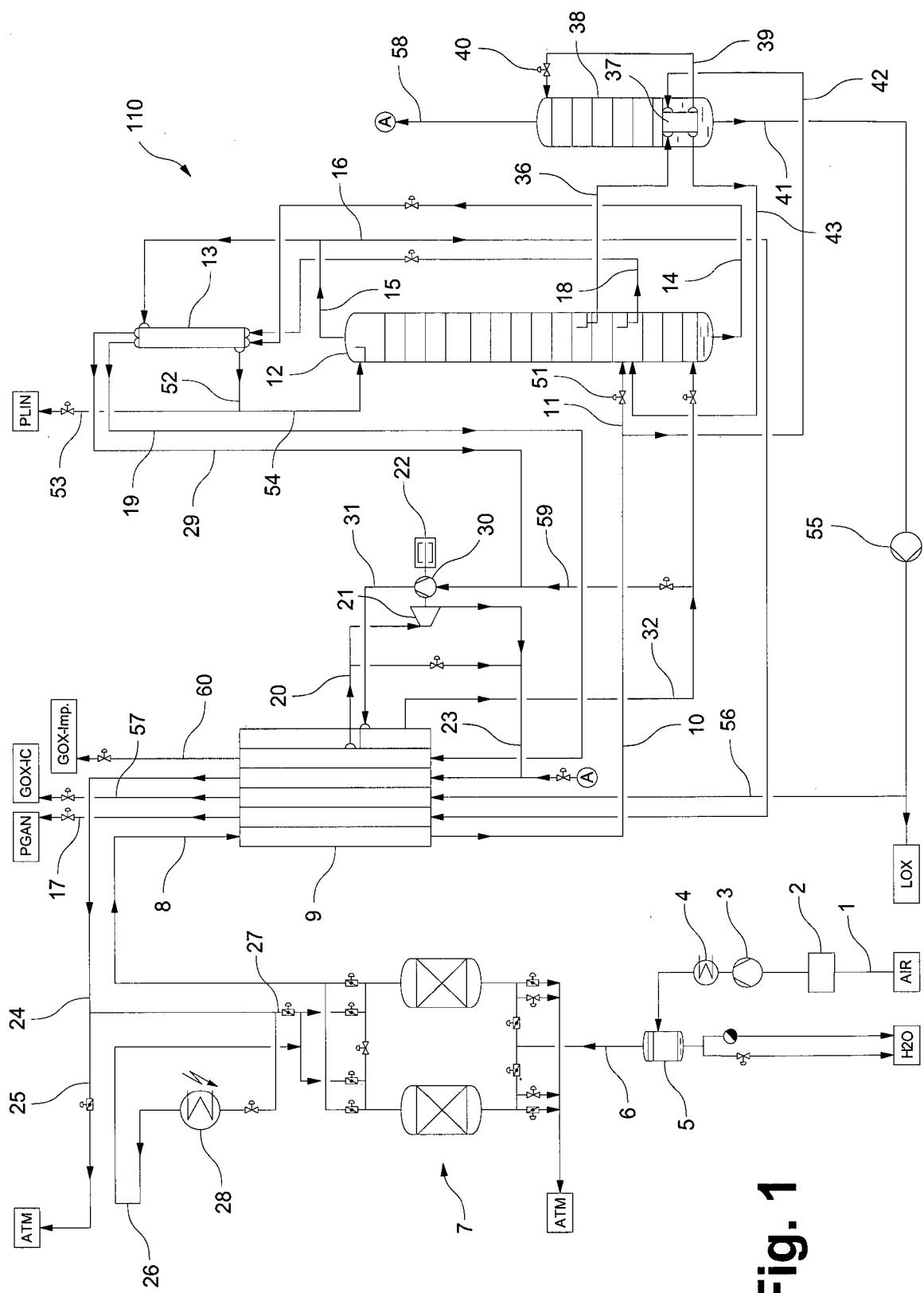
40

45

50

55

11

**Fig. 1**

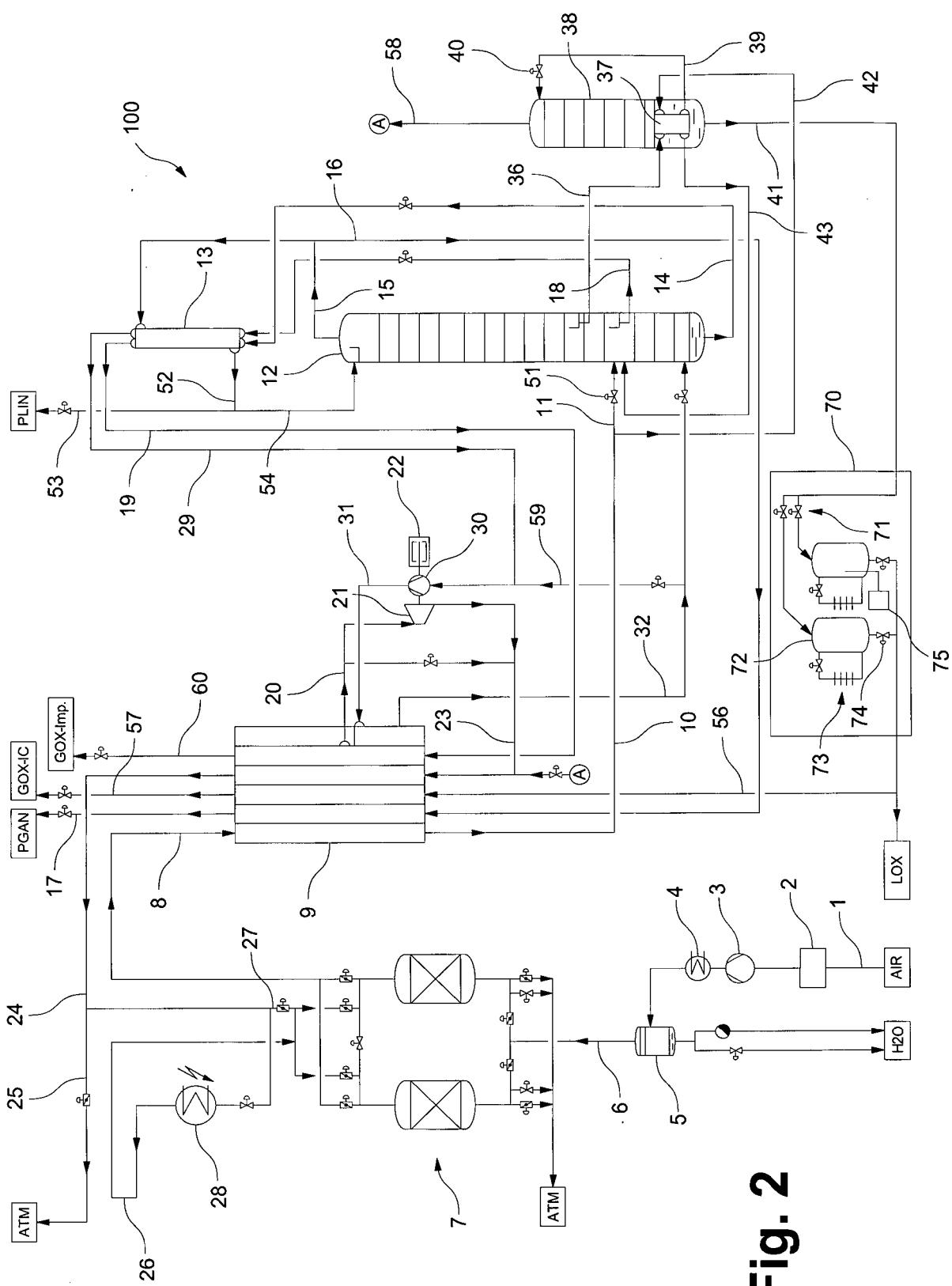


Fig. 2

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

- DE 830805 B [0005]
- DE 901542 B [0005]
- US 2712738 A [0005]
- US 2784572 A [0005]
- DE 952908 B [0005]
- DE 1103363 B [0005]
- US 3083544 A [0005]
- DE 1112997 B [0005]
- US 3214925 A [0005]
- DE 1124529 B [0005]
- DE 1117616 B [0005]
- US 3280574 A [0005]
- DE 1226616 A [0005]
- US 3216206 A [0005]
- DE 1229561 B [0005]
- US 3222878 A [0005]
- DE 1199293 B [0005]
- DE 1187248 B [0005]
- US 3371496 A [0005]
- DE 1235347 B [0005]
- DE 1258882 A [0005]
- US 3426543 A [0005]
- DE 1263037 A [0005]
- US 3401531 A [0005]
- DE 1501722 A [0005]
- US 3416323 A [0005]
- DE 1501723 A [0005]
- US 3500651 A [0005]
- DE 2535132 B2 [0005]
- US 4279631 A [0005]
- DE 2646690 A1 [0005]
- EP 0093448 B1 [0005]
- US 4555256 A [0005]
- EP 0384483 B1 [0005]
- US 5036672 A [0005]
- EP 0505812 B1 [0005]
- US 5263328 A [0005]
- EP 0716280 B1 [0005]
- US 5644934 A [0005]
- EP 0842385 B1 [0005]
- US 5953937 A [0005]
- EP 0758733 B1 [0005]
- US 5845517 A [0005]
- EP 0895045 B1 [0005]
- US 6038885 A [0005]
- DE 19803437 A1 [0005]
- EP 0949471 B1 [0005]
- US 6185960 B1 [0005]
- EP 0955509 A1 [0005]
- US 6196022 B1 [0005]
- EP 1031804 A1 [0005]
- US 6314755 B1 [0005]
- DE 19909744 A1 [0005]
- EP 1067345 A1 [0005]
- US 6336345 B1 [0005]
- EP 1074805 A1 [0005]
- US 6332337 B1 [0005]
- DE 19954593 A1 [0005]
- EP 1134525 A1 [0005]
- US 6477860 B2 [0005]
- DE 10013073 A1 [0005]
- EP 1139046 A1 [0005]
- EP 1146301 A1 [0005]
- EP 1150082 A1 [0005]
- EP 1213552 A1 [0005]
- DE 10115258 A1 [0005]
- EP 1284404 A1 [0005]
- US 2003051504 A1 [0005]
- EP 1308680 A1 [0005]
- US 6612129 B2 [0005]
- DE 10213212 A1 [0005]
- DE 10213211 A1 [0005]
- EP 1357342 A1 [0005]
- DE 10238282 A1 [0005]
- DE 10302389 A1 [0005]
- DE 10334559 A1 [0005]
- DE 10334560 A1 [0005]
- DE 10332863 A1 [0005]
- EP 1544559 A1 [0005]
- EP 1585926 A1 [0005]
- DE 102005029274 A1 [0005]
- EP 1666824 A1 [0005]
- EP 1672301 A1 [0005]
- DE 102005028012 A1 [0005]
- WO 2007033838 A1 [0005]
- WO 2007104449 A1 [0005]
- EP 1845324 A1 [0005]
- DE 102006032731 A1 [0005]
- EP 1892490 A1 [0005]
- DE 102007014643 A1 [0005]
- EP 2015012 A2 [0005]
- EP 2015013 A2 [0005]
- EP 2026024 A1 [0005]
- WO 2009095188 A2 [0005]
- DE 102008016355 [0005]
- DE A1 [0005]
- DE 676616 C [0007]
- EP 0464630 A1 [0007]

EP 2 989 400 B1

- US 6295840 B1 **[0007]**
- EP 1995537 A2 **[0037]**