

(19)



(11)

EP 2 551 619 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.01.2013 Patentblatt 2013/05

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

(21) Anmeldenummer: **11006132.2**

(22) Anmeldetag: **26.07.2011**

(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

(72) Erfinder: **Alekseev, Alexander, Dr.**
82515 Wolfratshausen (DE)

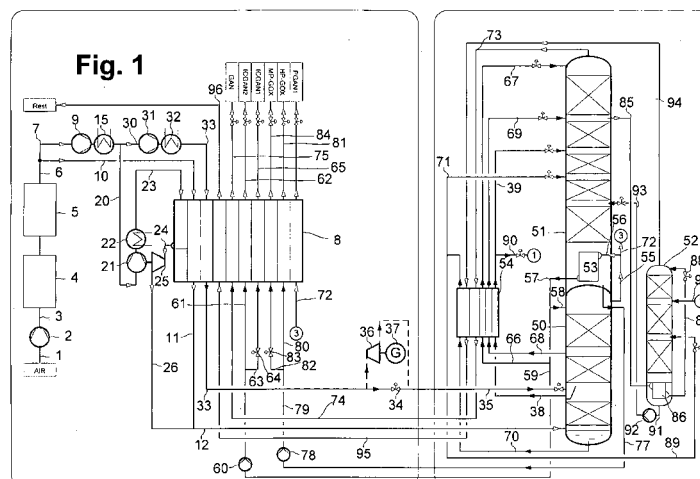
(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Legal Services Intellectual Property
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

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

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung von Druckstickstoff und Drucksauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Gewinnung von Druckstickstoff und Drucksauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft. Verdichtete und gereinigte Einsatzluft (10, 23, 33) wird in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt und in ein Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet, das mindestens eine Hochdrucksäule (50) und eine Niederdrucksäule (51) aufweist, wobei die Niederdrucksäule (51) unter einem Druck betrieben wird, der mindestens 2 bar beträgt. Mindestens ein Stickstoffstrom (73, 74) wird aus dem oberen Bereich der Niederdrucksäule entnommen, im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als Druckstickstoffprodukt (75) gewonnen. Mindestens ein Sauerstoffstrom (77) wird aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (51) entnommen, im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als Drucksauerstoffprodukt (81, 84) gewonnen. Ein Unreinstickstoffstrom (85) wird

gasförmig von einer ersten Zwischenstelle der Niederdrucksäule (51) entnommen, die unterhalb der Stelle liegt, an welcher der Stickstoffstrom (73) entnommen wird. Das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung enthält außerdem eine Restgassäule (52), deren Betriebsdruck niedriger als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule (51) ist. Die Restgassäule (52) weist einen Sumpfverdampfer (86) auf, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist. Eine flüssige Rohsauerstofffraktion (89) aus der Hochdrucksäule (50) wird entspannt und der Restgassäule (52) an einer ersten Zwischenstelle zugeleitet. Der gasförmige Unreinstickstoffstrom (85) wird in den Verflüssigungsraum des Sumpfverdampfers (86) eingeleitet und dort mindestens teilweise verflüssigt. Der mindestens teilweise verflüssigte Unreinstickstoffstrom (87) wird entspannt (88) und in den oberen Bereich der Restgassäule (52) eingeleitet.

**EP 2 551 619 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Druckstickstoff und Drucksauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft sind zum Beispiel aus Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985, Kapitel 4 (Seiten 281 bis 337) bekannt.

[0003] Das Destilliersäulen-System der Erfindung kann als Zwei-Säulen-System (zum Beispiel als klassisches Linde-Doppelsäulensystem) ausgebildet sein, oder auch als Drei- oder Mehr-Säulen-System. Es kann zusätzlich zu den Kolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung weitere Vorrichtungen zur Gewinnung hochreiner Produkte und/oder anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen aufweisen, beispielsweise eine Argongewinnung und/oder eine Krypton-Xenon-Gewinnung.

[0004] Unter "Druckprodukt" (Drucksauerstoffprodukt, Druckstickstoffprodukt) wird hier das Endprodukt einer Luftzerlegungsanlage verstanden, das unter einem Druck steht, der mindestens 0,5 bar über dem Atmosphärendruck liegt und insbesondere mindestens 2 bar beträgt.

[0005] "Unreinstickstoff" bezeichnet hier eine Fraktion, die mindestens 80 % Stickstoff enthält. Diese und alle weiteren Prozentangaben sind als molare Mengen zu verstehen.

[0006] Der "Hauptwärmetauscher" dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung (oder aus weiteren Säulen). Der Hauptwärmetauscher kann aus einem oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken.

[0007] Als "Kondensator-Verdampfer" wird ein Wärmetauscher bezeichnet, in dem ein erster kondensierender Fluidstrom in indirektem Wärmeaustausch mit einem zweiten verdampfenden Fluidstrom tritt. Jeder Kondensator-Verdampfer weist einen Verflüssigungsraum und einen Verdampfungsraum auf, die aus Verflüssigungspassagen beziehungsweise Verdampfungspassagen bestehen. In dem Verflüssigungsraum wird die Kondensation (Verflüssigung) eines ersten Fluidstroms durchgeführt, in dem Verdampfungsraum die Verdampfung eines zweiten Fluidstroms. Verdampfungs- und Verflüssigungsraum werden durch Gruppen von Passagen gebildet, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere geeignet für Anlagen zur gleichzeitigen Erzeugung von Drucksauerstoff und großen Mengen an Druckstickstoff; zum Beispiel werden 50 bis 70 % der Gesamtluftmenge als Druckstickstoff gewonnen. Es können auch mehrere Druckstickstoff-Fractionen bei unterschiedli-

chen Drücken erzeugt werden, wenn diese von Stickstoff-Verbraucher benötigt werden, wie es beispielsweise bei IGCC-Anlagen (Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk mit integrierter Kohle- oder Schwerölvergasung) vorkommt.

[0009] In diesem Fall kann es sich lohnen, den Gesamtdruckniveau des Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung zu erhöhen und die Niederdrucksäule mit mehr als 2 bar, insbesondere 2 bis 10 bar, beispielsweise 3 bis 5 bar zu betreiben. Der Druck in der Hochdrucksäule (und in der Mitteldrucksäule, falls das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung als Drei-Säulen-System ausgestaltet ist) muss entsprechend angepasst werden (Hochdrucksäulendruck = etwa 4 • Niederdrucksäulendruck ^{0,8}). Alle Hardware-Komponenten wie Trennkolonnen und Wärmetauscher können dann etwas kompakter und daher kostengünstiger gestaltet werden. Außerdem ergibt sich ein energetischer Vorteil, weil die Temperaturprofile im Hauptwärmetauscher günstiger sind und das Druckverhältnis zwischen Hochdrucksäule und Niederdrucksäule-Druck kleiner wird.

[0010] Auch der üblicherweise als Restgas bezeichnete Unreinstickstoffstrom (10 bis 30 % der Gesamtluftmenge) weist am Austritt aus dem Destilliersäulen-System den erhöhten Druck auf, unter dem die Niederdrucksäule betrieben wird. Um das Verfahren möglichst effizient zu gestalten, sollte Energie dieses Gases in der Anlage verwertet werden. Die konventionelle Lösung besteht darin, dass das Restgas in einem Wärmetauscher angewärmt wird, danach in einer Turbine (Restgasturbine) auf einen entsprechenden niedrigen Druck entspannt wird. Dabei kühlt sich das Restgas ab. Das kalte Restgas wird wieder durch den Hauptwärmetauscher geleitet und kühlt dabei wärmere Ströme ab. Derartige Prozesse sind aus EP 384483 B1 (US 5036672) oder US 3886758 bekannt.

[0011] Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass eine Turbine zum Entspannen von Restgas benötigt wird. Da relativ große Gasmengen von relativ niedrigem Druck auf einen ganz niedrigen Druck entspannt werden, ist diese Turbine in der Regel groß und deswegen teuer. Auch die Gesamtverfügbarkeit der Anlage wird durch diese Turbine beeinflusst, da die Verfügbarkeit der Turbine nicht so hoch ist, verglichen mit typischen Apparaten wie Trennkolonne oder Wärmetauscher.

[0012] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die wirtschaftlich besonders günstig sind und insbesondere bei relativ geringem Energieverbrauch relativ niedrige Investitionskosten erfordern und/oder eine besonders hohe Stabilität im Betrieb bieten.

[0013] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0014] Zur Rückgewinnung der Druckenergie aus dem Unreinstickstoffstrom wird anstelle der Restgasturbine eine zusätzliche Trennsäule eingesetzt, die als Restgas-

säule bezeichnet wird.

[0015] Der Unreinstickstoffstrom aus der Niederdrucksäule wird in einem zusätzlichen Kondensator-Verdampfer, der sich im Sumpf der Restgassäule befindet, zuerst verflüssigt und danach in einem Drosselventil auf den erforderlichen Niederdruck entspannt. Die entspannte Flüssigkeit wird in diese zusätzliche Trennkolonne von oben geleitet und dient als Rücklauf für den Trennvorgang. Auf dieser Weise wird diese zusätzliche Trennkolonne von oben gekühlt, geheizt wird sie von unten durch die Sumpfheizung. Diese Kolonne wird verwendet, um die Rohsauerstoffflüssigkeit aus dem Sumpf der Hochdrucksäule vorzutrennen. (Bei einem Drei-Säulen-System kann zusätzlich oder alternativ mindestens ein Teil der Sumpfflüssigkeit der Mitteldrucksäule eingeleitet werden.) Diese Flüssigkeit wird etwa in der Mitte der Kolonne eingespeist ("erste Zwischenstelle" der Restgassäule). Das Gas aus der Restgassäule liegt dann bei entsprechend niedrigem Druck vor. Die Sumpfflüssigkeit ist sauerstoffreicher als der Rohsauerstoff aus der Hochdrucksäule und kann an einer entsprechenden Stelle in eine andere Säule des Destilliersäulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingespeist werden.

[0016] Auf diese Weise kann auf eine Restgasturbine verzichtet und trotzdem die Druckenergie des Unreinstickstoffstroms auf überraschend effiziente Weise zurückgewonnen werden.

[0017] Das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung weist vorzugsweise einen Hauptkondensator auf, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist. Über ihn stehen der Kopf der Hochdrucksäule und der Sumpf der Niederdrucksäule in wärmetauschender Verbindung.

[0018] Vorzugsweise wird eine flüssige Sumpffraktion aus der Restgassäule entnommen und der Niederdrucksäule an einer zweiten Zwischenstelle zugeleitet wird, die unterhalb der ersten Zwischenstelle liegt. Da die Restgassäule unter niedrigerem Druck als die Niederdrucksäule betrieben wird, muss der Druck in der flüssigen Sumpffraktion vor deren Einleitung in die Niederdrucksäule erhöht werden, beispielsweise durch eine Pumpe.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird vom Kopf der Restgassäule ein gasförmiger Reststrom abgezogen und im Hauptwärmetauscher angewärmt.

[0020] Vorzugsweise wird im Unreinstickstoffstrom zwischen Niederdrucksäule und Sumpfverdampfer keine Druckerhöhung vorgenommen und insbesondere der Verflüssigungsraum des Sumpfverdampfers im Wesentlichen unter dem Betriebsdruck der Niederdrucksäule betrieben wird.

[0021] Das Drucksauerstoffprodukt kann grundsätzlich unter dem Betriebsdruck der Niederdrucksäule (abzüglich Leitungsverluste) gewonnen oder stromabwärts des Hauptwärmetauschers in einem Sauerstoffverdichter weiter verdichtet werden

[0022] (Außenverdichtung). In vielen Fällen ist es je-

doch eine Innenverdichtung günstiger, bei welcher ein Sauerstoffstrom in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule entnommen, in flüssigem Zustand einer Druckerhöhung unterzogen und im Hauptwärmetauscher in indirektem Wärmeaustausch mit Einsatzluft verdampft oder - bei überkritischem Druck - pseudo-verdampft wird, wobei ein Teil der Einsatzluft verflüssigt oder - bei überkritischem Druck - pseudo-verflüssigt wird.

[0023] Mindestens ein Teil der (pseudo-)verflüssigten Einsatzluft kann in diesem Fall der Restgassäule zugeleitet werden, und zwar an einer zweiten Zwischenstelle, die oberhalb der ersten Zwischenstelle liegt, an der die Rohsauerstofffraktion aus der Hochdrucksäule eingeleitet wird.

[0024] Vorzugsweise weist die Niederdrucksäule keinen Kopfkondensator auf. Die Rücklaufflüssigkeit im oberen Bereich der Restgassäule wird insbesondere ausschließlich durch den entspannten Unreinstickstoffstrom gebildet.

[0025] Auch die Niederdrucksäule weist vorzugsweise keinen Kopfkondensator auf. Als Rücklaufflüssigkeit im oberen Bereich der Niederdrucksäule wird vielmehr flüssiger Stickstoff aus der Hochdrucksäule eingesetzt. Im Falle eines Drei-Säulen-Systems mit Mitteldrucksäule kann zusätzlich oder alternativ flüssiger Stickstoff aus der Mitteldrucksäule als Rücklauf auf die Niederdrucksäule aufgegeben werden.

[0026] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 9. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann durch Vorrichtungsmerkmale ergänzt werden, die den Merkmalen der abhängigen Verfahrensansprüche entsprechen.

[0027] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung, bei dem das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung als Zwei-Säulen-System mit Restgassäule ausgebildet ist.

Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel, bei dem das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung als Drei-Säulen-System mit Restgassäule ausgebildet ist

[0028] In Figur 1 wird atmosphärische Luft über Leitung 1 von einem Hauptluftverdichter 2 angesaugt und auf einen Druck von ca. 10 bar verdichtet. Die verdichtete Einsatzluft 3 wird in einer Vorkühleinrichtung 4 gekühlt und anschließend in einer Reinigungseinrichtung 5, die Molekularsieb-Adsorber enthält, gereinigt, das heißt insbesondere von Wasser und Kohlendioxid befreit.

[0029] Die verdichtete und gereinigte Einsatzluft 6 wird in drei Teilströme 10, 20, 30 aufgeteilt. Ein erster Teil-

strom 10 (Direktluftstrom) wird ohne weitere Druckerhöhung dem warmen Ende eines Hauptwärmetauschers 8 zugeleitet, dort auf etwa Taupunkttemperatur abgekühlt und über die Leitungen 11 und 12 der Hochdrucksäule 50 eines Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung zugeleitet, das außerdem eine Niederdrucksäule 51 und einen Hauptkondensator 53 aufweist. Der Hauptwärmetauscher kann aus einem einzelnen oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken. Die Betriebsdrücke in Hochdrucksäule und Niederdrucksäule (jeweils am Kopf) betragen 9,7 bar beziehungsweise ca. 3,0 bar.

[0030] Der zweite und der dritte Teilstrom 20, 30 werden zunächst gemeinsam über Leitung 7 einem ersten motorgetriebenen Nachverdichter 9 mit Nachkühler 15 zugeleitet und dort auf einen Zwischendruck von ca. 20 bar nachverdichtet. Der zweite Teilstrom 20 (Turbinstrom) wird in einem turbinengetriebenen Nachverdichter 21 mit Nachkühler 22 weiter auf etwa 28 bar verdichtet und unter diesem Druck über Leitung 23 dem warmen Ende des Hauptwärmetauschers 8 zugeleitet. Bei einer Zwischentemperatur wird er über Leitung 24 entnommen, in einer Expansionsturbine 25 arbeitsleistend auf etwa Hochdrucksäulendruck entspannt und schließlich über die Leitungen 26 und 12 in die Hochdrucksäule eingeleitet. Alternativ kann auch eine Generatorturbine eingesetzt werden und Nachverdichter 21 und Nachkühler 22 entfallen (nicht dargestellt).

[0031] Der dritte Teilstrom 30 wird von dem Zwischendruck aus in einem zweiten motorgetriebenen Nachverdichter 31 mit Nachkühler 32 auf einen hohen Druck von 60 bar gebracht, über Leitung 33 zum Hauptwärmetauscher 8 geführt und dort abgekühlt und (pseudo-)verflüssigt. Anschließend wird der dritte Teilstrom 33 in einem Entspannungsventil 34 auf etwa Hochdrucksäulendruck entspannt und über Leitung 35 in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet, und zwar mindestens teilweise in flüssiger Form. Alternativ wird die Entspannung in einer Turbine 36 durchgeführt, die an einen Generator 37 gekoppelt ist. Ein Teil 38, 39 der Flüssigluft kann in einem Unterkühlungs-Gegenströmer 54 abgekühlt und der Niederdrucksäule 51 an einer geeigneten Zwischenstelle zugeführt werden.

[0032] Der gasförmige Kopfstickstoff 55 der Hochdrucksäule 50 wird zu einem ersten Teil 56 im Hauptkondensator 53 verflüssigt. Ein erster Teil 58 des dabei erzeugten Flüssigstickstoffs 57 wird als Rücklauf auf die Hochdrucksäule 50 aufgegeben. Ein zweiter Teil 66, 67 wird im Unterkühlungs-Gegenströmer 54 abgekühlt und dem Kopf der Niederdrucksäule 51 als Rücklauf zugeführt.

[0033] Außerdem wird bei dem Ausführungsbeispiel eine stickstoffreiche Zwischenfraktion 68, 69 im Unterkühlungs-Gegenströmer 54 abgekühlt und der Niederdrucksäule 51 an einer Zwischenstelle zugespeist.

[0034] Die sauerstoffangereicherte Sumpffraktion 70

aus der Hochdrucksäule 50 wird ebenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 54 abgekühlt und zu einem ersten Teil 71 der Niederdrucksäule 51 an einer anderen Zwischenstelle zugeleitet.

[0035] In dem Ausführungsbeispiel wird Druckstickstoffprodukt unter vier verschiedenen Drücken gewonnen.

[0036] Zum einen werden zwei Stickstoffproduktströme direkt gasförmig aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung abgezogen, und im Hauptwärmetauscher 8 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt, nämlich gasförmiger Kopfstickstoff 73, 74, 75 der Niederdrucksäule 51 als Druckstickstoffprodukt unter Niederdrucksäulendruck (GAN) und ein zweiter Teil 72, 76 des Kopfstickstoffs 55 der Hochdrucksäule als Druckstickstoffprodukt unter Hochdrucksäulendruck (PGAN1).

[0037] Zum anderen wird ein dritter Teil 59 des Flüssigstickstoffs 57 aus dem Hauptkondensator 53 einer Stickstoff-Innenverdichtung zugeführt. Er wird in einer

[0038] Stickstoffpumpe 60 in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Stickstoffdruck oberhalb des Betriebsdrucks der Hochdrucksäule gebracht, über Leitung 61 zum Hauptwärmetauscher 8 geführt, dort in indirektem Wärmeaustausch mit Einsatzluft (pseudo-)verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich unter dem erhöhten Druck über Leitung 62 als gasförmiges Druckstickstoffprodukt (ICGAN2) gewonnen. Ein Teil 63 des gepumpten Stickstoffs kann in einem Entspannungsventil 64 auf einen Zwischendruck zwischen dem Hochdrucksäulendruck und dem erhöhten Stickstoffdruck abgedrosselt und unter diesem Zwischendruck als weiteres gasförmiges Druckstickstoffprodukt 65 (ICGAN1) gewonnen werden.

[0039] Ein Drucksauerstoffprodukt könnte durch gasförmige Entnahme unmittelbar oberhalb des Sumpfs der Niederdrucksäule 51 und anschließende Anwärmung im Hauptwärmetauscher unter etwa Niederdrucksäulendruck gewonnen und bei Bedarf in einem Sauerstoffverdichter weiter verdichtet (Außenverdichtung) werden. In der Regel günstiger ist es, auch hier eine Innenverdichtung anzuwenden, indem ein Sauerstoffstrom 77 in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule 51 entnommen wird, hier unmittelbar am Sumpf beziehungsweise aus dem Verdampfungsraum des Hauptkondensators 53. Der Sauerstoffstrom 77 wird in flüssigem Zustand einer Druckerhöhung auf einen erhöhten Sauerstoffdruck in einer Sauerstoffpumpe 78 unterzogen und im Hauptwärmetauscher 8 in indirektem Wärmeaustausch mit Einsatzluft verdampft oder pseudo-verdampft, wobei ein Teil der Einsatzluft verflüssigt oder pseudo-verflüssigt wird. Mindestens ein erster Teil 80, 81 des gepumpten Sauerstoffs 79 wird dabei als Drucksauerstoffprodukt (HP-GOX) unter dem erhöhten Sauerstoffdruck gewonnen. Ein anderer Teil 82, 84 des gepumpten Sauerstoffs 79 kann in einem Entspannungsventil 83 auf einen Zwischendruck zwischen dem Niederdrucksäulendruck und dem erhöhten Sauerstoffdruck

abgedrosselt und unter diesem Zwischendruck als weiteres gasförmiges Drucksauerstoffprodukt (MP-GOX) gewonnen werden.

[0040] An einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule 51 (der "ersten Zwischenstelle") wird der Niederdrucksäule ein gasförmiger Unreinstickstoffstrom 85 entnommen, der weniger rein als der Kopfstickstoff 73 ist, aber mindestens 80 % Stickstoff enthält. In dem Ausführungsbeispiel beträgt sein Stickstoffgehalt 90 %. Erfindungsgemäß wird dieser Strom zum Betrieb einer Restgassäule 52 verwendet, die einen Sumpfverdampfer 85 aufweist und unter einem Druck von 1,4 bar am Kopf betrieben wird. Der Unreinstickstoffstrom 85 wird in den Verflüssigungsraum des Sumpfverdampfers eingeleitet, dort in indirekten Wärmeaustausch mit der Sumpfflüssigkeit der Restgassäule 52 gebracht und dabei mindestens teilweise kondensiert. Der mindestens teilweise verflüssigte Unreinstickstoffstrom 87 wird in einem Drosselventil 88 auf den Betriebsdruck der Restgassäule entspannt und in den oberen Bereich der Restgassäule 52 eingeleitet, insbesondere unmittelbar am Kopf der Säule.

[0041] In der Restgassäule wird eine flüssige Rohsauerstofffraktion 89 aus der Hochdrucksäule 50 weiter angereichert. Sie wird durch einen Teil der Sumpffraktion 70 gebildet, aus der sie stromabwärts des Unterkühlungs-Gegenströmers 54 abgezweigt wird. Die flüssige Rohsauerstofffraktion 89 wird in einem Entspannungsventil 90 entspannt und der Restgassäule 52 an einer ersten Zwischenstelle zugeführt.

[0042] In dem Ausführungsbeispiel wird der Restgassäule außerdem an einer zweiten Zwischenstelle ein Teilstrom 90 der Flüssiglufte 38 nach ihrer Abkühlung im Unterkühlungs-Gegenströmer 54 zugepeist.

[0043] Die flüssige Sumpffraktion 91 der Restgassäule ist stärker an Sauerstoff angereichert als die Rohsauerstofffraktion 89 aus der Hochdrucksäule 50 und wird mittels einer Pumpe 92 über auf den höheren Druck der Niederdrucksäule 51 gebracht. Sie wird der Niederdrucksäule über Leitung 93 an einer zweiten Zwischenstelle zugeleitet, die unterhalb der ersten Zwischenstelle liegt, an welcher der Unreinstickstoffstrom 85 abgezogen wird. Die zweite Zwischenstelle liegt auch unterhalb der Einspeisestelle des Rohsauerstoffs 71, der direkt aus der Hochdrucksäule 50 in die Niederdrucksäule 51 geleitet wird.

[0044] Am Kopf der Restgassäule 52 wird ein stickstoffreicher Reststrom 94, 95, 96 gasförmig abgezogen und im Unterkühlungs-Gegenströmer 54 und im Hauptwärmetauscher 8 angewärmt. Das warme Restgas 96 kann bei Bedarf noch als Regeneriergas für die Reinigungseinheit 5 und/oder in einem Verdunstungskühler der Vorkühleinheit 4 eingesetzt werden.

[0045] Figur 2 unterscheidet sich von Figur 1 dadurch, dass der Prozess außerdem eine Mitteldrucksäule 200 verwendet, wie sie aus Drei-Säulen-Systemen bekannt ist. Die Mitteldrucksäule 200 weist je einen Kondensator-Verdampfer als Sumpfverdampfer 201 und Kopfkondensator 202 auf und wird unter einem Druck betrieben, der

zwischen den Betriebsdrücken von Niederdrucksäule und Hochdrucksäule liegt, in dem Beispiel bei 6 bar. Ein Teil 201 der Sumpffraktion 70 der Hochdrucksäule 50 wird der Mitteldrucksäule 200 als Einsatz zugeleitet. Zusätzlich kann ein Teil 204 der Flüssiglufte 38 in die Mitteldrucksäule 200 eingespeist werden.

[0046] Die Sumpfflüssigkeit 205 der Mitteldrucksäule 200 wird im Kopfkondensator 202 der Mitteldrucksäule 200 teilweise verdampft und anschließend über die Leitungen 206 beziehungsweise 207 an geeigneter Stelle in die Niederdrucksäule 51 eingespeist. Der gasförmige Kopfstickstoff der Mitteldrucksäule 200 wird, soweit er nicht im Kopfkondensator 202 kondensiert wird, über Leitung 208 zum Hauptwärmetauscher 8 geführt und über Leitung 209 als weiteres Druckstickstoffprodukt unter Mitteldrucksäulendruck (PGAN2) gewonnen.

[0047] In Figur 2 wird die gepumpte Sumpffraktion 293 aus der Restgassäule 52 ausschließlich in die Mitteldrucksäule 200 eingespeist.

[0048] Alternativ dazu kann diese Fraktion analog zu Figur 1 (Leitung 93) ausschließlich oder teilweise in die Niederdrucksäule 51 eingespeist werden. Die Einspeisung in die Niederdrucksäule 51 findet vorzugsweise auf derselben Höhe wie die Zuspelung der flüssig verbliebenen Fraktion 207 aus dem Verdampfungsraum des Kopfkondensators 202 der Mitteldrucksäule statt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von Druckstickstoff und Drucksauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft, bei dem

- verdichtete und gereinigte Einsatzluft (6, 10, 23, 33) in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt und in ein Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet wird, das mindestens eine Hochdrucksäule (50) und eine Niederdrucksäule (51) aufweist, wobei die Niederdrucksäule (51) unter einem Druck betrieben wird, der mindestens 2 bar beträgt,
- mindestens ein Stickstoffstrom (73, 74) aus dem oberen Bereich der Niederdrucksäule entnommen, im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als Druckstickstoffprodukt (75) gewonnen wird,
- mindestens ein Sauerstoffstrom (77) aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (51) entnommen, im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als Drucksauerstoffprodukt (81, 84) gewonnen wird,
- ein Unreinstickstoffstrom (85) gasförmig von einer ersten Zwischenstelle der Niederdrucksäule (51) entnommen wird, die unterhalb der Stelle liegt, an welcher der Stickstoffstrom (73) entnommen wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung außerdem eine Restgassäule (52) enthält, deren Betriebsdruck niedriger als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule (51) ist,
 - die Restgassäule (52) einen Sumpfverdampfer (86) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist,
 - eine flüssige Rohsauerstofffraktion (89), insbesondere aus der Hochdrucksäule (50), entspannt und der Restgassäule (52) an einer ersten Zwischenstelle zugeleitet wird,
 - der gasförmige Unreinstickstoffstrom (85) in den Verflüssigungsraum des Sumpfverdampfers (86) eingeleitet und dort mindestens teilweise verflüssigt wird,
 - der mindestens teilweise verflüssigte Unreinstickstoffstrom (87) entspannt (88) und in den oberen Bereich der Restgassäule (52) eingeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine flüssige Sumpffraktion (91, 93) aus der Restgassäule (52) entnommen und der Niederdrucksäule (51) an einer zweiten Zwischenstelle zugeleitet wird, die unterhalb der ersten Zwischenstelle liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** vom Kopf der Restgassäule (52) ein gasförmiger Reststrom abgezogen und im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Unreinstickstoffstrom (85) zwischen Niederdrucksäule (51) und Sumpfverdampfer (86) keine Druckerhöhung vorgenommen wird und insbesondere der Verflüssigungsraum des Sumpfverdampfers (86) im Wesentlichen unter dem Betriebsdruck der Niederdrucksäule (52) betrieben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sauerstoffstrom (77) in flüssigem Zustand aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (52) entnommen, in flüssigem Zustand einer Druckerhöhung (78) unterzogen und im Hauptwärmetauscher (8) in indirektem Wärmeaustausch mit Einsatzluft (10, 33) verdampft oder pseudo-verdampft wird, wobei ein Teil (33) der Einsatzluft verflüssigt oder pseudo-verflüssigt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil (90) der (pseudo-)verflüssigten Einsatzluft (33, 35) der Restgassäule (52) an einer zweiten Zwischenstelle zugeleitet wird, die oberhalb der ersten Zwischenstelle liegt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Restgassäule (52) keinen Kopfkondensator aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Niederdrucksäule (51) keinen Kopfkondensator aufweist.
9. Vorrichtung zur Gewinnung von Druckstickstoff und Drucksauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft
- mit einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das mindestens eine Hochdrucksäule (50) und eine Niederdrucksäule (51) aufweist,
 - mit einem Hauptwärmetauscher (8) zum Abkühlen verdichteter und gereinigter Einsatzluft (6, 10, 23, 33),
 - mit Mitteln zum Einleiten abgekühlter Einsatzluft (12, 35) in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,
 - mit einer Regeleinrichtung zur Steuerung des Betriebsdrucks der Niederdrucksäule (51) auf einen Wert, der mindestens 2 bar beträgt,
 - mit Mitteln zum Entnehmen eines Stickstoffstroms (73, 74) aus dem oberen Bereich der Niederdrucksäule,
 - mit Mitteln zum Einleiten des Stickstoffstroms (74) in den Hauptwärmetauscher (8) zwecks Anwärmung,
 - mit Mitteln zum Abziehen des angewärmten Stickstoffstroms als Druckstickstoffprodukt (75),
 - mit Mitteln zum Entnehmen eines Sauerstoffstroms (77) aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule (51), im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als Drucksauerstoffprodukt (81, 84) gewonnen wird,
 - mit Mitteln zum Einleiten des Unreinstickstoffstroms (85) gasförmig von einer ersten Zwischenstelle der Niederdrucksäule (51) entnommen wird, die unterhalb der Stelle liegt, an welcher der Stickstoffstrom (73) entnommen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung außerdem eine Restgassäule (52) enthält, deren Betriebsdruck niedriger als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule (51) ist,
 - die Restgassäule (52) einen Sumpfverdampfer (86) aufweist, der als Kondensator-Verdampfer ausgebildet ist
- und die Vorrichtung außerdem
- Mittel zum Entspannen einer flüssigen Rohsauerstofffraktion (89), insbesondere aus der Hochdrucksäule (50),
 - Mittel zum Einleiten der entspannten Rohsauerstofffraktion (89) in die Restgassäule (52) an

einer ersten Zwischenstelle,

- Mittel zu Einleiten des gasförmigen Unreinstickstoffstroms (85) in den Verflüssigungsraum des Sumpfverdampfers (86) zwecks dessen mindestens partiellen Verflüssigung, 5
 - Mittel (88) zum Entspannen des mindestens teilweise verflüssigten Unreinstickstoffstroms (87) entspannt (88) und
 - Mittel zum Einleiten des entspannten Unreinstickstoffstroms in den oberen Bereich der Restgassäule (52) 10
- aufweist.

15

20

25

30

35

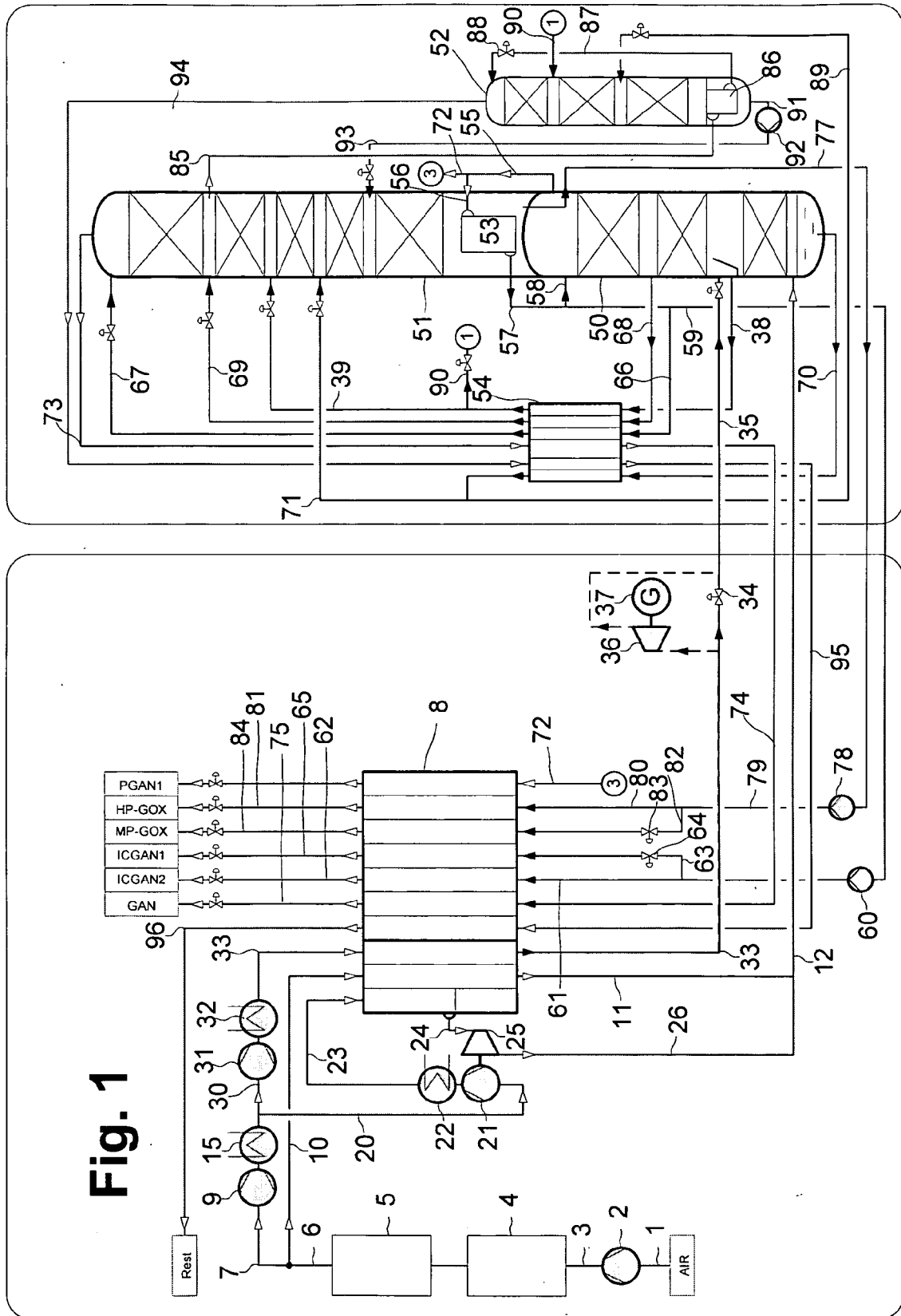
40

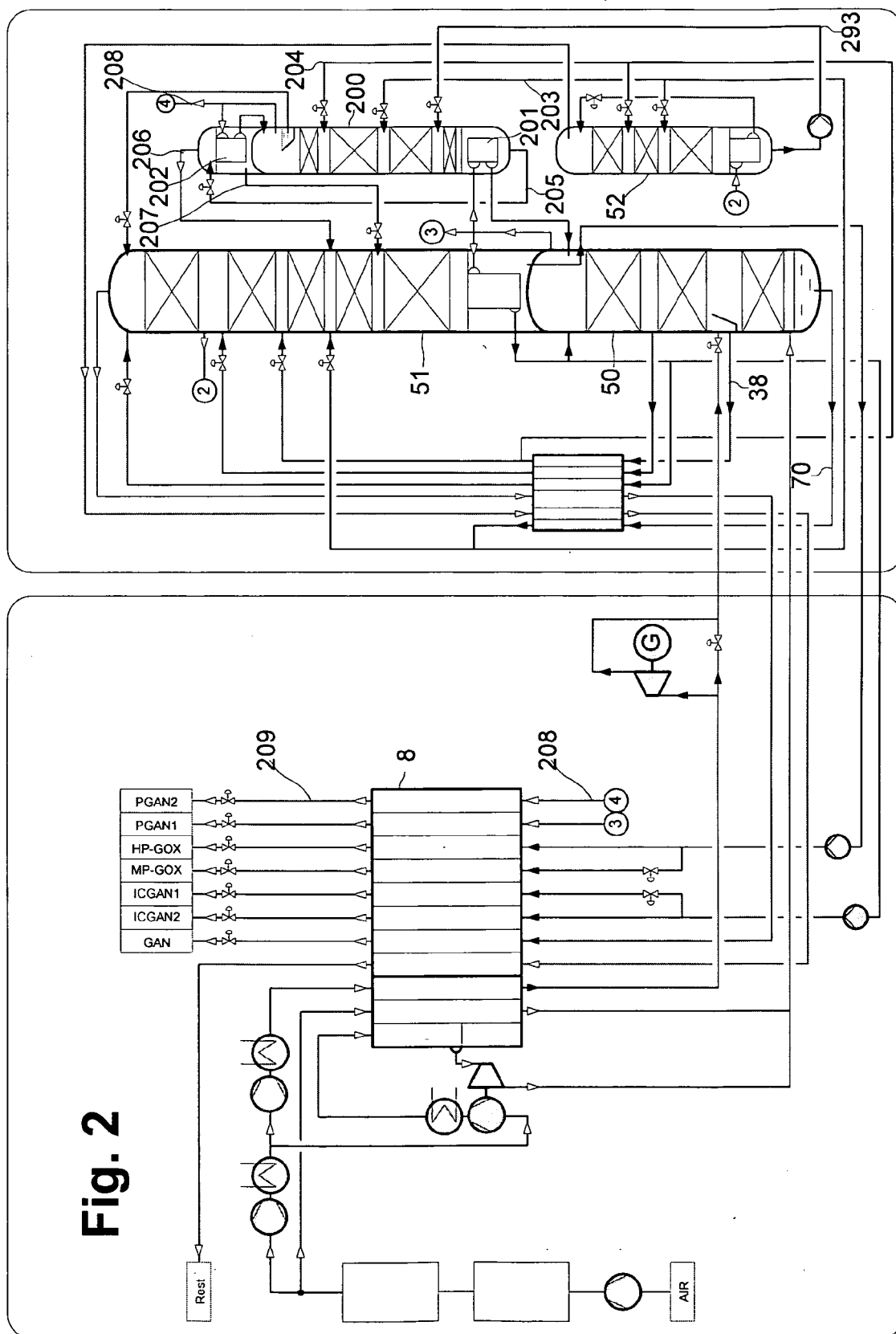
45

50

55

Fig. 1







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 00 6132

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 6 227 005 B1 (HIGGINBOTHAM PAUL [GB] ET AL) 8. Mai 2001 (2001-05-08) * Abbildung 2 *	1-9	INV. F25J3/04
A	DE 10 2008 016355 A1 (LINDE AG [DE]) 1. Oktober 2009 (2009-10-01) * Abbildung 3 *	1-9	
A	EP 1 227 288 A1 (LINDE AG [DE]) 31. Juli 2002 (2002-07-31) * Abbildung 10 *	1-9	
A	US 6 397 631 B1 (GRIFFITHS JOHN LOUIS [US] ET AL) 4. Juni 2002 (2002-06-04) * Abbildungen 3,4 *	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. März 2012	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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 00 6132

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.

01-03-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6227005 B1	08-05-2001	AT 292775 T	15-04-2005
		CA 2337727 A1	01-09-2001
		CN 1311423 A	05-09-2001
		DE 60109843 D1	12-05-2005
		DE 60109843 T2	26-01-2006
		EP 1134526 A2	19-09-2001
		JP 3556914 B2	25-08-2004
		JP 2001263935 A	26-09-2001
		US 6227005 B1	08-05-2001
		ZA 200101571 A	26-08-2002

DE 102008016355 A1	01-10-2009	KEINE	

EP 1227288 A1	31-07-2002	CN 1396427 A	12-02-2003
		DE 10103968 A1	01-08-2002
		EP 1227288 A1	31-07-2002
		JP 2002235982 A	23-08-2002
		US 2002121106 A1	05-09-2002

US 6397631 B1	04-06-2002	EP 1271081 A2	02-01-2003
		US 6397631 B1	04-06-2002

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 384483 B1 [0010]
- US 5036672 A [0010]
- US 3886758 A [0010]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HAUSEN ; LINDE.** Tieftemperaturtechnik. 1985, 281-337 [0002]