

(19)



(11)

**EP 2 600 090 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.06.2013 Patentblatt 2013/23**

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

(21) Anmeldenummer: **12007828.2**

(22) Anmeldetag: **20.11.2012**

(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**  
**82515 Wolfratshausen (DE)**

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

(30) Priorität: **01.12.2011 EP 11009537**

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

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

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Erzeugung von Drucksauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Niederdrucksäule (17) und eine Hochdrucksäule (18) aufweist. Die gesamte Einsatzluft (1) wird auf einen ersten Luftdruck verdichtet (3), der mindestens 4 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule (18) liegt. Mindestens ein Teil der verdichteten Einsatzluft (6) wird in einem Hauptwärmetauscher (13) abgekühlt. Ein erster Teilstrom (7, 9; 107) der auf den ersten Luftdruck verdichteten Einsatzluft (6) wird in einem Nachverdichter (10) auf einen zweiten Luftdruck nachverdichtet, der höher als der erste Luftdruck ist. Der nachverdichtete erste Teilstrom (12) wird in dem Hauptwärmetauscher verflüssigt oder pseudo-verflüssigt und anschließend mindestens zum Teil (15) in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet. Ein zweiter Teilstrom (8, 23) der auf den ersten Luftdruck verdichteten Einsatzluft (6) wird in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und anschließend in einer Entspannungsmaschine (24) arbeitsleistend entspannt, wobei die Entspannungsmaschine (24) den Nachverdichter (10) antreibt. Der entspannte zweite Teilstrom (25) wird in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet. Ein Sauerstoff-Produktstrom 39 wird flüssig aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung abgezogen und in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (40). Der flüssig auf Druck gebrachte Sauerstoff-Produktstrom wird unter dem erhöhten Druck in dem Hauptwärmetauscher (13) verdampft oder pseudo-verdampft und ange-

wärmt und schließlich als Drucksauerstoffprodukt (42) gewonnen. Ein Rückführstrom (57) wird aus dem (pseudo-)verflüssigten ersten Teilstrom (14) abgezweigt. Der Rückführstrom (5) wird in einem Drosselventil (58) entspannt und in dem Hauptwärmetauscher (13) angewärmt. Der angewärmte Rückführstrom (59) wird dem ersten Teilstrom (7) stromaufwärts des Nachverdichters (10) zugeführt.

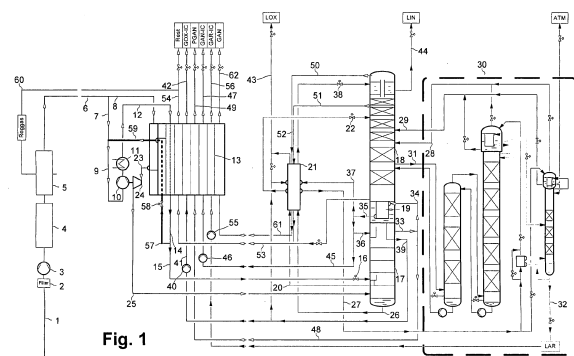


Fig. 1

**EP 2 600 090 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren 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), oder auch als Drei- oder Mehr-Säulen-System ausgebildet sein. 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]** Bei dem Prozess wird ein flüssig auf Druck gebrachter Sauerstoff-Produktstrom gegen einen Wärmeträger verdampft und schließlich als gasförmiges Druckprodukt gewonnen. Diese Methode wird auch als Innenverdichtung bezeichnet. Sie dient zur Gewinnung von Drucksauerstoff. Für den Fall eines überkritischen Drucks findet kein Phasenübergang im eigentlichen Sinne statt, der Produktstrom wird dann "pseudo-verdampft".

**[0005]** Gegen den (pseudo-)verdampfenden Produktstrom wird ein unter hohem Druck stehender Wärmeträger verflüssigt (beziehungsweise pseudo-verflüssigt, wenn er unter überkritischem Druck steht). Der Wärmeträger wird häufig durch einen Teil der Luft gebildet, im vorliegenden Fall von dem "zweiten Teilstrom" der verdichteten Einsatzluft.

**[0006]** Innenverdichtungsverfahren sind zum Beispiel bekannt aus DE 830805, DE 901542 (= US 2712738/US 2784572), DE 952908, DE 1103363 (= US 3083544), DE 1112997 (= US 3214925), DE 1124529, DE 1117616 (= US 3280574), DE 1226616 (= US 3216206), DE 1229561 (= US 3222878), DE 1199293, DE 1187248 (= US 3371496), DE 1235347, DE 1258882 (= US 3426543), DE 1263037 (= US 3401531), DE 1501722 (= US 3416323), DE 1501723 (= US 3500651), DE 253132 (= US 4279631), DE 2646690, EP 93448 B1 (= US 4555256), EP 384483 B1 (= US 5036672), EP 505812 B1 (= US 5263328), EP 716280 B1 (= US 5644934), EP 842385 B1 (= US 5953937), EP 758733 B1 (= US 5845517), EP 895045 B1 (= US 6038885), DE 19803437 A1, EP 949471 B1 (= US 6185960 B1), EP 955509 A1 (= US 6196022 B1), EP 1031804 A1 (= US 6314755), DE 19909744 A1, EP 1067345 A1 (= US 6336345), EP 1074805 A1 (= US 6332337), DE 19954593 A1, EP 1134525 A1 (= US 6477860), DE 10013073 A1, EP 1139046 A1, EP 1146301 A1, EP 1150082 A1, EP 1213552 A1, DE 10115258 A1, EP 1284404 A1 (= US 2003051504 A1), EP 1308680 A1 (= US 6612129 B2), DE 10213212 A1, DE 10213211 A1, EP 1357342 A1 oder DE 10238282 A1 DE 10302389 A1, DE 10334559

A1, DE 10334560 A1, DE 10332863 A1, EP 1544559 A1, EP 1585926 A1, DE 102005029274 A1 EP 1666824 A1, EP 1672301 A1, DE 102005028012 A1, WO 2007033838 A1, WO 2007104449 A1, EP 1845324 A1, DE 102006032731 A1, EP 1892490 A1, DE 102007014643 A1, A1, EP 2015012 A2, EP 2015013 A2, EP 2026024 A1, WO 2009095188 A2 oder DE 102008016355 A1.

**[0007]** Neben dem Drucksauerstoffprodukt können andere typische Luftzerlegungsprodukte in Form von innenverdichteten, flüssigen oder gasförmigen Strömen gewonnen werden.

**[0008]** Das "Hauptwärmetauscher-System" dient zur Abkühlung von Einsatzluft in indirektem Wärmeaustausch mit Rückströmen aus dem Destilliersäulen-System. Es kann aus einem oder mehreren parallel und/oder seriell verbundenen Wärmetauscherabschnitten gebildet sein, zum Beispiel aus einem oder mehreren Plattenwärmetauscher-Blöcken.

**[0009]** Das Verfahren der Erfindung gehört zur Klasse der Hochdruckverfahren, bei der die Gesamtluft in einem Hauptluftverdichter auf deutlich über Hochdrucksäulendruck verdichtet wird. Das System kommt insbesondere mit einer einzigen extern angetriebenen Maschine, eben diesem Hauptluftverdichter, aus.

**[0010]** Besonders effizient ist die Konfiguration, bei welcher die verdichtete gekühlte und gereinigte Luft in zwei Ströme aufgeteilt wird - Turbinenstrom ("zweiter Teilstrom") und Drosselstrom ("erster Teilstrom"). Der Turbinenstrom wird im Wärmetauscher gekühlt und danach in einer Turbine zum Beispiel auf den Druck der Hochdrucksäule entspannt und in diese geleitet. Der Drosselstrom wird in einer Boosterstufe ("Nachverdichter"), angetrieben durch die Turbine, nachverdichtet, durch den Wärmetauscher geführt und dabei gekühlt und wird danach in das Rektifikationsteil geleitet.

**[0011]** Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus US 5329776 bekannt.

**[0012]** Es ist häufig maschinentechnisch nicht möglich, ein derartiges Verfahren zu realisieren, besonders wenn der Drosselstrom relativ klein (weniger als 1/3 der Gesamtluft) ist und damit der Turbinenstrom entsprechend groß wird (entsprechend größer als 2/3 der Gesamtluft). Eine derartige Turbine ist nämlich nicht ohne Weiteres baubar, weil die Drossel- und Turbinenmengen zu unterschiedlich und das Druckverhältnis in der Boosterstufe zu groß wären. Auch wenn die Turbine baubar ist, führen Missverhältnisse zwischen Booster- und Turbinen-Seite zu Wirkungsgradeinbußen, die den Gesamtwirkungsgrad der Anlage verschlechtern.

**[0013]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die wirtschaftlich besonders günstig sind, insbesondere auch bei einem relativ kleinen Drosselstrom ("ersten Teilstrom").

**[0014]** Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

**[0015]** Ein Rückführstrom, der durch einen Teil des

durch den Nachverdichter geführten ersten Teilstroms der Luft (des Drosselstroms) gebildet wird, strömt im Kreis durch den Nachverdichter. Damit wird die im Nachverdichter zu verdichtende Luftmenge vergrößert. Der Rückführstrom wird vorzugsweise am Austritt aus dem Hauptwärmetauscher (am kalten Ende) entnommen, in einem Drosselventil auf einen Druck entspannt, der etwas höher als der Druck vor dem Eintritt in den Nachverdichter ist. Der entspannte Rückführstrom wird durch den Hauptwärmetauscher geleitet und mit dem ersten Teilstrom vor Eintritt in den Nachverdichter wieder gemischt. Diese Rezirkulation des Drosselstromes führt dazu, dass die in der Boosterstufe (dem Nachverdichter) zu verdichtende Gasmenge größer wird, das Druckverhältnis kleiner und die Booster- und Turbinenmenge besser zueinander passen. Somit kann eine mit konventionellen Mitteln baubare und besonders effiziente Boosterturbine verwendet werden.

**[0016]** Die Anwärmung des Rückführstroms kann bis zum warmen Ende des Hauptwärmetauschers oder bis zu einer Zwischentemperatur durchgeführt werden.

**[0017]** Die Einführung des Rückführstroms in den ersten Teilstrom stromaufwärts des Nachverdichters kann grundsätzlich auch dadurch geschehen, dass der Rückführstrom in dem Gesamtluftstrom vor seiner Aufteilung eingeleitet wird; die "Rückführung in den ersten Teilstrom" wird dann stromaufwärts der Abzweigung des ersten Teilstroms vom zweiten Teilstrom durchgeführt. Vorzugsweise wird der Rückführstrom jedoch unmittelbar vor dem Nachverdichter in den ersten Teilstrom eingeleitet.

**[0018]** Es erscheint zunächst unlogisch, durch das Drosselentspannen und Wiederverdichten eines Stroms (des Rückführstroms) das Verfahren wirtschaftlich günstiger zu machen. Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch überraschenderweise herausgestellt, dass die Effizienz durch diese Maßnahme erhöht werden kann. Dies ist durch die überraschend effiziente Entspannung im flüssigen beziehungsweise überkritischen Zustand zu erklären und dadurch, dass die Anwärmung des Rückführstroms überraschend deutlich zur Verbesserung des Wärmeaustauschprozesses im Hauptwärmetauscher beiträgt.

**[0019]** Vorzugsweise weist das System nur einen einzigen extern angetriebenen Verdichter, den Hauptluftverdichter, und nur eine einzige Entspannungsmaschine (Turbine) auf. Trotz dieses vergleichsweise einfachen Aufbaus ist es durch die erfindungsgemäße Verfahrensführung sehr energieeffizient.

**[0020]** Die Gesamtluft wird bei der Erfindung auf einen ersten Luftdruck verdichtet, der beispielsweise 10 bis 30 bar beträgt und vorzugsweise zwischen 10 und 20 bar liegt.

**[0021]** Weitere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den abhängigen Verfahrensansprüchen beschrieben.

**[0022]** Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 4. Die erfindungsgemäße

Vorrichtung kann durch Vorrichtungsmerkmale ergänzt werden, die den Merkmalen der abhängigen Verfahrensansprüche entsprechen.

**[0023]** Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer einzigen Turbine und einem warmen Nachverdichter,
- Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel, bei dem der Nachverdichter als Kaltverdichter ausgebildet ist,
- Figur 3 ein drittes Ausführungsbeispiel mit zwei Turbinen,
- Figur 4 eine Variante mit Abzweigung des Rückführstroms stromaufwärts des kalten Endes des Hauptwärmetauschers und
- Figur 5 eine weitere Variante mit Nachverdichtung der Gesamtluft.

**[0024]** In dem Verfahren und der Vorrichtung von Figur 1 wird atmosphärische Luft 1 über ein Filter von einem Hauptluftverdichter 3 angesaugt und dort auf einen ersten Luftdruck von ca. 18 bar verdichtet. Der Hauptluftverdichter weist vorzugsweise mehrere Stufen mit Zwischenkühlung auf. Die verdichtete Gesamtluft wird anschließend in einer Vorkühleinrichtung 4 gekühlt und in einer Reinigungseinrichtung 5 gereinigt. Die gereinigte Einsatzluft 6 wird unter dem ersten Luftdruck in einen ersten Teilstrom 7 und einen zweiten Teilstrom 8 aufgeteilt. Weitere Luftteilströme, die in die Zerlegung geführt werden, gibt es bei dem Ausführungsbeispiel nicht; die Einsatzluft wird vollständig auf den ersten und den zweiten Teilstrom 7, 8 aufgeteilt. (Dies schließt die Verwendung kleinerer Teile der Gesamtluft 6 für andere Zwecke nicht aus, beispielsweise als Instrumentenluft.) In dem Ausführungsbeispiel bilden ca. 45 % der Gesamtluft 6 den ersten Teilstrom 7, der Rest den zweiten Teilstrom 8.

**[0025]** Der erste Teilstrom 7 wird über Leitung 9 einem Nachverdichter 10 mit Nachkühler 11 zugeführt und dort weiter auf einen zweiten Luftdruck von ca. 28 bar verdichtet. Der Nachverdichter 10 ist einstufig ausgebildet. Der nachverdichtete erste Teilstrom 12 wird einem Hauptwärmetauscher 13 am warmen Ende zugeleitet, dort abgekühlt und verflüssigt und schließlich am kalten Ende über Leitung 14 wieder abgezogen. Der größte Teil des verflüssigten ersten Teilstroms wird über Leitung 15 und Drosselventil 16 in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeführt, das eine Hochdrucksäule 17, eine Niederdrucksäule 18 und einen Hauptkondensator 19 aufweist, der als kondensator-Verdampfer ausgebildet ist. Die Betriebsdrücke (jeweils am Kopf) betragen 5 bis 6 bar in der Hochdrucksäule und 1,2 bis 1,6 bar in der Niederdrucksäule. Ein Teil der in die Hochdrucksäule 17 eingeleiteten Flüssiglufte wird über Leitung 20 wieder entnommen, in einem Unterküh-

lungs-Gegenströmer 21 abgekühlt und über Drosselventil 22 in die Niederdrucksäule 18 eingespeist.

**[0026]** Der zweite Teilstrom 8 der Einsatzluft wird in dem Hauptwärmetauscher 13 lediglich auf eine Zwischentemperatur abgekühlt. Der abgekühlte zweite Teilstrom 23 wird in eine Entspannungsmaschine eingeführt, die hier durch eine Turbine 24 gebildet wird. In der Turbine 24 wird der zweite Luftstrom arbeitsleistend entspannt auf etwas über Hochdrucksäulendruck. Der entspannte zweite Teilstrom 25 wird in vollständig gasförmigem oder im Wesentlichen vollständig gasförmigem Zustand der Hochdrucksäule unmittelbar über dem Sumpf zugeleitet. Die Entspannungsmaschine 24 ist unmittelbar mechanisch mit dem Nachverdichter 10 gekoppelt, insbesondere sitzen Nachverdichter und Turbine auf einer gemeinsamen Welle.

**[0027]** Die Sumpfflüssigkeit 26 der Hochdrucksäule 17 wird im Unterkühlungs-Gegenströmer 21 abgekühlt und über einen Argonteil 22 und die Leitungen 27, 28 und 29 in die Niederdrucksäule 18 eingeleitet. Der Argonteil 30 weist eine geteilte Rohargonsäule und eine Reinargonsäule auf, wird von einer Argonübergangsfraction 31 gespeist und liefert ein flüssiges Reinargonprodukt (LAR) 32. Im Übrigen arbeitet er nach den bekannten Prinzipien.

**[0028]** Der Kopfstickstoff 33 der Hochdrucksäule 17 wird mindestens zu einem Teil 34 im Hauptkondensator 19 kondensiert. Der dabei gewonnene flüssige Stickstoff wird zu einem ersten Teil 36 als Rücklauf auf die Hochdrucksäule 17 aufgegeben. Ein zweiter Teil 37 wird im Unterkühlungs-Gegenströmer 21 abgekühlt und über Drosselventil 38 in den Kopf der Niederdrucksäule 18 eingespeist. Mindestens ein Teil davon wird als flüssiger Rücklauf in der Niederdrucksäule 18 eingesetzt.

**[0029]** Vom Sumpf der Niederdrucksäule 18 (deren unterer Abschnitt hier gleichzeitig den Verdampfungsraum des Hauptkondensators 19 bildet) wird ein Sauerstoff-Produktstrom 39 flüssig abgezogen und in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck von ca. 30 bar gebracht. Der Hochdrucksauerstoff 41 wird im Hauptwärmetauscher 13 verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Über Leitung 42 wird er schließlich als innenverdichtetes Drucksauerstoffprodukt (GOX-IC) gewonnen.

**[0030]** Weitere mögliche Produkte des Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung sind:

- Flüssiger Sauerstoff 43 (LOX) - Teil des Sumpf-Sauerstoffs 39 der Niederdrucksäule 18.
- Flüssiger Stickstoff 44 (LIN) - Teil des zweiten Teils 37, 38 des flüssigen Stickstoffs 35 aus dem Hauptkondensator 19.
- Innenverdichteter gasförmiger Druckstickstoff 47 (GAN-IC) - dritter Teil 45 des flüssigen Stickstoffs 35 aus dem Hauptkondensator 19.
- Gasförmiger Druckstickstoff 49 (PGAN) direkt aus der Hochdrucksäule 17 als Teil 48 des gasförmigen Kopfstickstoffs 33 der Hochdrucksäule 17.

- Druckloser gasförmiger Stickstoff 50, 61, 62 (GAN) vom Kopf der Niederdrucksäule 18.
- Stickstoffreiches Restgas 51, 52, 53, 54 von einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule 18.

**[0031]** Ein Teil 60 des warmen Restgases 54 kann als Regeneriergas (Reggas) in der Reinigungseinrichtung 5 eingesetzt werden.

**[0032]** Außerdem kann auch das flüssige Argon 32 aus dem Argonteil 30 in einer Pumpe 55 innenverdichtet und nach (Pseudo-)Verdampfung über Leitung 56 als gasförmiges Druckprodukt (GAR-IC) gewonnen werden.

**[0033]** Erfindungsgemäß wird ein Rückführstrom 57 aus dem verflüssigten ersten Teilstrom 14 abgezweigt, hier stromabwärts des kalten Endes des Hauptwärmetauschers 12. Der Rückführstrom 57 wird, im Kalten in einem Drosselventil 58 auf einen Druck von etwas mehr als 18 bar entspannt, wieder dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers zugeführt und dort auf eine Zwischentemperatur von 260 K angewärmt. Der angewärmte Rückführstrom 59 wird schließlich dem ersten Teilstrom 7 stromaufwärts des Nachverdichters 10 zugeführt.

**[0034]** Der Nachverdichter 10 in Figur 1 wird im Warmen betrieben, das heißt mit einer Eintrittstemperatur, die nicht mehr als 20 K unterhalb der Umgebungstemperatur liegt.

**[0035]** Figur 2 unterscheidet sich von Figur 1 dadurch, dass der Nachverdichter 110 als Kaltverdichter betrieben wird, das heißt mit einer Eintrittstemperatur, die mehr als 20 K unterhalb der Umgebungstemperatur liegt, in dem Beispiel bei 210. K. Entsprechend wird der Rückführstrom 159 auch bei einer niedrigeren Zwischentemperatur von ca. 205 K aus dem Hauptwärmetauscher 13 entnommen und erst stromabwärts der Abkühlung des ersten Teilstroms 107 mit diesem vereinigt. Die Aufteilung in ersten Teilstrom 107 und zweiten Teilstrom 123 findet hier innerhalb des Hauptwärmetauschers 13 statt. Der nachverdichtete erste Teilstrom 112 wird dem Hauptwärmetauscher 13 bei einer Zwischentemperatur zugeleitet.

**[0036]** Um Wärme an die Umgebung abführen zu können, ist die Entspannungsmaschine 124 nicht nur mit dem kalten Nachverdichter 110 mechanisch gekoppelt. Auf der gemeinsamen Welle sitzt vielmehr zusätzlich eine Ölbremse 161. (Alternativ zur Ölbremse könnte auch ein Generator eingesetzt werden.)

**[0037]** In Figur 3 wird statt der Ölbremse eine zweite Turbine 224 eingesetzt, die an einen Generator 261 gekoppelt ist. (Alternativ zum Generator kann auch eine dissipative Bremse eingesetzt werden, zum Beispiel eine Ölbremse.) Die erste Turbine 124 ist nur mit dem kalten Nachverdichter 110 mechanisch verbunden. Die beiden Turbinen 124, 224 weisen am Ein- und Austritt jeweils gleiche Drücke und Temperaturen auf.

**[0038]** Figur 4 unterscheidet sich dadurch von den vorhergehenden Ausführungsbeispielen, dass der Rückführstrom 357 schon vor dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers aus dem ersten Teilstrom abgezweigt wird, also bei etwas bei höherer Temperatur, die jedoch

nicht höher als Taupunkt sein darf, in dem Beispiel unter 130 K. Die bei der Entspannung im Drosselventil 358 erzeugte Kälte kann damit zur Abkühlung von Einsatzluft im Hauptwärmetauscher 13 beitragen.

[0039] Abweichend von den bisherigen Ausführungsbeispielen kann die Vorkühlung 4 und die Reinigung 5 bei einem niedrigeren Druck als dem ersten Luftdruck durchgeführt werden, wie es in **Figur 5** dargestellt ist. Das System muss dann neben dem Hauptluftverdichter 403 einen weiteren extern angetriebenen Luftnachverdichter 463 aufweisen, der die gereinigte Gesamtluft 462 von diesem niedrigeren Luftdruck von beispielsweise 18 bar auf den ersten Luftdruck nachverdichtet. (Der Luftnachverdichter 463 weist einen Nachkühler auf, der in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Er kann ein oder mehrstufig ausgebildet sein und gegebenenfalls eine Zwischenkühlung aufweisen.)

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Drucksauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Niederdrucksäule (17) und eine Hochdrucksäule (18) aufweist, bei dem

- die gesamte Einsatzluft (1) auf einen ersten Luftdruck verdichtet (3; 403, 463) wird, der mindestens 4 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule (18) liegt,
- mindestens ein Teil der verdichteten Einsatzluft (6) in einem Hauptwärmetauscher (13) abgekühlt wird,
- ein erster Teilstrom (7, 9; 107) der auf den ersten Luftdruck verdichteten Einsatzluft (6) in einem Nachverdichter (10; 110) auf einen zweiten Luftdruck nachverdichtet wird, der höher als der erste Luftdruck ist,
- der nachverdichtete erste Teilstrom (12; 112) in dem Hauptwärmetauscher verflüssigt oder pseudo-verflüssigt und anschließend mindestens zum Teil (15) in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet wird,
- ein zweiter Teilstrom (8, 23; 123) der auf den ersten Luftdruck verdichteten Einsatzluft (6) in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und anschließend in einer Entspannungsmaschine (24; 124) arbeitsleistend entspannt wird, wobei die Entspannungsmaschine (24; 124) den Nachverdichter (10, 110) antreibt,
- der entspannte zweite Teilstrom (25) in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet wird
- ein Sauerstoff-Produktstrom 39 flüssig aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-

Sauerstoff-Trennung abgezogen und in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (40) wird und

- der flüssig auf Druck gebrachte Sauerstoff-Produktstrom unter dem erhöhten Druck in dem Hauptwärmetauscher (13) verdampft oder pseudo-verdampft und angewärmt wird und schließlich als Drucksauerstoffprodukt (42) gewonnen wird,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein Rückführstrom (57; 357) aus dem (pseudo-)verflüssigten ersten Teilstrom (14) abgezweigt wird,
- der Rückführstrom (57; 357) in einem Drosselventil (58; 358) entspannt und in dem Hauptwärmetauscher (13) angewärmt wird und
- der angewärmte Rückführstrom (59; 159) dem ersten Teilstrom (7; 107) stromaufwärts des Nachverdichters (10; 110) zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Verdichtung der Einsatzluft (1) auf den ersten Luftdruck in einem Hauptluftverdichter (3) durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Verdichtung der Einsatzluft (1) auf den ersten Luftdruck in einem Hauptluftverdichter (403) und in einem Luftnachverdichter (463) durchgeführt wird.

4. Vorrichtung zur Erzeugung von Drucksauerstoff durch Tieftemperaturzerlegung mit

- einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Niederdrucksäule (17) und eine Hochdrucksäule (18) aufweist,
- mit Mitteln zum Verdichten der gesamten Einsatzluft (1) auf einen ersten Luftdruck verdichtet (3; 403, 463), der mindestens 4 bar über dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule (18) liegt,
- mit einem Hauptwärmetauscher (13) zum Abkühlen mindestens eines Teils der verdichteten Einsatzluft (6),
- mit einem Nachverdichter (10; 110) zum Nachverdichten eines ersten Teilstroms (7, 9; 107) der auf den ersten Luftdruck verdichteten Einsatzluft (6) auf einen zweiten Luftdruck, der höher als der erste Luftdruck ist,
- mit Mitteln zum Verflüssigen oder Pseudo-Verflüssigen des nachverdichteten ersten Teilstroms (12; 112) in dem Hauptwärmetauscher und mit Mitteln zum Einleiten mindestens eines Teils des (pseudo-)verflüssigten ersten Teilstroms in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,
- mit Mitteln zum Abkühlen eines zweiten Teil-

strom (8, 23; 123) der auf den ersten Luftdruck verdichteten Einsatzluft (6) in dem Hauptwärmetauscher (13) auf eine Zwischentemperatur abgekühlt,

- mit einer Entspannungsmaschine (24; 124) 5

zum arbeitsleistenden Entspannen des abgekühlten zweiten Teilstroms wird, wobei die Entspannungsmaschine (24; 124) mit dem Nachverdichter (10, 110) mechanisch gekoppelt ist,

- mit Mitteln zum Einleiten des entspannten 10

zweiten Teilstroms (25) in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,

- mit Mitteln zum Abziehen eines Sauerstoff-Produktstroms 39 in flüssigem Zustand aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, 15

- mit Mitteln (40) zur Druckerhöhung des Sauerstoff-Produktstroms 39 in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck und

- mit Mitteln zum Verdampfen oder Pseudo-Verdampfen und Anwärmen des flüssig auf Druck gebrachten Sauerstoff-Produktstroms unter dem erhöhten Druck in dem Hauptwärmetauscher (13) verdampft oder pseudo-verdampft 20

und angewärmt wird und zum Gewinnen des angewärmten Sauerstoff-Produktstroms als 25

Drucksauerstoffprodukt (42),

**gekennzeichnet durch**

- Mittel zum Abzweigen eines Rückführstroms (57; 357) aus dem (pseudo-)verflüssigten ersten Teilstrom (14), 30

- ein Drosselventil (58; 358) zum Entspannen des Rückführstroms (57; 357),

- Mitteln zum Anwärmen des entspannten Rückführstroms in dem Hauptwärmetauscher (13) 35

und **durch**

- Mittel zum Zuführen des angewärmten Rückführstroms (59; 159) zu dem ersten Teilstrom (7; 107) stromaufwärts des Nachverdichters 40

(10; 110).

45

50

55

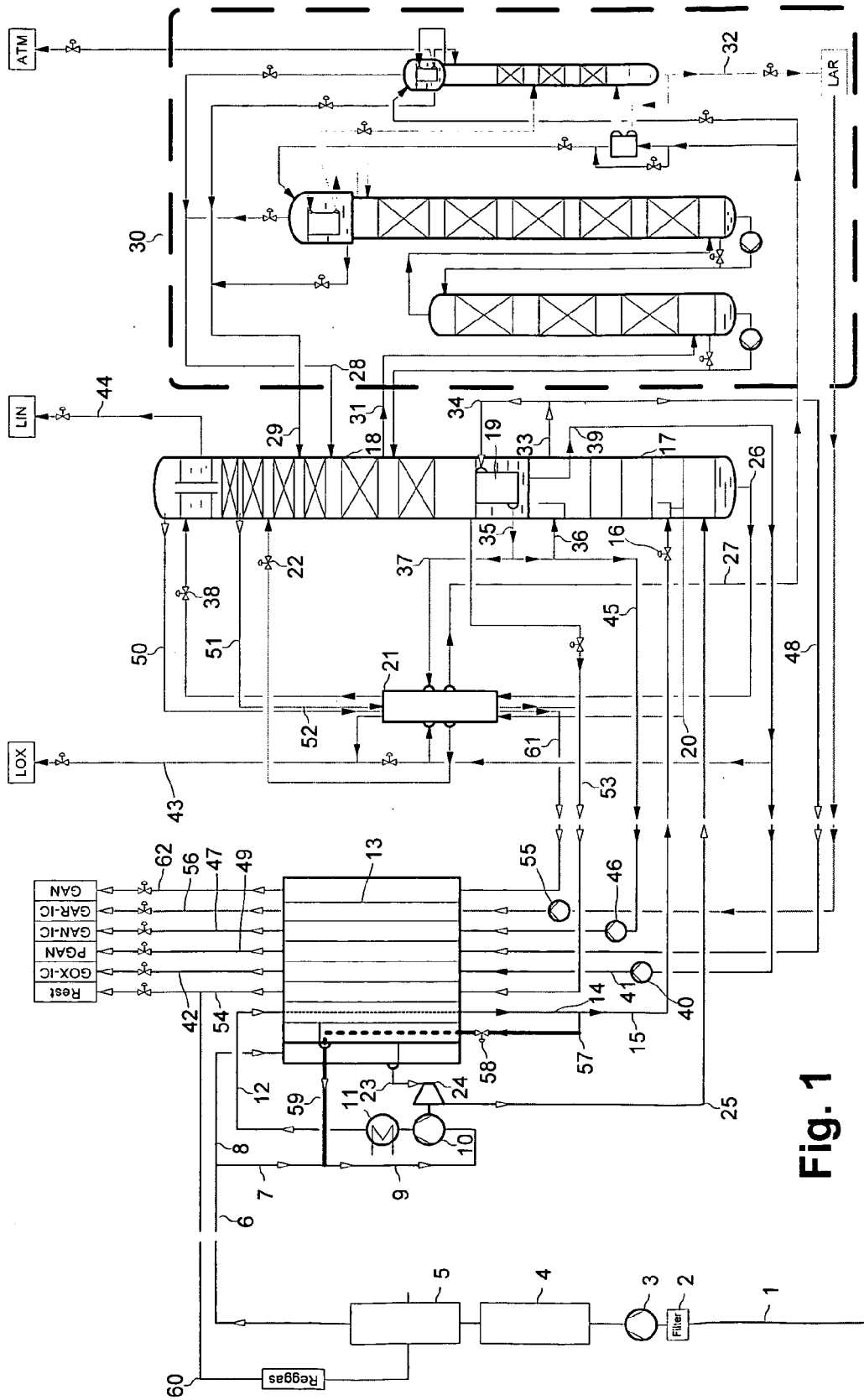


Fig. 1

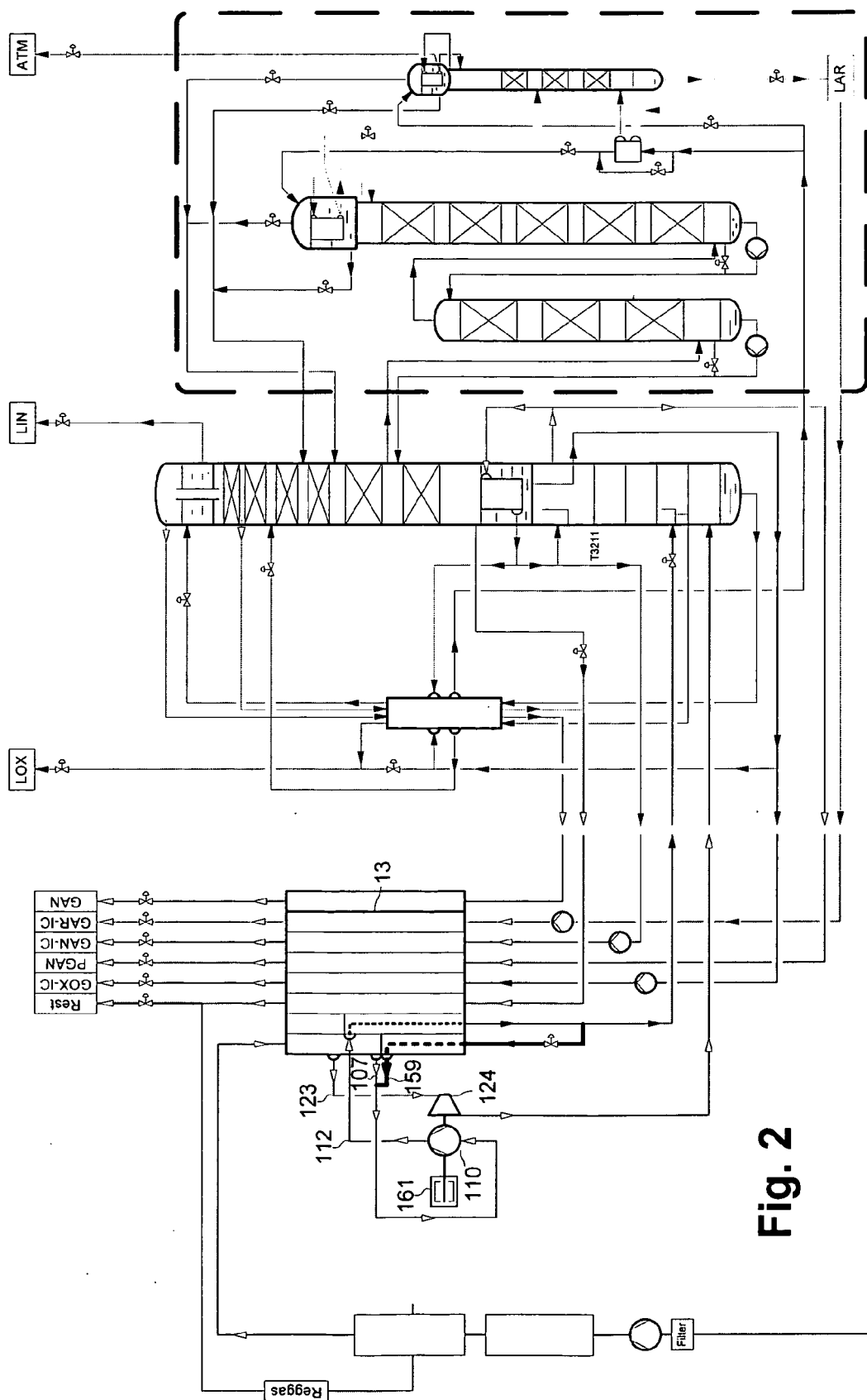


Fig. 2

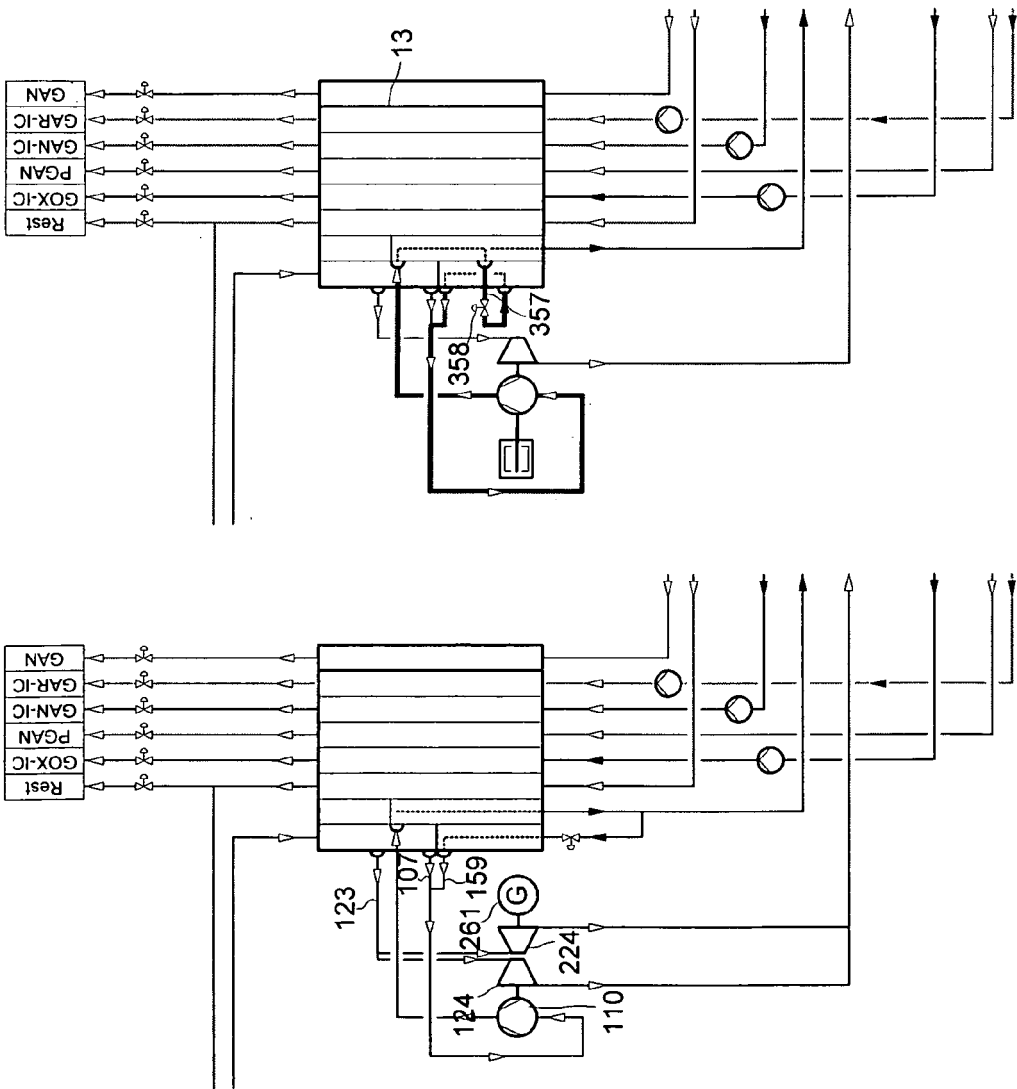


Fig. 4

Fig. 3

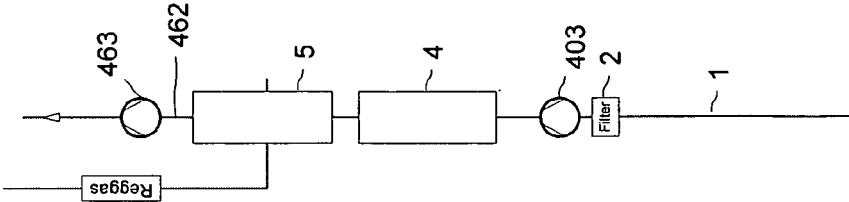


Fig. 5



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 12 00 7828

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                            | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                 | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | EP 2 299 221 A2 (LINDE AG [DE])<br>23. März 2011 (2011-03-23)<br>* Absätze [0012], [0013] *<br>* Abbildung 1 *<br>* Ansprüche 1,3,6,7,11 *<br>----- | 1-4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | INV.<br>F25J3/04                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | EP 1 067 345 A1 (LINDE AG [DE])<br>10. Januar 2001 (2001-01-10)<br>* Abbildungen *<br>-----                                                         | 1-4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | WO 2011/018207 A2 (LINDE AG [DE]; RATHBONE THOMAS [GB]; MASTERSON FRANCES [DE])<br>17. Februar 2011 (2011-02-17)<br>* Abbildung 3 *<br>-----        | 1-4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | EP 0 504 029 A1 (AIR LIQUIDE [FR])<br>16. September 1992 (1992-09-16)<br>* das ganze Dokument *<br>-----                                            | 1-4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                    | DE 10 2007 014643 A1 (LINDE AG [DE])<br>20. September 2007 (2007-09-20)<br>* das ganze Dokument *<br>-----                                          | 1-4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | F25J                               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |
| Recherchenort                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Prüfer                             |
| München                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                     | 17. Dezember 2012                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Harf-Bapin, E                      |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                    |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                     | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

 1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 00 7828

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.

17-12-2012

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 2299221 A2                                      | 23-03-2011                    | CN 102022894 A                    | 20-04-2011                    |
|                                                    |                               | DE 102009048456 A1                | 31-03-2011                    |
|                                                    |                               | EP 2299221 A2                     | 23-03-2011                    |
|                                                    |                               | US 2011067444 A1                  | 24-03-2011                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| EP 1067345 A1                                      | 10-01-2001                    | AT 269526 T                       | 15-07-2004                    |
|                                                    |                               | EP 1067345 A1                     | 10-01-2001                    |
|                                                    |                               | US 6336345 B1                     | 08-01-2002                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2011018207 A2                                   | 17-02-2011                    | CN 102741636 A                    | 17-10-2012                    |
|                                                    |                               | EP 2464937 A2                     | 20-06-2012                    |
|                                                    |                               | US 2012174625 A1                  | 12-07-2012                    |
|                                                    |                               | WO 2011018207 A2                  | 17-02-2011                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| EP 0504029 A1                                      | 16-09-1992                    | AU 655630 B2                      | 05-01-1995                    |
|                                                    |                               | AU 1215792 A                      | 17-09-1992                    |
|                                                    |                               | CA 2062506 A1                     | 12-09-1992                    |
|                                                    |                               | DE 69214693 D1                    | 28-11-1996                    |
|                                                    |                               | DE 69214693 T2                    | 20-02-1997                    |
|                                                    |                               | EP 0504029 A1                     | 16-09-1992                    |
|                                                    |                               | ES 2093799 T3                     | 01-01-1997                    |
|                                                    |                               | JP 2909678 B2                     | 23-06-1999                    |
|                                                    |                               | JP 5079753 A                      | 30-03-1993                    |
|                                                    |                               | US 5329776 A                      | 19-07-1994                    |
|                                                    |                               | ZA 9201777 A                      | 25-11-1992                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102007014643 A1                                 | 20-09-2007                    | 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 Patentdokumente

- DE 830805 [0006]
- DE 901542 [0006]
- US 2712738 A [0006]
- US 2784572 A [0006]
- DE 952908 [0006]
- DE 1103363 [0006]
- US 3083544 A [0006]
- DE 1112997 [0006]
- US 3214925 A [0006]
- DE 1124529 [0006]
- DE 1117616 [0006]
- US 3280574 A [0006]
- DE 1226616 [0006]
- US 3216206 A [0006]
- DE 1229561 [0006]
- US 3222878 A [0006]
- DE 1199293 [0006]
- DE 1187248 [0006]
- US 3371496 A [0006]
- DE 1235347 [0006]
- DE 1258882 [0006]
- US 3426543 A [0006]
- DE 1263037 [0006]
- US 3401531 A [0006]
- DE 1501722 [0006]
- US 3416323 A [0006]
- DE 1501723 [0006]
- US 3500651 A [0006]
- DE 253132 [0006]
- US 4279631 A [0006]
- DE 2646690 [0006]
- EP 93448 B1 [0006]
- US 4555256 A [0006]
- EP 384483 B1 [0006]
- US 5036672 A [0006]
- EP 505812 B1 [0006]
- US 5263328 A [0006]
- EP 716280 B1 [0006]
- US 5644934 A [0006]
- EP 842385 B1 [0006]
- US 5953937 A [0006]
- EP 758733 B1 [0006]
- US 5845517 A [0006]
- EP 895045 B1 [0006]
- US 6038885 A [0006]
- DE 19803437 A1 [0006]
- EP 949471 B1 [0006]
- US 6185960 B1 [0006]
- EP 955509 A1 [0006]
- US 6196022 B1 [0006]
- EP 1031804 A1 [0006]
- US 6314755 B [0006]
- DE 19909744 A1 [0006]
- EP 1067345 A1 [0006]
- US 6336345 B [0006]
- EP 1074805 A1 [0006]
- US 6332337 B [0006]
- DE 19954593 A1 [0006]
- EP 1134525 A1 [0006]
- US 6477860 B [0006]
- DE 10013073 A1 [0006]
- EP 1139046 A1 [0006]
- EP 1146301 A1 [0006]
- EP 1150082 A1 [0006]
- EP 1213552 A1 [0006]
- DE 10115258 A1 [0006]
- EP 1284404 A1 [0006]
- US 2003051504 A1 [0006]
- EP 1308680 A1 [0006]
- US 6612129 B2 [0006]
- DE 10213212 A1 [0006]
- DE 10213211 A1 [0006]
- EP 1357342 A1 [0006]
- DE 10238282 A1 [0006]
- DE 10302389 A1 [0006]
- DE 10334559 A1 [0006]
- DE 10334560 A1 [0006]
- DE 10332863 A1 [0006]
- EP 1544559 A1 [0006]
- EP 1585926 A1 [0006]
- DE 102005029274 A1 [0006]
- EP 1666824 A1 [0006]
- EP 1672301 A1 [0006]
- DE 102005028012 A1 [0006]
- WO 2007033838 A1 [0006]
- WO 2007104449 A1 [0006]
- EP 1845324 A1 [0006]
- DE 102006032731 A1 [0006]
- EP 1892490 A1 [0006]
- DE 102007014643 A1 [0006]
- EP 2015012 A2 [0006]
- EP 2015013 A2 [0006]
- EP 2026024 A1 [0006]
- WO 2009095188 A2 [0006]
- DE 102008016355 A1 [0006]
- US 5329776 A [0011]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- Verfahren und Vorrichtungen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft sind zum Beispiel aus Hausen/Linde. Tieftemperaturtechnik. 1985, 281-337 [0002]