



(11) **EP 2 015 013 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.01.2009 Patentblatt 2009/03

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

(21) Anmeldenummer: **08012218.7**

(22) Anmeldetag: **07.07.2008**

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

(72) Erfinder:
• **Rottmann, Dietrich**
81737 München (DE)
• **Kunz, Christian**
81479 München (DE)

(30) Priorität: **07.07.2007 DE 102007031759**

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

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
80807 München (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von gasförmigem Druckprodukt durch Tieftemperaturerlegung von Luft**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Erzeugung von gasförmigem Druckprodukt durch Tieftemperaturerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System, das mindestens eine Hochdrucksäule (7) und eine Niederdrucksäule (8) aufweist. Ein Einsatzluftstrom wird in einem Hauptluftverdichter verdichtet. Mindestens ein Teil des verdichteten Einsatzluftstroms (1) wird in die Hochdrucksäule (7) eingeleitet (6). Ein erster Luftstrom (10, 13, 14, 17, 18), der mindestens durch einen Teil des Einsatzluftstroms (1) gebildet wird, wird auf einen hohen Luftdruck verdichtet (11, 15), der mindestens 1 bar oberhalb des Betriebsdrucks der Hochdrucksäule (7) liegt. Ein flüssiger Produktstrom (21, 47) wird aus dem Destilliersäulen-System entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (48, 51) und unter diesem

erhöhten Druck durch indirekten Wärmeaustausch (4) mit dem ersten Luftstrom (17) verdampft oder pseudo-verdampft und schließlich als gasförmiger Produktstrom (50, 53) abgezogen. Der erste Luftstrom (17) wird bei dem indirekten Wärmeaustausch (4) kondensiert oder pseudo-kondensiert. Der erste Luftstrom (18) wird stromabwärts des indirekten Wärmeaustauschs (4) mit dem flüssig auf Druck gebrachten Produktstrom (49, 52) in indirektem Wärmeaustausch (20) mit einem gasförmigen Strom (41) aus dem oberen Abschnitt der Hochdrucksäule (7) verdampft. Der verdampfte erste Luftstrom (22) wird in den Einsatzluftstrom (1, 2) zurückgeführt (23, 26). Der verdampfte erste Luftstrom (23) wird stromaufwärts seiner Rückführung in den Einsatzluftstrom in einem Rückverdichter (24) verdichtet.

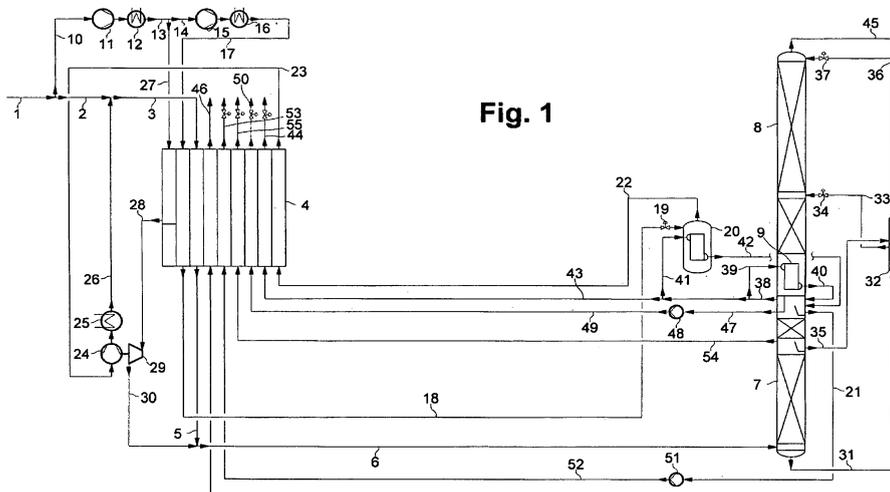


Fig. 1

EP 2 015 013 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von gasförmigem 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 Zweisäulensystem (zum Beispiel als klassisches Linde-Doppelsäulensystem), oder auch als Drei- oder Mehrsäulensystem ausgebildet sein. Zusätzlich zu den Kolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung können weitere Vorrichtungen zur Gewinnung anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen vorgesehen sein, beispielsweise eine Argon- oder eine Krypton-Xenon-Gewinnung.

[0004] Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren, in dem mindestens ein gasförmiges Druckprodukt gewonnen wird, indem ein flüssiger Produktstrom aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht und unter diesem erhöhten Druck durch indirektem Wärmeaustausch verdampft oder (bei überkritischem Druck) pseudo-verdampft wird. Derartige 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 2535132 (= 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.

[0005] Im Wärmeaustausch mit dem (pseudo-)verdampfenden Produktstrom wird meistens ein Teil der Einsatzluft (hier "erster Luftstrom" genannt) kondensiert beziehungsweise pseudo-kondensiert und nach Entspannung in einem Drosselventil oder einer Flüssigturbine flüssig in die Hochdrucksäule und/oder die Niederdrucksäule des Destilliersäulen-Systems eingespeist.

Diese flüssig zugespeiste Luft vermindert die Menge an dampfförmiger Luft, die in der Hochdrucksäule vorzerlegt wird und schwächt dadurch die Rektifikation. Insbesondere fällt bei der Rektifikation eine - im Vergleich zu Verfahren mit gasförmiger Einspeisung der Gesamtluft - geringere Menge flüssigen Stickstoffs an, der als Rücklauf-
5 flüssigkeit in Hochdrucksäule und Niederdrucksäule benötigt wird. Dies ist insbesondere bei Verfahren mit erhöhtem Betriebsdruck (5,5 bis 15 bar, vorzugsweise 8 bis 10 bar am Kopf der Hochdrucksäule und 1,3 bis 6 bar, vorzugsweise 3 bis 4 bar am Kopf der Niederdrucksäule) spürbar, die beispielsweise bei integrierten Systemen mit Kohle-, Schweröl- oder Biomassevergasung und Verbrennung des bei der Vergasung erzeugten
10 Brennstoffs in der Brennkammer eines Gasturbinensystems eingesetzt werden. Hier lassen sich die regelmäßig benötigten Produktreinheiten nicht mehr ohne zusätzliche Maßnahmen erreichen. Als derartige zusätzliche Maßnahmen wurde bereits ein Prozess mit Sumpfausheizung der Hochdrucksäule (EP 1750074 A1) vorgeschlagen. EP 752566 B1 schlägt ein Verfahren mit Neben-
15 kondensator zur Verflüssigung von Kopfstickstoff der Hochdrucksäule und Rückführung der dabei verdampften Luft zu einer Zwischenstufe des Hauptluftverdichters vor und wird hier als nächstliegender Stand der Technik betrachtet.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein derartiges Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung wirtschaftlich besonders günstig zu gestalten.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorzugsweise wird die gesamte im Rahmen der Innenverdichtung kondensierte Luft bei dem indirekten Wärmeaustausch mit dem gasförmigen Strom aus dem oberen Abschnitt der Hochdrucksäule verdampft. Die verdampfte Luft wird insbesondere in dem Hauptwärmetauscher angewärmt, in dem auch die Einsatzluft abgekühlt und der Produktstrom (pseudo-) verdampft und angewärmt wird. Anschließend wird sie separat in dem Rückverdichter auf einen geeigneten Druck
30 gebracht, um sie in die Luftleitung einzuspeisen. Die rückverdichtete Luftmenge nimmt nun an der Rektifikation in der Hochdrucksäule teil.

[0008] Der gasförmige Strom wird vorzugsweise durch Stickstoff vom Kopf der Hochdrucksäule gebildet. Dieser wird gegen die verdampfende Luft kondensiert und kann in Hochdrucksäule und/oder Niederdrucksäule als Rücklauf eingesetzt werden. In der Hochdrucksäule verbleibt damit so viel Rücklauf, dass die Zusatzluftmenge auf eine hohe N₂-Reinheit in der Hochdrucksäule rektifiziert werden kann. Der Rest dient als zusätzlicher Rücklauf in der Niederdrucksäule und verbessert so die dortige Rektifikation.

[0009] Vorzugsweise wird der indirekte Wärmeaustausch des ersten Luftstroms mit dem gasförmigen Strom aus dem oberen Abschnitt der Hochdrucksäule in einem Neben-
35 kondensator durchgeführt. Unter einem "Neben-kondensator" wird hier ein von anderen Wärmetauschern getrennter Kondensator-Verdampfer verstanden, durch

den keine weiteren Fluide strömen.

[0010] Besonders günstig ist es, wenn bei dem Verfahren der Erfindung ein zweiter Luftstrom, der durch einen Teil des Einsatzluftstroms gebildet wird, arbeitsleistend entspannt wird und mindestens ein Teil der dabei erzeugten mechanischen Energie zum Antrieb des Rückverdichters genutzt wird. Damit braucht für die Rückverdichtung des ersten Luftstroms keine Energie importiert zu werden, wie es bei einem Motorantrieb oder bei der aus EP 752566 B1 bekannten Rückverdichtung im Hauptluftverdichter der Fall wäre.

[0011] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Erzeugung von gasförmigem Druckprodukt durch Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß Patentanspruch 7.

[0012] Weitere bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den übrigen abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0013] 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 des erfindungsgemäßen Verfahrens mit Antrieb des Rückverdichters durch eine Mitteldruckturbine,
 Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel mit zweistufiger Rückverdichtung
 Figur 3 ein drittes Ausführungsbeispiel, bei der die Turbine mit dem hohen Druck als Eintrittsdruck betrieben wird,
 Figur 4 ein viertes Ausführungsbeispiel mit Argongewinnung,
 Figur 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel mit extern angetriebenem Rückverdichter und
 Figur 6 ein sechstes Ausführungsbeispiel mit Einblaseturbine.

[0014] Einander entsprechende Verfahrensschritte sind in den Zeichnungen mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0015] Der Hauptluftverdichter ist in Figur 1 nicht dargestellt, ebenso wenig die nachfolgende Reinigungsvorrichtung. Der im Hauptluftverdichter auf einen zweiten Druck von 5,5 bis 15 bar, vorzugsweise etwa 9 bar verdichtete und anschließend verdichtete Einsatzluftstrom 1 wird zu einem ersten Teil 2 als Direktluftstrom über die Leitungen 3, 5, 6 und den Hauptwärmetauscher 4 in die Hochdrucksäule 7 eines Destilliersäulen-Systems eingeleitet, das außerdem eine Niederdrucksäule 8 und einen Hauptkondensator 9 aufweist. Die Betriebsdrücke betragen 5,5 bis 15 bar, vorzugsweise etwa 9 bar in der Hochdrucksäule und 1,3 bis 6 bar, vorzugsweise etwa 3,5 bar in der Niederdrucksäule (jeweils am Kopf).

[0016] Ein zweiter Teil 10 des Einsatzluftstroms 1 wird in einem ersten Nachverdichter 11 mit Nachkühler 12 auf einen zweiten Druck von 30 bis 50 bar, vorzugsweise

etwa 40 bar nachverdichtet. Ein Teil 14 der auf den zweiten Druck nachverdichteten Luft bildet den "ersten Luftstrom". Dieser wird in einem zweiten Nachverdichter 15 mit Nachkühler 16 weiter auf einen dritten Druck (den "hohen Druck") von 40 bis 80 bar, vorzugsweise etwa 60 bar verdichtet. Über Leitung 17 wird der erste Luftstrom zum warmen Ende des Hauptwärmetauschers 4 geleitet dort abgekühlt und (pseudo-)kondensiert. Die kalte Hochdruckluft 18 wird nach Drosselentspannung auf 3,5 bis 9,5 bar, vorzugsweise etwa 6 bar in einem Nebenkondensator 20 vollständig verdampft und über Leitung 22 zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 4 zurückgeleitet. Der angewärmte erste Luftstrom wird erfindungsgemäß in einem Rückverdichter 24 mit Nachkühler 25 auf den ersten Druck rückverdichtet und mit dem Direktluftstrom 2 vereinigt.

[0017] Ein anderer Teil 27 der Luft 13 unter dem zweiten Druck bildet den "zweiten Luftstrom". Dieser wird im Hauptwärmetauscher 4 nur auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und strömt anschließend über Leitung 28 einer Entspannungsmaschine 29 zu, die in dem Ausführungsbeispiel als Turbo-Expander ausgebildet ist. Dort wird er arbeitsleistend auf etwa den ersten Druck entspannt. Der entspannte zweite Luftstrom 30 strömt gemeinsam mit dem Direktluftstrom 5 über Leitung 6 zur Hochdrucksäule 7.

[0018] Vom Sumpf der Hochdrucksäule 7 wird flüssiger Rohsauerstoff 31 abgezogen, in einem Unterkühlungs-Gegenströmer 32 abgekühlt und über Leitung 33 und Drosselventil 34 der Niederdrucksäule 8 an einer Zwischenstelle aufgegeben. Flüssiger Unrein-Stickstoff 35 wird der Hochdrucksäule 7 an einer Zwischenstelle entnommen, ebenfalls im Unterkühlungs-Gegenströmer 32 abgekühlt und über Leitung 36 und Drosselventil 37 auf den Kopf der Niederdrucksäule 7 aufgegeben.

[0019] Gasförmiger Kopfstickstoff 38 der Niederdrucksäule 8 wird zu einem ersten Teil 39 im Hauptkondensator im Wesentlichen vollständig kondensiert. Das dabei gebildete Kondensat wird über Leitung 40 zum Kopf der Hochdrucksäule zurückgeleitet. Ein zweiter Teil 41 wird in dem Nebenkondensator in indirektem Wärmeaustausch mit dem ersten Luftstrom im Wesentlichen vollständig kondensiert. Das dabei gebildete Kondensat wird über Leitung 42 zum Kopf der Hochdrucksäule zurückgeleitet. Ein dritter Teil 43 des gasförmigen Kopfstickstoffs 38 der Hochdrucksäule 7 wird im Hauptwärmetauscher 4 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und über Leitung 44 als gasförmiges Stickstoffprodukt unter Mitteldruck abgegeben.

[0020] Über Leitung 45 wird gasförmiger Unreinstickstoff vom Kopf der Niederdrucksäule 8 abgezogen und nach Anwärmung im Unterkühlungs-Gegenströmer 32 und im Hauptwärmetauscher 4 über Leitung 46 abgezogen. Er kann beispielsweise in einem Verdunstungskühler oder in der nicht dargestellten Reinigungsvorrichtung als Regeneriergas genutzt werden.

[0021] Flüssiger Sauerstoff 47 wird als "flüssiger Produktstrom" aus dem Sumpf der Niederdrucksäule abge-

zogen, in einer Sauerstoff-Pumpe 48 auf einen Druck von 50 bis 100 bar, vorzugsweise etwa 30 bar gebracht, über Leitung 49 zum Hauptwärmetauscher 4 geführt, dort (pseudo-)verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 50 als gasförmiger Produktstrom abgezogen.

[0022] Zusätzlich zu dieser Sauerstoff-Innenverdichtung weist das System des Ausführungsbeispiels auch eine Stickstoff-Innenverdichtung auf. Hierbei wird flüssiger Stickstoff 21 vom Kopf der Hochdrucksäule 7 (oder alternativ aus dem Hauptkondensator 9) als weiterer "flüssiger Produktstrom" abgezogen, in einer Stickstoff-Pumpe 51 auf einen Druck von 50 bis 30 bar, vorzugsweise etwa 100 bar gebracht, über Leitung 52 zum Hauptwärmetauscher 4 geführt, dort

(pseudo-)verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich über Leitung 53 als weitere gasförmiger Produktstrom abgezogen.

[0023] Zusätzlich wird der Hochdrucksäule 7 über Leitung 54 gasförmiger Unreinstickstoff entnommen, angewärmt und über Leitung 55 abgezogen.

[0024] Die Entspannungsmaschine 29 und der Rückverdichter 24 sind mechanisch über eine gemeinsame Well gekoppelt.

[0025] Bei niedrigeren Prozessdrücken, zum Beispiel 5,5 bis 9 bar, vorzugsweise etwa 8 bar in der Hochdrucksäule 7, reicht die Nachverdichtung in dem als Turbinen-Booster ausgebildeten ersten Rückverdichter 24 nicht mehr aus. In diesem Fall wird - wie in Figur 2 dargestellt - ein zweiter Rückverdichter 124 mit Nachkühler 125 nachgeschaltet, um den verdampften ersten Luftstrom 23 auf den ersten Druck zu bringen, der in den Leitungen 1 und 2 herrscht.

[0026] Figur 2 unterscheidet sich außerdem durch die Leitung 156 mit Drosselventil 157 von Figur 1. Hierdurch wird zusätzlich zu dem ersten Luftstrom 18 ein Teil des flüssigen Rohsauerstoffs vom Sumpf der Hochdrucksäule 7 in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators 20 geleitet. Hierdurch kann entsprechend mehr Stickstoff 41/42 kondensiert werden.

[0027] Figur 3 beruht auf Figur 1 und zeigt außerdem die zweistufige Rückverdichtung 24/124 von Figur 2. Außerdem wird hier der gesamte Luftstrom 10 in dem Nachverdichter 11 auf den hohen Druck verdichtet. Die Aufteilung von Turbinenluft 128 und erstem Luftstrom 18 wird erste bei der Zwischentemperatur des Hauptwärmetauschers 4 durchgeführt. Hierdurch ergibt sich ein entsprechend höherer Eintrittsdruck an der Entspannungsmaschine 29.

[0028] Figur 4 beruht auf Figur 2 und weist außerdem eine Rohargonsäule 458 als erste Stufe einer Argongewinnung auf. Außerdem wird über die Leitungen 459 und 460 flüssiger Sauerstoff aus dem Sumpf der Niederdrucksäule 8 als Flüssigprodukt (LOX) abgezogen. Der flüssige Rücklauf 435, 436, 437 für die Niederdrucksäule 8 wird hier vom Kopf der Hochdrucksäule 7 abgezogen. Entsprechend wird gasförmiger Unreinstickstoff 445/446 hier von einer Zwischenstelle der Niederdruck-

säule 8 entnommen. Der reine Kopfstickstoff 461 der Niederdrucksäule 8 wird ebenfalls angewärmt und über Leitung 462 als Produkt abgezogen.

[0029] Figur 5 weicht dadurch von Figur 4 ab, dass der Rückverdichter 524 nicht mit der Entspannungsmaschine 29 gekoppelt ist, sondern extern angetrieben wird. Der Rückverdichter 524 ist hier vorzugsweise zweistufig ausgebildet. Der Turbinen-Booster 563 wird hier zur weiteren Erhöhung des Drucks im zweiten Luftstrom 27, dem Turbinenluftstrom, eingesetzt.

[0030] Die Entspannungsmaschine 629 der Figur 6 entspannt auf etwa den Betriebsdruck der Niederdrucksäule. Der arbeitsleistend entspannte zweite Luftstrom 630 wird in die Niederdrucksäule 8 eingeleitet. Im Übrigen stimmt das Verfahren der Figur 6 mit demjenigen der Figur 4 überein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von gasförmigem Druckprodukt durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System, das mindestens eine Hochdrucksäule (7) und eine Niederdrucksäule (8) aufweist, bei dem

- ein Einsatzluftstrom in einem Hauptluftverdichter verdichtet wird,
- mindestens ein Teil des verdichteten Einsatzluftstroms (1) in die Hochdrucksäule (7) eingeleitet (6) wird,
- ein erster Luftstrom (10, 13, 14, 17, 18), der mindestens durch einen Teil des. Einsatzluftstroms (1) gebildet wird, auf einen hohen Luftdruck verdichtet (11, 15, 111) wird, der mindestens 1 bar oberhalb des Betriebsdrucks der Hochdrucksäule (7) liegt,
- ein flüssiger Produktstrom (21, 47) aus dem Destilliersäulen-System entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (48, 51) und unter diesem erhöhten Druck durch indirekten Wärmeaustausch (4) mit dem ersten Luftstrom (17) verdampft oder pseudo-verdampft und schließlich als gasförmiger Produktstrom (50, 53) abgezogen wird,
- wobei der erste Luftstrom (17) bei dem indirekten Wärmeaustausch (4) kondensiert oder pseudo-kondensiert wird,
- der erste Luftstrom (18) stromabwärts des indirekten Wärmeaustauschs (4) mit dem flüssig auf Druck gebrachten Produktstrom (49, 52) in indirektem Wärmeaustausch (20) mit einem gasförmigen Strom (41) aus dem oberen Abschnitt der Hochdrucksäule (7) verdampft wird,
- und der verdampfte erste Luftstrom (22) in den Einsatzluftstrom (1, 2) zurückgeführt (23, 26) wird,

- dadurch gekennzeichnet, dass** der verdampfte erste Luftstrom (23) stromaufwärts seiner Rückführung in den Einsatzluftstrom in einem Rückverdichter (24, 124, 524) verdichtet wird.
- 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der verdampfte erste Luftstrom (22, 23) stromaufwärts des Rückverdichters (24) angewärmt (4) wird.
- 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der indirekte Wärmeaustausch (20) des ersten Luftstroms (18) mit dem gasförmigen Strom (41) aus dem oberen Abschnitt der Hochdrucksäule (7) in einem Nebenkondensator durchgeführt wird.
- 15
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gasförmige Strom (41) aus dem oberen Abschnitt der Hochdrucksäule (7) bei dem indirekten Wärmeaustausch (20) mit dem ersten Luftstrom (18) mindestens teilweise kondensiert wird und das dabei erzeugte Kondensat (42) mindestens teilweise als Rücklauf in die Hochdrucksäule (7) und/oder in die Niederdrucksäule (8) eingespeist wird.
- 20
- 25
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zweiter Luftstrom (27, 28), der durch einen Teil des Einsatzluftstroms (1) gebildet wird, arbeitsleistend entspannt (29, 629) wird und mindestens ein Teil der dabei erzeugten mechanischen Energie zum Antrieb des Rückverdichters (24) genutzt wird.
- 30
- 35
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der arbeitsleistend entspannte zweite Luftstrom (30) mindestens teilweise in die Hochdrucksäule (7) eingeleitet (6) wird.
- 40
7. Vorrichtung zur Erzeugung von gasförmigem Druckprodukt durch Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Destilliersäulen-System, das mindestens eine Hochdrucksäule (7) und eine Niederdrucksäule (8) aufweist,
- 45
- mit einem Hauptluftverdichter zum Verdichten eines Einsatzluftstroms,
 - mit Mitteln (6) zum Einleiten mindestens ein Teil des verdichteten Einsatzluftstroms (1) in die Hochdrucksäule (7),
 - mit einem Nachverdichter (11, 15, 111) zum Nachverdichten eines ersten Luftstroms (10,13,14,17,18}, der mindestens durch einen Teil des Einsatzluftstroms (1) gebildet wird, auf einen hohen Luftdruck, der mindestens 1 bar oberhalb des Betriebsdrucks der Hochdrucksäule (7) liegt,
- 50
- 55
- mit Mitteln zum Entnehmen eines flüssigen Produktstroms (21, 47) aus dem Destilliersäulen-System entnommen, zur Druckerhöhung (48, 51) in flüssigem Zustand und zur Verdampfung oder Pseudo-Verdampfung durch indirekten Wärmeaustausch (4) mit dem ersten Luftstrom (17) und mit einer Gasproduktleitung (50, 53) zum Abziehen des verdampften Produktstroms als gasförmiger Produktstrom,
 - wobei die Mittel zur Verdampfung oder Pseudo-Verdampfung durch indirekten Wärmeaustausch (4) als Mittel zum Kondensieren oder Pseudo-Kondensieren des ersten Luftstroms (17) ausgebildet sind,
 - mit Mitteln (20) zum Verdampfen des ersten Luftstrom (18) stromabwärts des indirekten Wärmeaustauschs (4) mit dem flüssig auf Druck gebrachten Produktstrom (49, 52) in indirektem Wärmeaustausch (20) mit einem gasförmigen Strom (41) aus dem oberen Abschnitt der Hochdrucksäule (7),
 - und mit einer Rückführlleitung (23, 26) zum Rückführen des verdampften ersten Luftstroms (22) in den Einsatzluftstrom (1, 2),
- gekennzeichnet durch** einem Rückverdichter (24, 124, 524) zum Verdichten des verdampften ersten Luftstroms (23) stromaufwärts seiner Rückführung in den Einsatzluftstrom.

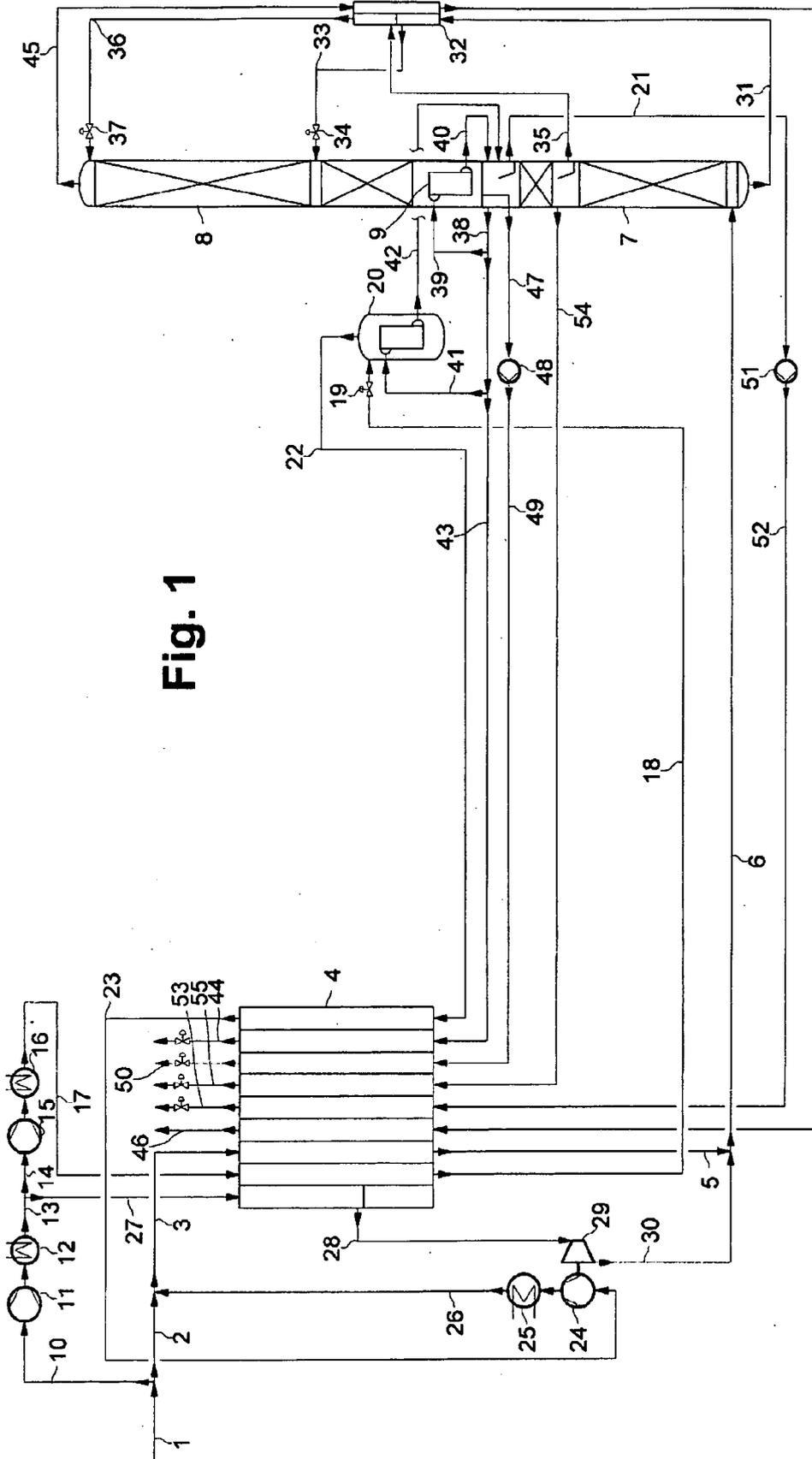


Fig. 1

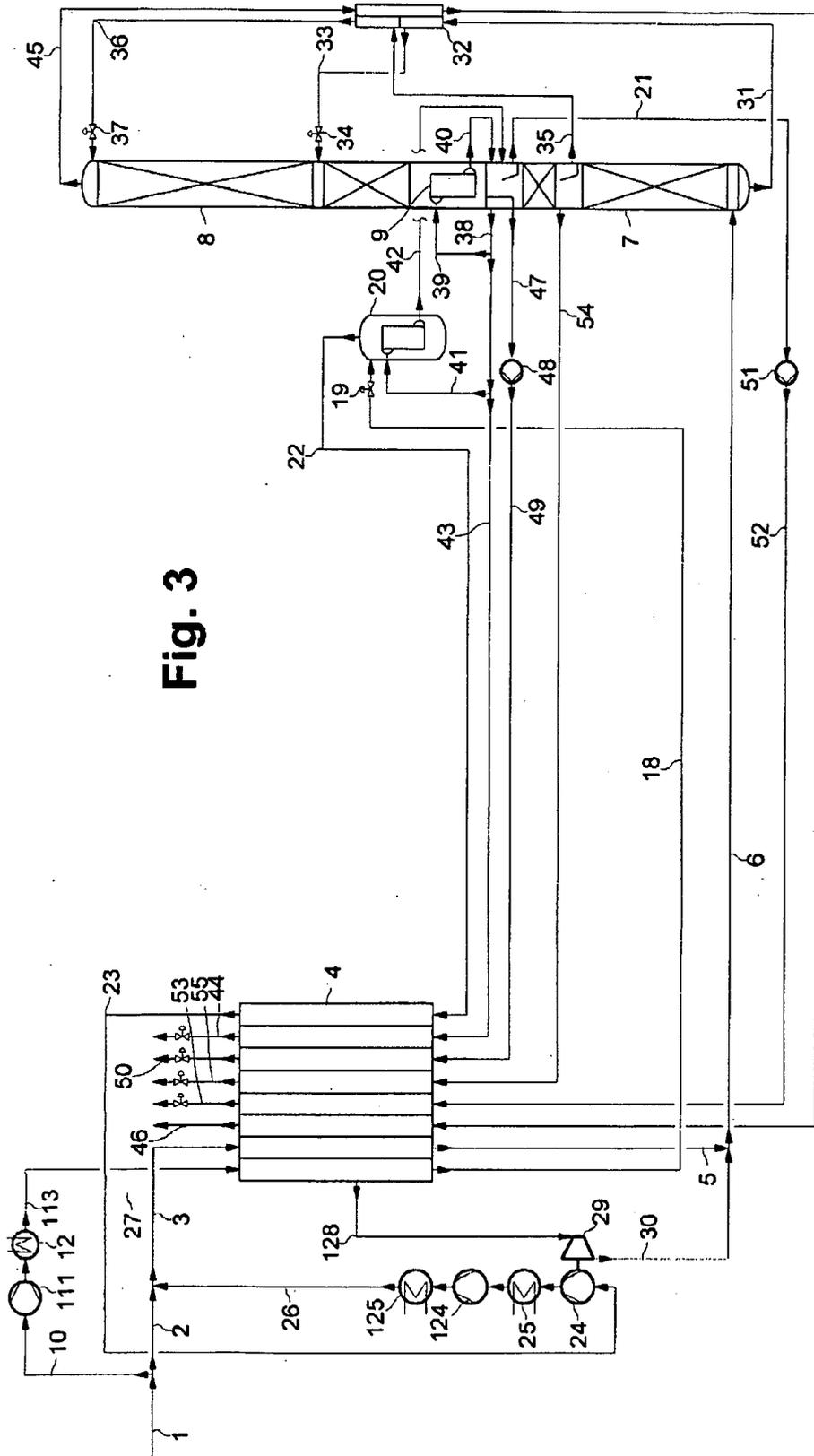


Fig. 3

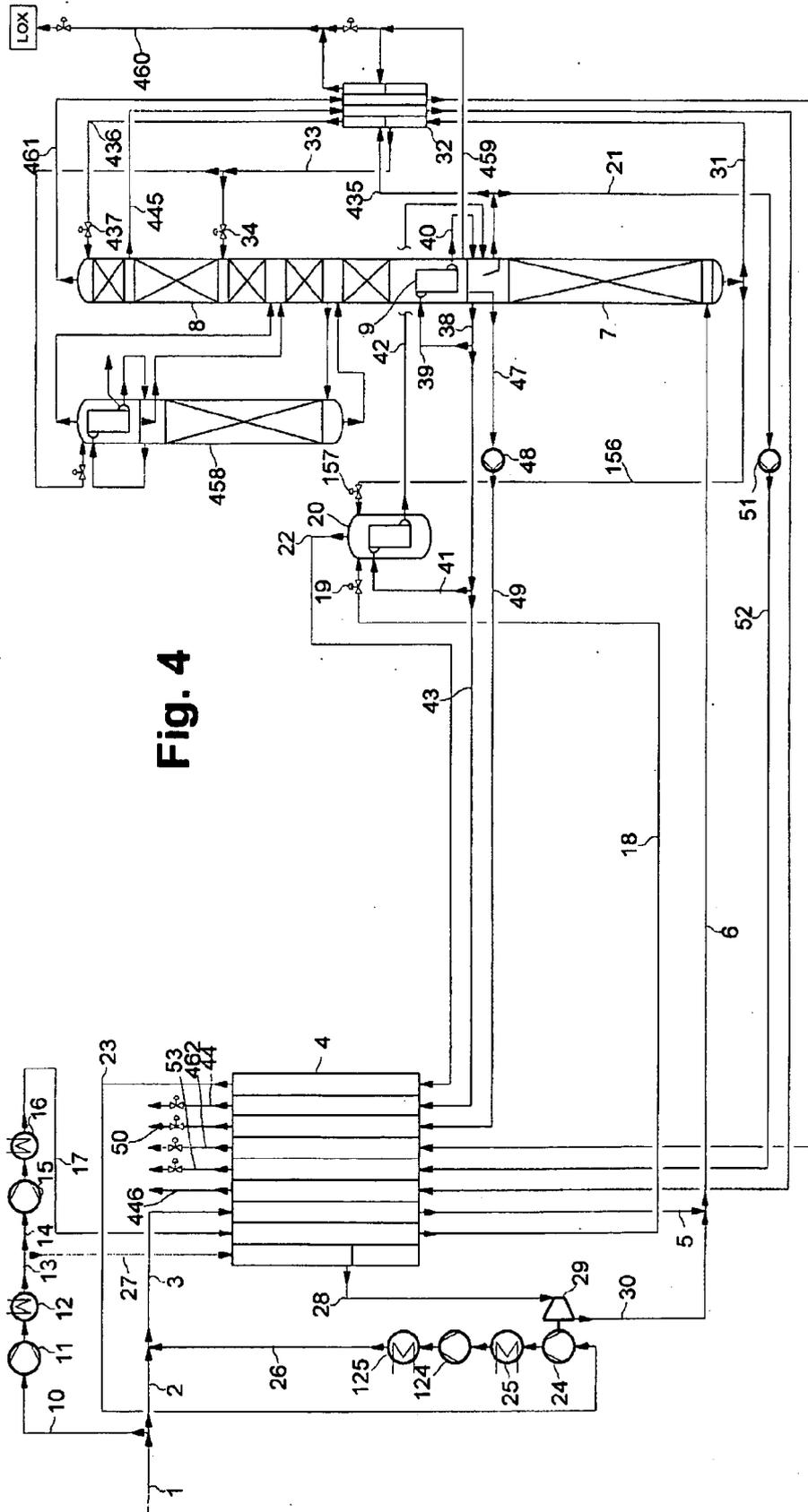


Fig. 4

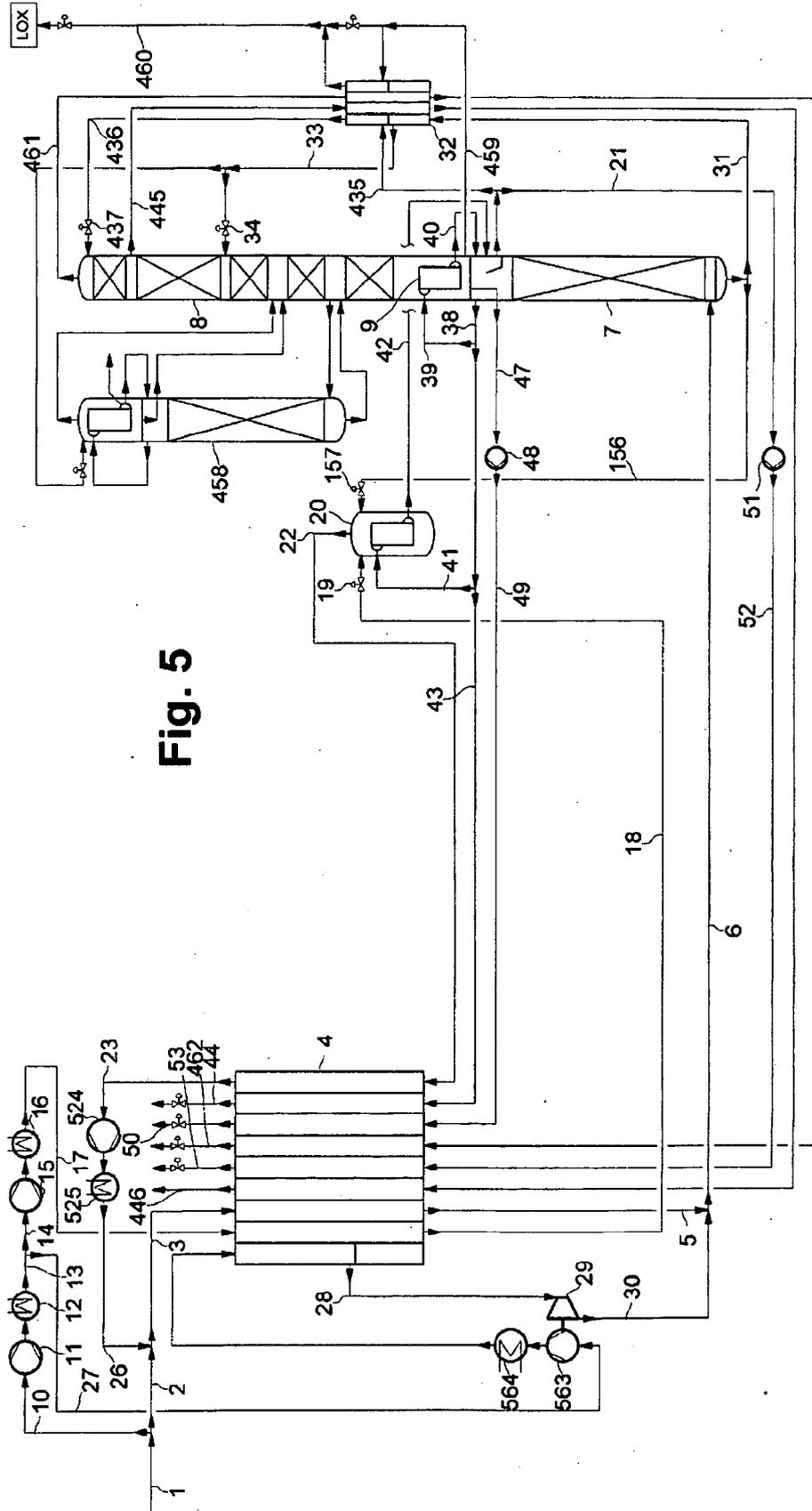


Fig. 5

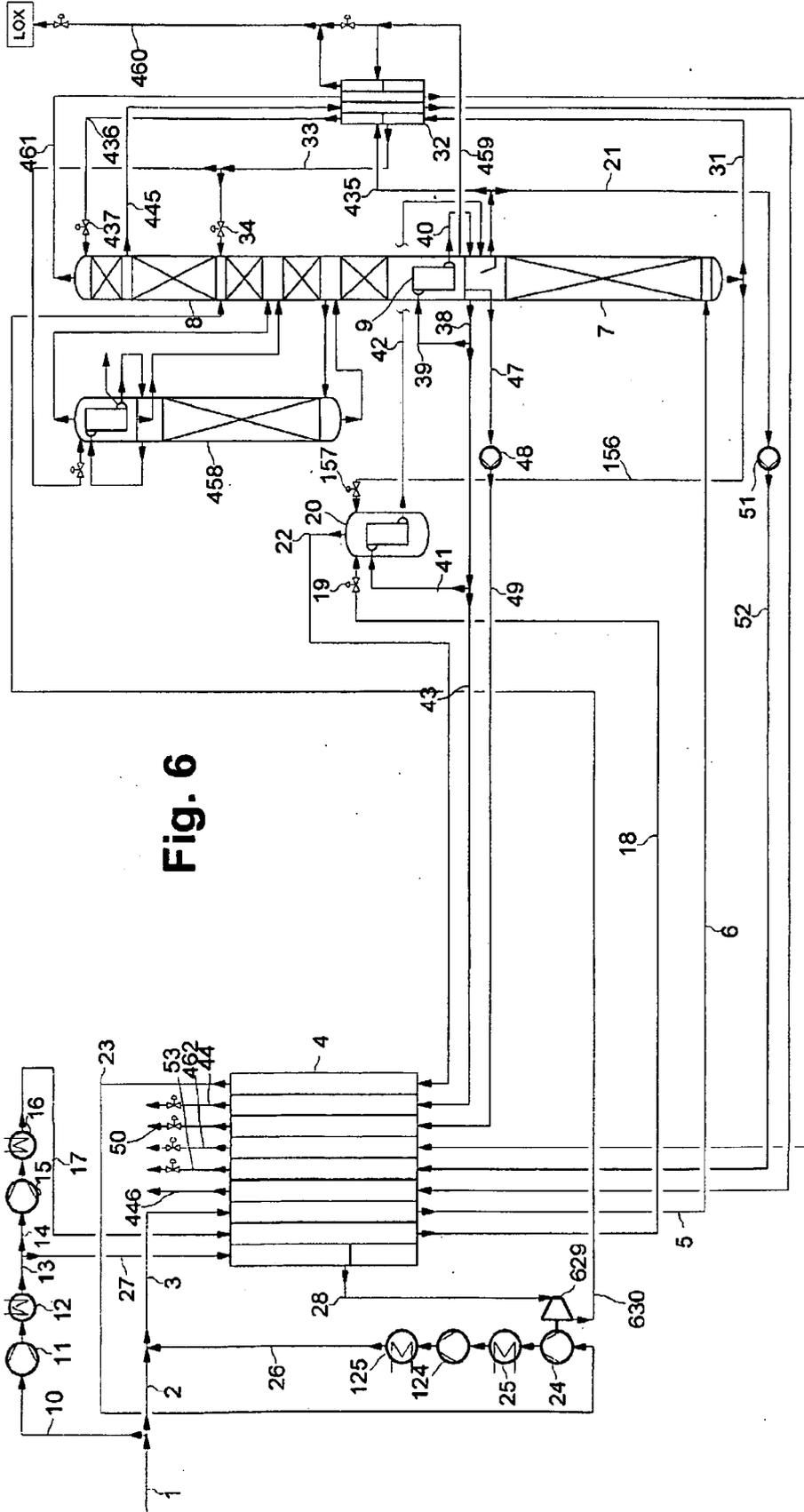


Fig. 6

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 [0004]
- DE 901542 [0004]
- US 2712738 A [0004]
- US 2784572 A [0004]
- DE 952908 [0004]
- DE 1103363 [0004]
- US 3083544 A [0004]
- DE 1112997 [0004]
- US 3214925 A [0004]
- DE 1124529 [0004]
- DE 1117616 [0004]
- US 3280574 A [0004]
- DE 1226616 [0004]
- US 3216206 A [0004]
- DE 1229561 [0004]
- US 3222878 A [0004]
- DE 1199293 [0004]
- DE 1187248 [0004]
- US 3371496 A [0004]
- DE 1235347 [0004]
- DE 1258882 [0004]
- US 3426543 A [0004]
- DE 1263037 [0004]
- US 3401531 A [0004]
- DE 1501722 [0004]
- US 3416323 A [0004]
- DE 1501723 [0004]
- US 3500651 A [0004]
- DE 2535132 [0004]
- US 4279631 A [0004]
- DE 2646690 [0004]
- EP 93448 B1 [0004]
- US 4555256 A [0004]
- EP 384483 B1 [0004]
- US 5036672 A [0004]
- EP 505812 B1 [0004]
- US 5263328 A [0004]
- EP 716280 B1 [0004]
- US 5644934 A [0004]
- EP 842385 B1 [0004]
- US 5953937 A [0004]
- EP 758733 B1 [0004]
- US 5845517 A [0004]
- EP 895045 B1 [0004]
- US 6038885 A [0004]
- DE 19803437 A1 [0004]
- EP 949471 B1 [0004]
- US 6185960 B1 [0004]
- EP 955509 A1 [0004]
- US 6196022 B1 [0004]
- EP 1031804 A1 [0004]
- US 6314755 B [0004]
- DE 19909744 A1 [0004]
- EP 1067345 A1 [0004]
- US 6336345 B [0004]
- EP 1074805 A1 [0004]
- US 6332337 B [0004]
- DE 19954593 A1 [0004]
- EP 1134525 A1 [0004]
- US 6477860 B [0004]
- DE 10013073 A1 [0004]
- EP 1139046 A1 [0004]
- EP 1146301 A1 [0004]
- EP 1150082 A1 [0004]
- EP 1213552 A1 [0004]
- DE 10115258 A1 [0004]
- EP 1284404 A1 [0004]
- US 2003051504 A1 [0004]
- EP 1308680 A1 [0004]
- US 6612129 B2 [0004]
- DE 10213212 A1 [0004]
- DE 10213211 A1 [0004]
- EP 1357342 A1 [0004]
- DE 10238282 A1 [0004]
- EP 1750074 A1 [0005]
- EP 752566 B1 [0005] [0010]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

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