



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 357 342 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.10.2003 Patentblatt 2003/44

(51) Int Cl.7: **F25J 3/04**

(21) Anmeldenummer: **02011458.3**

(22) Anmeldetag: **24.05.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

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

(30) Priorität: **17.04.2002 DE 10217091**

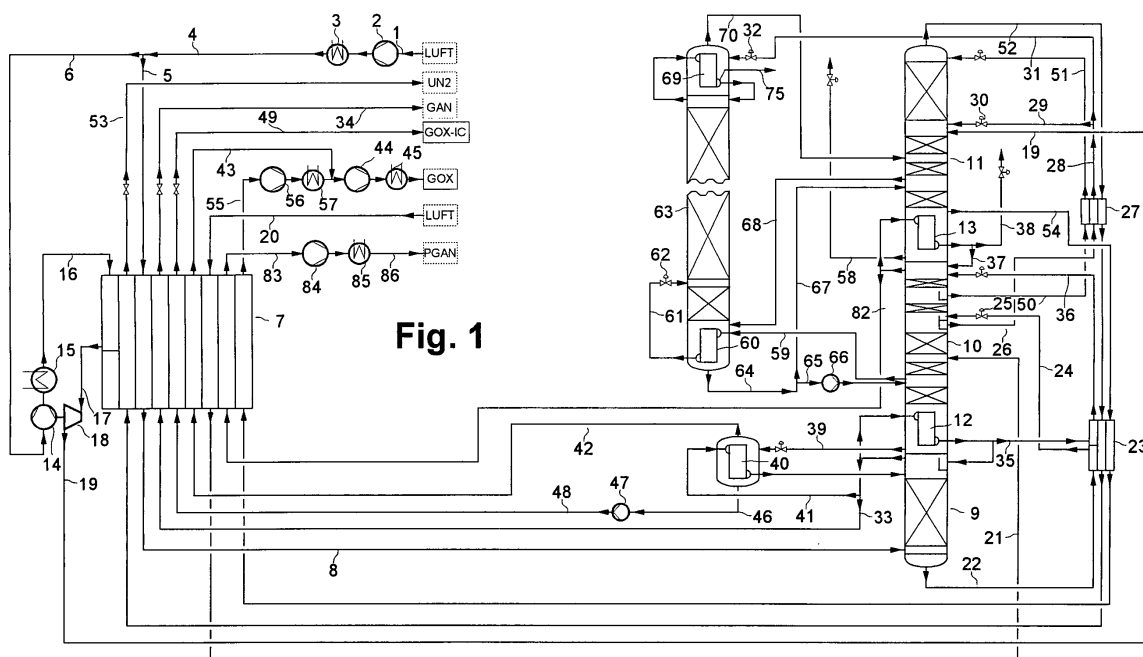
(74) Vertreter: **Gellner, Bernd, Dr.**
Linde Aktiengesellschaft,
Zentrale Patentabteilung
82049 Höllriegelskreuth (DE)

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft**
65189 Wiesbaden (DE)

(54) **Drei-Säulen-System zur Tieftemperaturzerlegung mit Argongewinnung**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Tieftemperatur-Luftzerlegung von Luft in einem Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Hochdrucksäule (9), eine Niederdrucksäule (11) und eine Mitteldrucksäule (10) aufweist und außerdem mit einer Rohargonsäule (63) verbunden ist. Mindestens ein Einsatzluftstrom wird in das Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet (8, 19, 21). Der Niederdrucksäule (11) wird mindestens ein Sauerstoff-

oder Stickstoff-Produktstrom (52, 54, 58) entnommen. Mindestens ein erster argonangereicherter Strom (59, 61) wird dem Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung entnommen und der Rohargonsäule (63) zugeleitet. Der Rohargonsäule (63) wird eine argonreiche Fraktion 75 entnommen, deren Argongehalt größer als derjenige des ersten argonangereicherten Stroms (59, 61) ist. Der erste argonangereicherte Strom (59, 61) wird aus der Mitteldrucksäule (10) entnommen.



EP 1 357 342 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft mit den Merkmalen (a) bis (d) des Patentanspruchs 1.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft sind allgemein aus Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985, Kapitel 4 (Seiten 281 bis 337) bekannt. Bei dem vorliegenden Verfahren wird zusätzlich zu der Hochdrucksäule und der Niederdrucksäule eines klassischen 2-Säulen-Systems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eine Mitteldrucksäule eingesetzt, die unter einem Druck betrieben wird, der zwischen den Betriebsdrücken von Hochdrucksäule und Niederdrucksäule liegt (siehe auch Plank, Handbuch der Kältetechnik, 8. Band, 1957, Seite 194/195). Als Einsatzfraktion für die Mitteldrucksäule dient entweder mindestens ein Teil einer sauerstoffangereicherten Flüssigkeit aus der Hochdrucksäule oder ein Teilstrom der Einsatzluft oder beides. Die Mitteldrucksäule kann mit einem Sumpfordampfer und/oder mit einem Kopfkondensator ausgerüstet sein. Kopf- und/oder Sumpfprodukte der Mitteldrucksäule werden üblicherweise der Niederdrucksäule zugespeist und/oder als Produkt unter Zwischendruck abgezogen.

[0003] Drei-Säulen-Luftzerleger-Systeme sind außerdem bekannt aus DE 1041989 (=US 3091094), DE 1065867 (=US 3100696), US 3490246, DE 2903089 (=US 4356013), EP 768503 B1 (=US 5730004) und EP 949471 A1 (=US 6185960). Auch die noch zu veröffentlichenden Anmeldungen DE 10052180 A1 (und korrespondierende EP-Anmeldung 01103828.8), DE 10103968 A1 (und korrespondierende Anmeldungen), DE 10103957 A1 (und korrespondierende Anmeldungen) betreffen derartige Drei-Säulen-Verfahren.

[0004] Ein Drei-Säulen-Verfahren mit Argongewinnung der eingangs genannten Art ist aus DE 19609490 (=US 5669237), Figur 8 bekannt. Die Rohargonsäule ist hier - analog zu einem Zwei-Säulen-System mit Hochdrucksäule und Niederdrucksäule - als Seitenkolonne zu der Niederdrucksäule ausgebildet. Diese Verbindung zwischen Niederdrucksäule und Rohargonsäule ist auch bei den Drei-Säulen-Prozessen der nicht vorveröffentlichten Anmeldungen DE 10113791 A1 und DE 10113790 A1 realisiert.

[0005] Als "argonangereicht" wird hier eine Fraktion bezeichnet, wenn ihr Argongehalt höher als derjenige der atmosphärischen Luft ist und beispielsweise 3 bis 14 mol-%, vorzugsweise 5 bis 14 mol-% beträgt.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein derartiges 3-Säulen-System anzugeben, das eine besonders effiziente Argongewinnung ermöglicht.

[0007] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der erste argonangereicherte Strom, der als Einsatz für die Rohargonsäule dient, aus der Mitteldrucksäule entnommen wird.

[0008] Auch in der Mitteldrucksäule bildet sich an einer Zwischenstelle eine relativ hohe Argonkonzentration (der "Argonbauch") aus. Diese Argon-Anreicherung wird im Rahmen der Erfindung zur Argongewinnung genutzt, indem mindestens ein Teil des Einsatzes der Rohargonsäule von ungefähr dieser Zwischenstelle der Mitteldrucksäule abgezogen wird.

[0009] Diese argonangereicherte Fraktion steht unter einem höherem Druck als die Niederdrucksäule (etwa 5,5 bar, wenn die Niederdrucksäule unter etwa Atmosphärendruck betrieben wird) und enthält damit ferner ein Druckpotential, das im Rahmen der Erfindung für die Verbesserung der Argongewinnung zu Verfügung steht.

[0010] Das Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung kann bei der Erfindung durch jede Art von Drei- oder Mehr-Säulen-System gebildet werden, beispielsweise durch einen reinen Gasapparat, eine Innenverdichtungsanlage oder eine Flüssiganlage (gegebenenfalls mit Zwei- oder Mehr-Turbinen-Luft- oder -Stickstoff-Kreislauf).

[0011] Zusätzlich kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die übliche Verbindung zwischen Niederdrucksäule und Rohargonsäule bestehen, über die ein zweiter argonangereicherter Strom aus der Niederdrucksäule abgezogen und in die Rohargonsäule eingeleitet wird. Durch die gleichzeitige Ausnutzung der Argon-Anreicherung in Mitteldrucksäule und Niederdrucksäule lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Argongewinnung weiter erhöhen.

[0012] Die Sumpfflüssigkeit der Rohargonsäule wird mindestens teilweise in die Mitteldrucksäule zurückgeführt. Da die Rohargonsäule bei der Erfindung in der Regel unter einem Druck betrieben wird, der niedriger als der Mitteldrucksäulendruck (und beispielsweise etwa gleich dem Niederdrucksäulendruck) ist, wird für die Rückführung der Rohargonsäulen-Sumpfflüssigkeit im Allgemeinen eine Flüssigpumpe eingesetzt.

[0013] Eine Möglichkeit, das oben erwähnte Druckpotential einzusetzen, das im Rahmen der Erfindung zur Verfügung steht, besteht darin, dass mindestens ein Teil des ersten argonangereicherten Stroms stromaufwärts der Einleitung in die Rohargonsäule in einem Kondensator-Verdampfer mindestens teilweise kondensiert wird. Der Kondensator-Verdampfer ist vorzugsweise als Zwischen- oder Sumpfordampfer der Rohargonsäule ausgebildet, indem dort ein Teil einer Flüssigkeit aus der Rohargonsäule, insbesondere ein Teil deren Sumpfflüssigkeit, verdampft wird. Das Druckgefälle zwischen Mitteldrucksäule und Rohargonsäule wird somit zum Betreiben des Kondensator-Verdampfers ausgenutzt. Der erste argonangereicherte Strom wird zwischen Kondensator-Verdampfer und Einspeisung in die Mitteldrucksäule und/oder stromaufwärts des Kondensator-Verdampfers entspannt.

[0014] Die Einspeisung in die Rohargonsäule erfolgt vorzugsweise an einer Zwischenstelle, die beispielsweise 1 bis 8 theoretische Böden, vorzugsweise 2 bis 6 theoretische Böden oberhalb des Sumpfs der Rohargonsäule liegt, bei

einer Gesamtzahl von beispielsweise 45 bis 200 theoretische Böden, vorzugsweise 45 bis 180 theoretischen Böden in der Rohargonsäule. Falls zusätzlich ein zweiter argonangereicherter Strom aus der Niederdrucksäule herangeführt wird, erfolgt dessen Zuspaltung in die Rohargonsäule tiefer, beispielsweise unmittelbar über dem Sumpf.

[0015] Alternativ oder zusätzlich kann das oben erwähnte Druckpotential ausgenutzt werden, indem mindestens ein Teil des ersten argonangereicherten Stroms stromaufwärts der Einleitung in die Rohargonsäule arbeitsleistend entspannt und damit zur Erzeugung von Verfahrenskälte eingesetzt werden. Stromaufwärts der arbeitsleistenden Entspannung wird der Strom auf eine Zwischentemperatur angewärmt, vorzugsweise in indirektem Wärmeaustausch gegen Einsatzluft, beispielsweise im Hauptwärmetauscher.

[0016] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß Patentanspruch 7.

[0017] 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 der Erfindung mit Sumpfheizung der Rohargonsäule mit der Argonübergangs-Fraktion aus der Mitteldrucksäule,
 Figur 2 ein zweites Verfahren, bei dem die Argonübergangs-Fraktion aus der Mitteldrucksäule außerdem arbeitsleistend entspannt wird,
 Figur 3 ein drittes Beispiel ohne Sumpfheizung der Rohargonsäule,
 Figur 4 ein Verfahren mit direkter Einleitung der Argonübergangs-Fraktion aus der Mitteldrucksäule in die Rohargonsäule,
 Figuren 5 bis 9 verschiedene Varianten der Kältengewinnung bei einem Verfahren der Figur 1 (auch auf die Verfahren der Figuren 2 bis 4 anwendbar) und
 Figur 10 ein Prozess mit Zurückpumpen von Sauerstoff aus der Niederdrucksäule in die Mitteldrucksäule.

[0018] Bei dem Verfahren von **Figur 1** wird ein erster Einsatzluftstrom 1 in einem ersten Luftverdichter 2 mit Nachkühler 3 auf etwa den Betriebsdruck der unten beschriebenen Hochdrucksäule (plus Leitungsverluste) verdichtet. Der erste Luftstrom 4 verzweigt anschließend in einen Direktluftstrom 5 und einen Turbinenluftstrom 6. Die Direktluft 5 wird unmittelbar dem warmen Ende eines Hauptwärmetauschers 7 zugeführt und dort auf etwa Taupunkt abgekühlt. Die abgekühlte Direktluft 8 strömt ohne weitere druckverändernde Maßnahmen der Hochdrucksäule 9 zu.

[0019] Die Hochdrucksäule 9 ist Teil eines Rektifiziersystems zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das außerdem eine Mitteldrucksäule 10 und eine Niederdrucksäule 11 umfasst. Ihre Betriebsdrücke betragen (jeweils am Kopf):

Hochdrucksäule.....	14,5 bis 17 bar, beispielsweise etwa 15 bar
Mitteldrucksäule	5 bis 6 bar, beispielsweise etwa 5,5 bar
Niederdrucksäule	1,2 bis 1,5 bar, beispielsweise etwa 1,3 bar

[0020] Die Säulen stehen über einen ersten Hauptkondensator 12 zwischen Hochdrucksäule und Mitteldrucksäule beziehungsweise einen zweiten Hauptkondensator 13 zwischen Mitteldrucksäule und Niederdrucksäule in wärmetauschender Verbindung. In den Hauptkondensatoren wird auf bekannte Weise Kopfgas der jeweiligen unteren Säule in indirektem Wärmeaustausch mit verdampfender Sumpfflüssigkeit der jeweiligen oberen Säule kondensiert.

[0021] Der Turbinenluftstrom 6, 16 wird in einem Nachverdichter 14 mit Nachkühler 15 nachverdichtet, im Hauptwärmetauscher 7 auf eine Zwischentemperatur abgekühlt und über Leitung 17 der arbeitsleistenden Entspannung in einer Entspannungsmaschine (Einblaseturbine) 18 zugeleitet, die mechanisch mit dem Nachverdichter 14 gekoppelt ist. Die entspannte Turbinenluft 19 wird schließlich direkt in die Niederdrucksäule 11 eingeblasen.

[0022] Das Ausführungsbeispiel bezieht sich auf einen Anwendungsfall, in dem in begrenztem Umfang Luft bereits unter einem überatmosphärischen Druck zur Verfügung steht, beispielsweise dem Mitteldrucksäulendruck (plus Leitungsverluste). Ein solcher Luftstrom - beispielsweise aus einem gasturbinengetriebenen Verdichter oder aus anderer Quelle - strömt bei dem Ausführungsbeispiel als zweiter Einsatzluftstrom 20 dem warmen Ende des Hauptwärmetauschers zu, wird dort auf etwa Taupunkt abgekühlt und schließlich direkt der Mitteldrucksäule 10 zugeführt.

[0023] Sauerstoffangereicherte Flüssigkeit 22 wird vom Sumpf der Hochdrucksäule 9 abgezogen, in einem ersten Unterkühlungs-Gegenströmer 23 abgekühlt, über Leitung 24 und Drosselventil 25 in die Mitteldrucksäule eingeführt und dort zum ersten Teil einer weiteren Gegenstrom-Rektifikation unterworfen. Zu einem anderen Teil 26 wird er durch einen zweiten Unterkühlungs-Gegenströmer 27 weitergeleitet. Die unterkühlte sauerstoffangereicherte Flüssigkeit 28 unter Zwischendruck verzweigt in zwei Teile 29, 31, von denen einer über Ventil 30 in die Niederdrucksäule 11 eingedrosselt wird. Ein Teil 33 des gasförmigen Kopf-Stickstoffs der Hochdrucksäule 9 wird im Hauptwärmetauscher 7 auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und unter dem Druck der Hochdrucksäule als Produkt 34 (GAN) gewonnen.

[0024] Im ersten Hauptkondensator 12 gewonnener Stickstoff wird zum Teil 35 unterkühlt (23) und als Rücklauf 36

auf den Kopf der Mitteldrucksäule 10 aufgegeben. Außerdem erzeugt der zweite Hauptkondensator 13 Rücklauf 37 für die Mitteldrucksäule, sowie bei Bedarf flüssiges Stickstoffprodukt 38.

[0025] Vom Sumpf der Mitteldrucksäule wird ein Sauerstoff mit einer Reinheit von etwa 99,5 mol-% flüssig abgezogen und in einen Nebenkondensator 40 eingeleitet. Dort wird er in indirektem Wärmeaustausch mit kondensierendem Kopf-Stickstoff 41 der Hochdrucksäule 9 teilweise verdampft. Ein erstes, etwas unreineres Sauerstoffprodukt 42, 43 wird aus dem dabei gebildeten Dampf unter etwa dem Mitteldrucksäulendruck gewonnen (GOX), gegebenenfalls nach Verdichtung in der zweiten Stufe 44 eines Sauerstoffverdichters 56/44 mit Nachkühlung 45. Aus dem im Nebenkondensator 40 flüssig verbliebenen Anteil 46 wird per Innenverdichtung ein reineres Hochdruck-Sauerstoffprodukt 49 (GOX-IC) erzeugt. Dazu wird die Flüssigkeit 46 mittels einer Pumpe 47 auf einen entsprechenden Druck gebracht, über eine Flüssigkeitsleitung 48 zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers geführt und dort verdampft und angewärmt. Ein Teil 82 des gasförmigen Stickstoffs vom Kopf der Mitteldrucksäule wird im Hauptwärmetauscher 7 angewärmt und kann über Leitung 83 oder - wie dargestellt - über Leitung 86 nach Verdichtung in einem Stickstoff-Verdichter 84 mit Nachverdichter 85 als Druckprodukt (PGAN) gewonnen werden.

[0026] Rücklaufflüssigkeit 50, 51 für den Kopf der Niederdrucksäule 11 wird von einer Zwischenstelle der Mitteldrucksäule 10 oberhalb der Zusp eisung 24/25 der sauerstoffangereicherten Flüssigkeit abgenommen. Vom Kopf der Niederdrucksäule wird unreiner Stickstoff 52 als Restgas entnommen und nach Anwärmung 27 - 23 - 7 über Leitung 53 aus der Anlage entfernt (UN2). Das Sumpfprodukt 54 der Niederdrucksäule 11 wird teilweise gasförmig abgezogen, nach Anwärmung 27 - 23 - 7 über Leitung 55 der ersten Stufe 56 (mit Zwischenkühlung 57) des Sauerstoffverdichters 56/44 auf etwa Mitteldrucksäulendruck gebracht und schließlich mit dem Mitteldrucksäulen-Sauerstoff 43 vermischt. Außerdem kann flüssiger Sauerstoff 58 als Produkt oder zur Spülung aus dem Niederdrucksäulensumpf abgezogen werden.

[0027] Ein erster argonangereicherter Strom 59 wird gasförmig von einer Zwischenstelle der Mitteldrucksäule 10 abgezogen, die unterhalb der Zusp eisung 24/25 sauerstoffangereicherter Flüssigkeit und unterhalb der Luftzusp eisung über Leitung 21 angeordnet ist. Der Strom 59 wird in einem Kondensator-Verdampfer 60 mindestens teilweise, vorzugsweise vollständig kondensiert und schließlich über Leitung 61 und Drosselventil 62 in eine Rohargonsäule 63 eingeleitet, die unter etwa demselben Druck wie die Niederdrucksäule 11 betrieben wird. Die Einsp eisestelle des ersten argonangereicherten Stroms liegt beispielsweise 30 bis 40 theoretische Böden, vorzugsweise 33 bis 38 theoretische Böden oberhalb des Sumpfs bei einer Gesamtzahl von 70 bis 90 theoretische Böden, vorzugsweise 78 bis 85 theoretischen Böden in der Rohargonsäule 63. Der Kondensator-Verdampfer 60 stellt gleichzeitig der Sumpfaufkocher der Rohargonsäule 63 dar. Ein Teil 65 der nicht verdampften Sumpfflüssigkeit 64 der Rohargonsäule 63 wird in einer Pumpe 65 wieder auf Mitteldrucksäulendruck gebracht und in die Mitteldrucksäule 10 zurückgeführt (66). Der Rest 67 wird in die Niederdrucksäule 11 eingeleitet.

[0028] Als weiterer Einsatz wird ein zweiter argonangereicherter Strom 68 in Gasform von der Niederdrucksäule 11 der Rohargonsäule direkt am Sumpf zugeführt.

[0029] Der Kopfkondensator 69 der Rohargonsäule 63 wird mit sauerstoffangereicherter Flüssigkeit 31 betrieben, die in einem Ventil auf einen geeigneten Druck (etwa gleich Niederdrucksäulendruck) entspannt wurde. Im Kopfkondensator 69 gebildeter Dampf 70 wird an geeigneter Stelle in die Niederdrucksäule eingeführt. Das Rohargonprodukt (die "argonreiche Fraktion") 75 wird gasförmig vom Kopf der Rohargonsäule 63 beziehungsweise aus dem Verflüssigungsraum des Kopfkondensators 69 abgezogen.

[0030] In **Figur 2** wird der erste argonangereicherte Strom 259 im Hauptwärmetauscher 7 auf eine Zwischentemperatur angewärmt, über Leitung 271 zu einer Entspannungsmaschine 272 geleitet und dort arbeitsleistend auf etwa 0,2 bar über Rohargonsäulendruck entspannt und schließlich in den Verdampfungsraum des Kondensator-Verdampfers 60 geführt (274). Die Entspannungsmaschine 272 ist vorzugsweise als Turbine ausgebildet und mit einer Bremsvorrichtung 273 gekoppelt, vorzugsweise einem Generator.

[0031] **Figur 3** entspricht weit gehend **Figur 2**, allerdings wird hier auf einen Sumpfaufkocher für die Rohargonsäule 63 verzichtet und der arbeitsleistend entspannte erste argonangereicherte Strom 374 wird gasförmig in den Sumpf der Rohargonsäule eingeführt.

[0032] Bei dem Verfahren von **Figur 4** wird auch auf die Argonübergangsturbine (272 in **Figur 2**) verzichtet und der erste argonangereicherte Strom 459 wird direkt in den Sumpf der Rohargonsäule 63 eingedrosselt (462).

[0033] Die **Figuren 5 bis 9** zeigen Alternativen zu der in **Figur 1** dargestellten Einblasung von Turbinenluft 19 in die Niederdrucksäule. Diese abweichenden Methoden der Kälteerzeugung können auch mit jedem der Verfahren der **Figuren 2 bis 4** kombiniert werden.

[0034] Die Luftturbine 518 entspannt in dem Verfahren der **Figur 5** lediglich auf etwa den Betriebsdruck der Mitteldrucksäule 10. Diese Variante kommt also insbesondere bei relativ niedrigem Kältebedarf in Frage und erhöht die Sauerstoffausbeute des Prozesses. Die arbeitsleistend entspannte Luft 519 wird gemeinsam mit dem zweiten Einsatzluftstrom 20 - 21 über Leitung 521 in die Mitteldrucksäule 10 eingespeist.

[0035] **Figur 6** betrifft eine Abwandlung von **Figur 5**, bei der die Turbinenluft 6 stromaufwärts des turbinengetriebenen Nachverdichters 14 in einem weiteren, mittels externer Energie angetriebenen Nachverdichter 681 mit Nachkühlung

682 verdichtet wird. Hierdurch lässt sich ein höheres Druckverhältnis an der Turbine 518 erreichen und damit mehr Kälte produzieren.

[0036] Als Alternative zur bisher gezeigten arbeitsleistenden Entspannung von Einsatzluft kann Verfahrenskälte in einer Stickstoff-Turbine 718 gemäß **Figur 7** gewonnen werden. Hierzu wird ein Teil 787 des aus der Hochdrucksäule 9 abgezogenen Stickstoffs 33 im Hauptwärmetauscher 7 nur auf eine Zwischentemperatur angewärmt und arbeitsleistend auf etwa Mitteldrucksäulendruck entspannt (718). Der entspannte Hochdrucksäulen-Stickstoff wird schließlich mit dem Mitteldrucksäulen-Stickstoff 82 stromaufwärts des Hauptwärmetauschers 7 vereinigt.

[0037] Bei **Figur 8** ist die Stickstoff-Turbine 718 nicht wie in Figur 7 an einen Generator oder an eine Ölbremse gekoppelt, sondern wird mittels eines Nachverdichters 814 gebremst, der den Druck im Turbinenstrom 887 und damit den Eintrittsdruck der Turbine 718 erhöht. Der entsprechende Teil 887 des Hochdrucksäulen-Stickstoffs wird vorher auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und stromabwärts des Nachverdichters 814 mittels eines Nachkühlers 815 abgekühlt.

[0038] Im Verfahren von Figur 9 wird ein Teil 988 des gasförmigen Stickstoffs 82 aus der Mitteldrucksäule 10 von einer Zwischentemperatur aus arbeitsleistend entspannt. Die Entspannungsmaschine wird beispielsweise durch eine Ölbremse oder einen Generator gebremst. Das entspannte Stickstoffgas 989 ist praktisch drucklos und wird unter Umgebungstemperatur über Leitung 990 abgezogen (GAN).

[0039] **Figur 10** basiert auf Figur 1, zeigt aber eine veränderte Führung des Sauerstoffprodukts aus der Niederdrucksäule 11. Hier wird das gesamte Sumpfprodukt der Niederdrucksäule flüssig entnommen (Leitung 1076). Derjenige Teil, der nicht über Leitung 1058 als flüssiges Sauerstoffprodukt beziehungsweise Spülflüssigkeit abgeführt wird, strömt über Leitung 1077 einer Pumpe 1078 zu und wird dort auf etwa Mitteldrucksäulendruck gebracht. Der gepumpte Niederdrucksäulen-Sauerstoff 1079 wird im ersten Unterkühlungs-Gegenströmer 27 angewärmt und schließlich über Leitung 1080 in die Mitteldrucksäule 10 eingeleitet. Leitung 39 fördert nun den gesamten gasförmig zu gewinnenden Sauerstoff, der in Mitteldrucksäule 10 und Niederdrucksäule 11 hergestellt wurde. Dieses "Zurückpumpen" des Niederdrucksäulen-Sauerstoffs in die Mitteldrucksäule kann in analoger Weise bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 2 bis 9 und ihren Varianten angewendet werden.

[0040] Die Ausführungsbeispiele zeigen ein Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das als Dreifachsäule im engeren Sinne ausgeführt ist, das heißt Hochdrucksäule, Mitteldrucksäule und Niederdrucksäule sind übereinander angeordnet und stehen paarweise über je einen Hauptkondensator 12, 13 in wärmetauschender Verbindung. Die Erfindung ist aber auch bei jedem anderen 3-Säulen-System anwendbar. Beispielsweise kann die Mitteldrucksäule neben einer klassischen Linde-Doppelsäule angeordnet sein, die Hochdrucksäule und Niederdrucksäule umfasst; alternativ könnten alle drei Säulen nebeneinander angeordnet sein. Auch andere Kondensator-Konfigurationen für die Niederdrucksäule, die Mitteldrucksäule und für die Hochdrucksäule können im Rahmen der Erfindung eingesetzt werden.

[0041] Einige für die Erfindung nebensächliche Einzelheiten wie zum Beispiel die Reinigung der Einsatzluftströme ist in den Zeichnungen nicht dargestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperatur-Luftzerlegung von Luft in einem Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Hochdrucksäule (9), eine Niederdrucksäule (11) und eine Mitteldrucksäule (10) aufweist, und in einer Rohargonsäule (63), wobei bei dem Verfahren

(a)mindestens ein Einsatzluftstrom in das Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung eingeleitet (8, 19, 21, 521) wird,

(b)der Niederdrucksäule (11) mindestens ein Sauerstoff- oder Stickstoff-Produktstrom (52, 54, 58, 1076) entnommen wird,

(c) mindestens ein erster argonangereicherter Strom (59, 61, 259, 271, 274, 276, 374) aus dem Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung entnommen und der Rohargonsäule (63) zugeleitet wird und bei dem

(d)der Rohargonsäule (63) eine argonreiche Fraktion 75 entnommen wird, deren Argongehalt größer als derjenige des ersten argonangereicherten Stroms (59, 61, 259, 271, 274, 276, 374) ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

(e)der erste argonangereicherte Strom (59, 61, 259, 271, 274, 276, 374) aus der Mitteldrucksäule (10) entnommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zweiter argonangereicherter Strom (68) aus der Niederdrucksäule abgezogen und in die Rohargonsäule (63) eingeleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sumpfflüssigkeit (64) der Rohargonsäule (63) mindestens teilweise in die Mitteldrucksäule (10) zurückgeführt (65, 66) wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil des ersten argonangereicherten Stroms (59, 274) stromaufwärts der Einleitung (61, 276) in die Rohargonsäule (63) in einem Kondensator-Verdampfer (60) mindestens teilweise kondensiert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Kondensator-Verdampfer (60) ein Teil einer Flüssigkeit, insbesondere der Sumpfflüssigkeit, aus der Rohargonsäule (63) verdampft wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil des ersten argonangereicherten Stroms (259, 271) stromaufwärts der Einleitung (276, 374) in die Rohargonsäule (63) arbeitsleistend entspannt (272) wird.

7. Vorrichtung zur Tieftemperatur-Luftzerlegung von Luft mit einem Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung, das eine Hochdrucksäule (9), eine Niederdrucksäule (11) und eine Mitteldrucksäule (10) aufweist, mit einer Rohargonsäule (63) und mit

(a)mindestens einer Einsatzluftleitung (8, 19, 21, 521) zum Einleiten mindestens eines Einsatzluftstroms in das Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung wird,

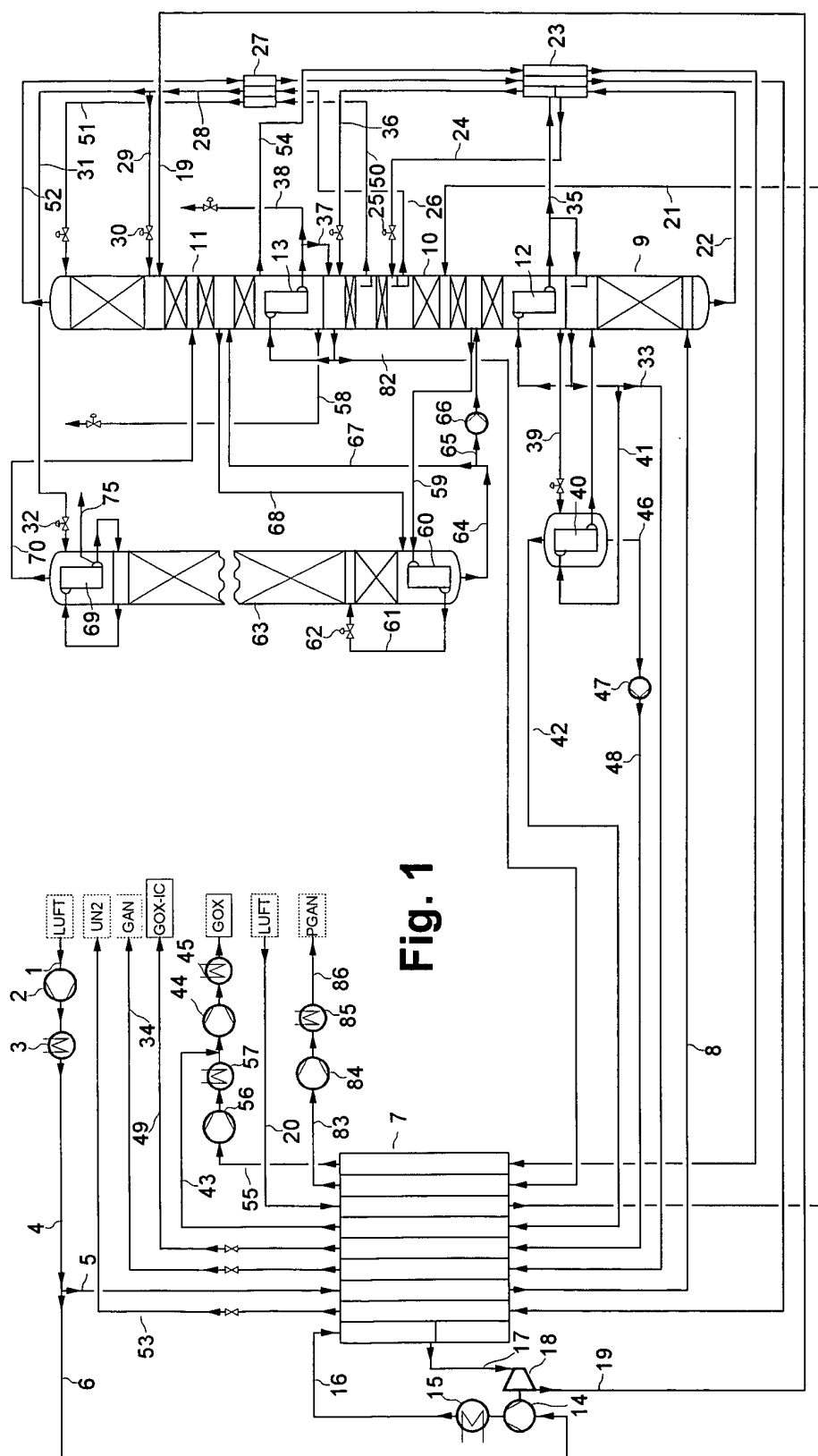
(b)mindestens einer Produktleitung (52, 54, 58, 1076) zum Entnehmen mindestens eines Sauerstoff- oder Stickstoff-Produktstroms aus der Niederdrucksäule (11),

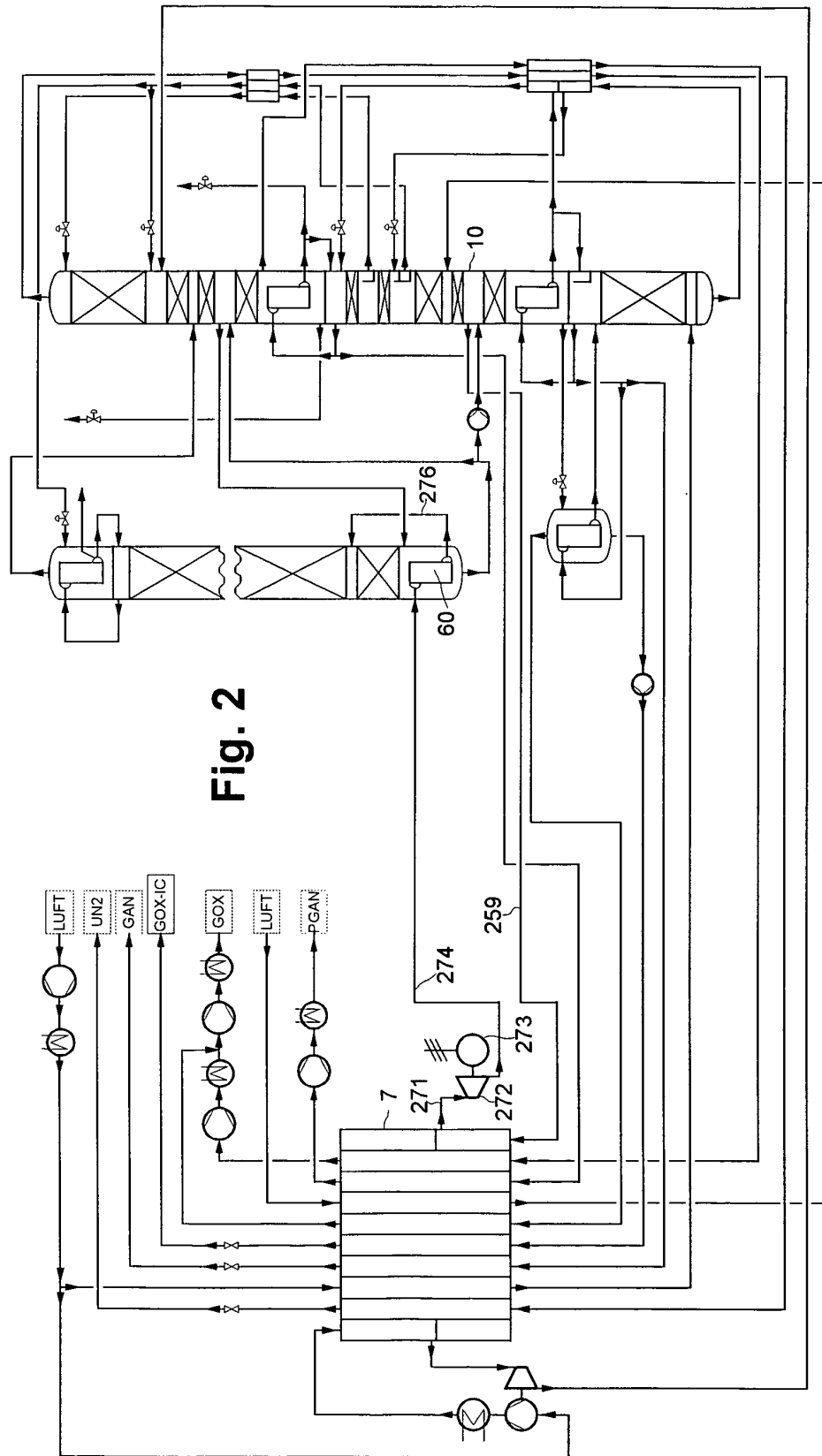
(c) einer ersten Argonübergangs-Leitung (59, 61, 259, 271, 274, 276, 374) zur Einleitung eines argonangereicherten Stroms aus dem Rektifiziersystem zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung in die Rohargonsäule (63) und mit

(d)einer Rohargon-Produktleitung (75) zum Entnehmen einer argonreichen Fraktion, deren Argongehalt größer als derjenige des ersten argonangereicherten Stroms ist, aus der Rohargonsäule (63),

dadurch gekennzeichnet, dass

(e)die erste Argonübergangs-Leitung (59, 61, 259, 271, 274, 276, 374) mit der Mitteldrucksäule (10) verbunden ist.





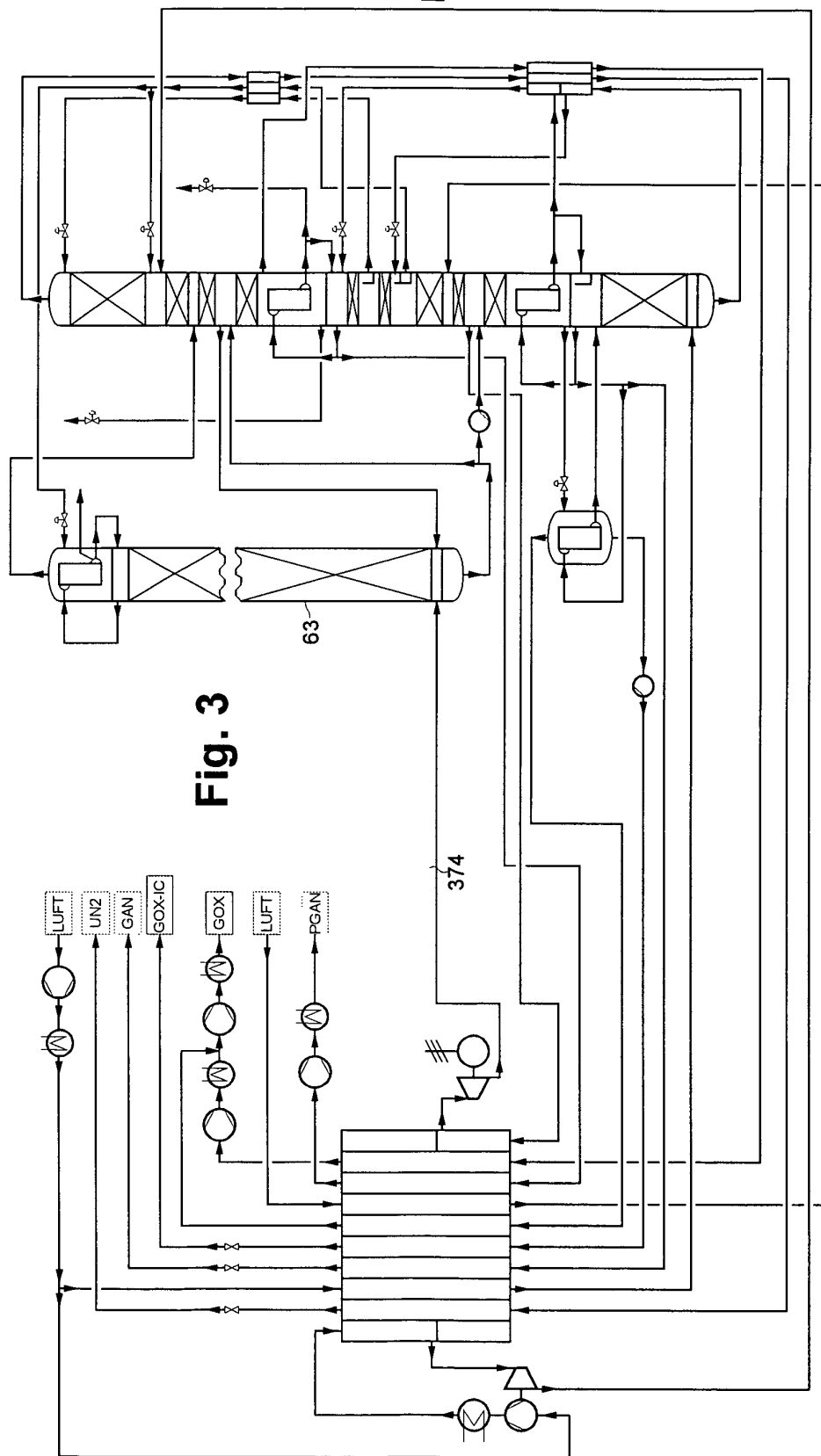


Fig. 3

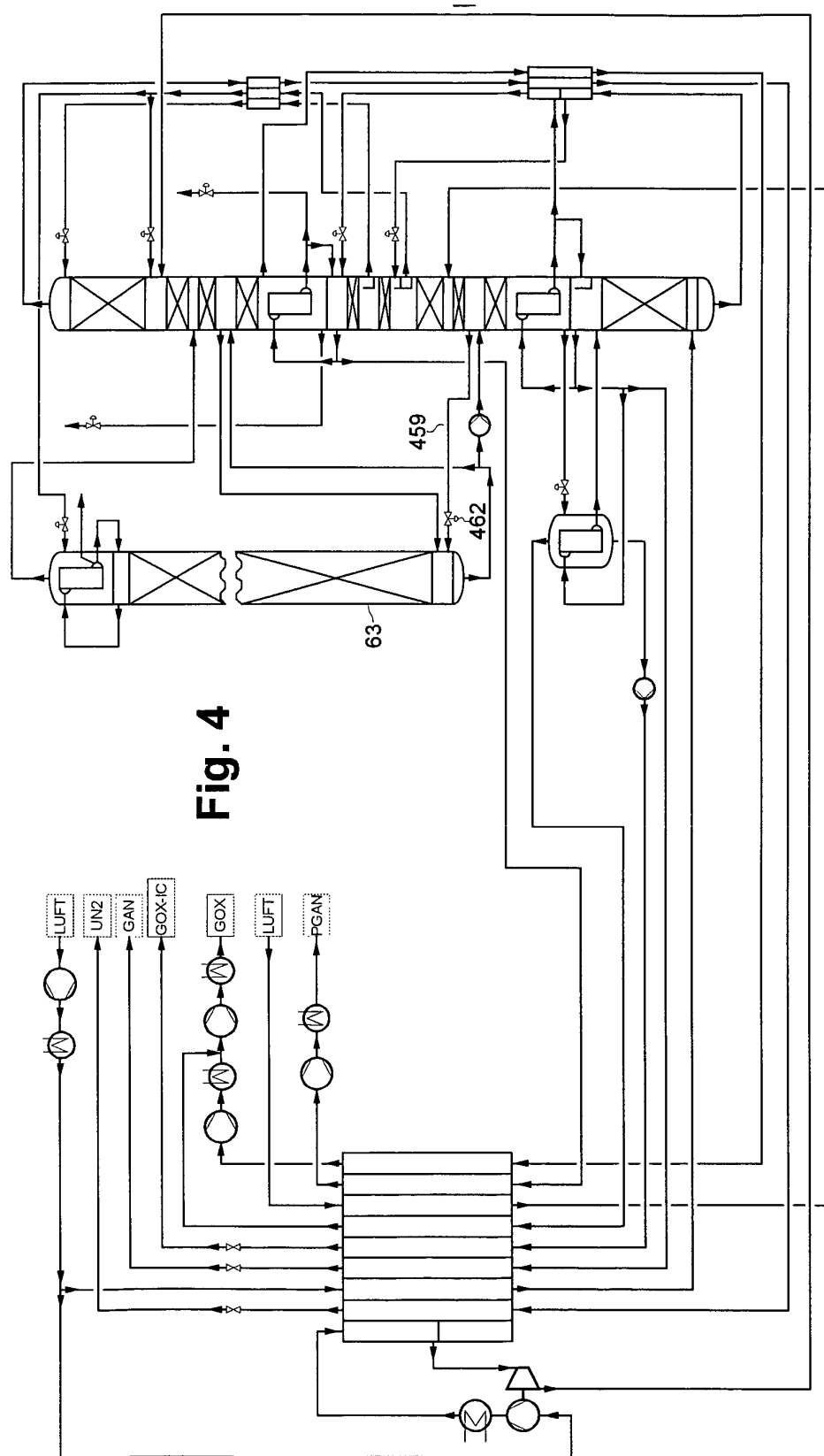


Fig. 4

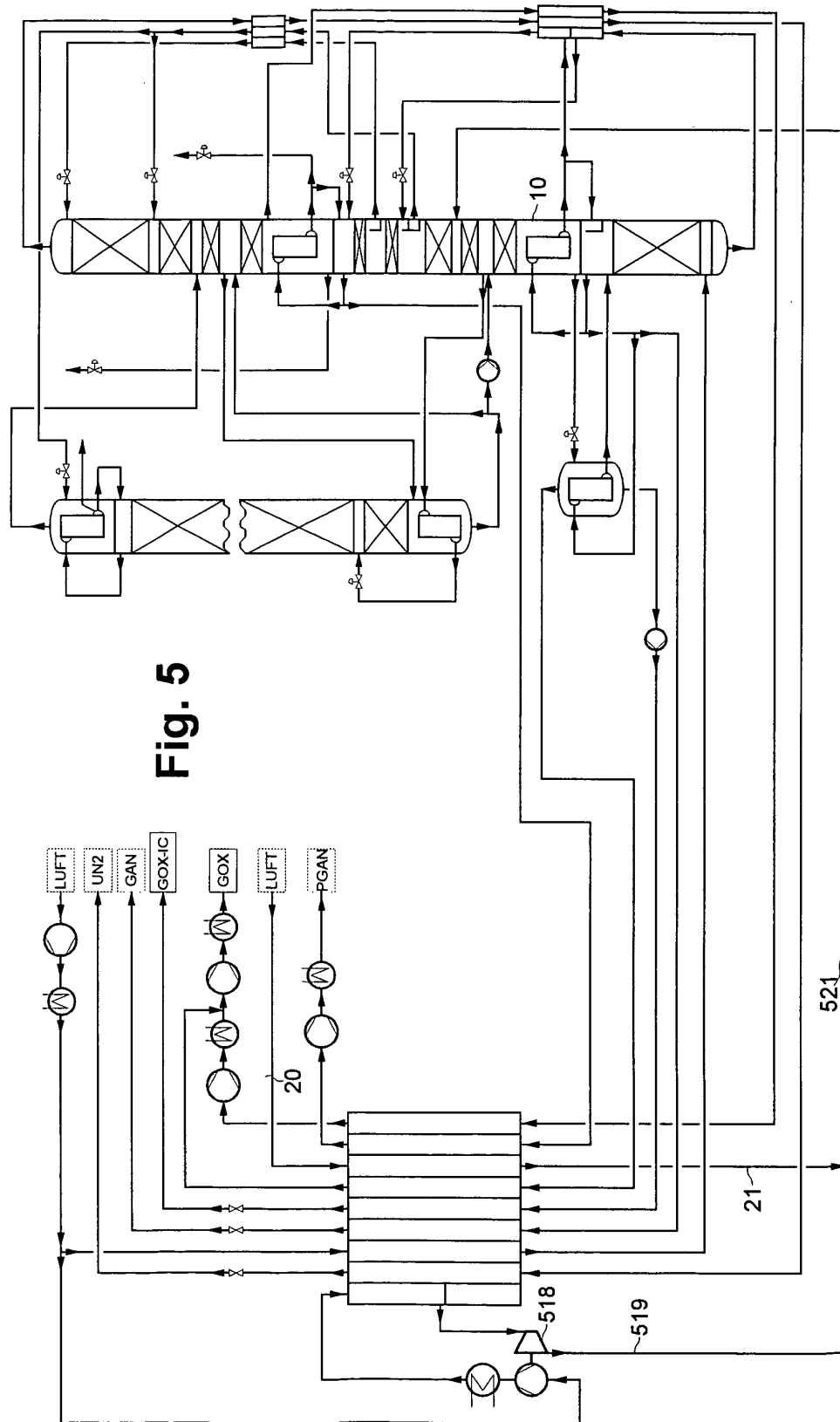


Fig. 5

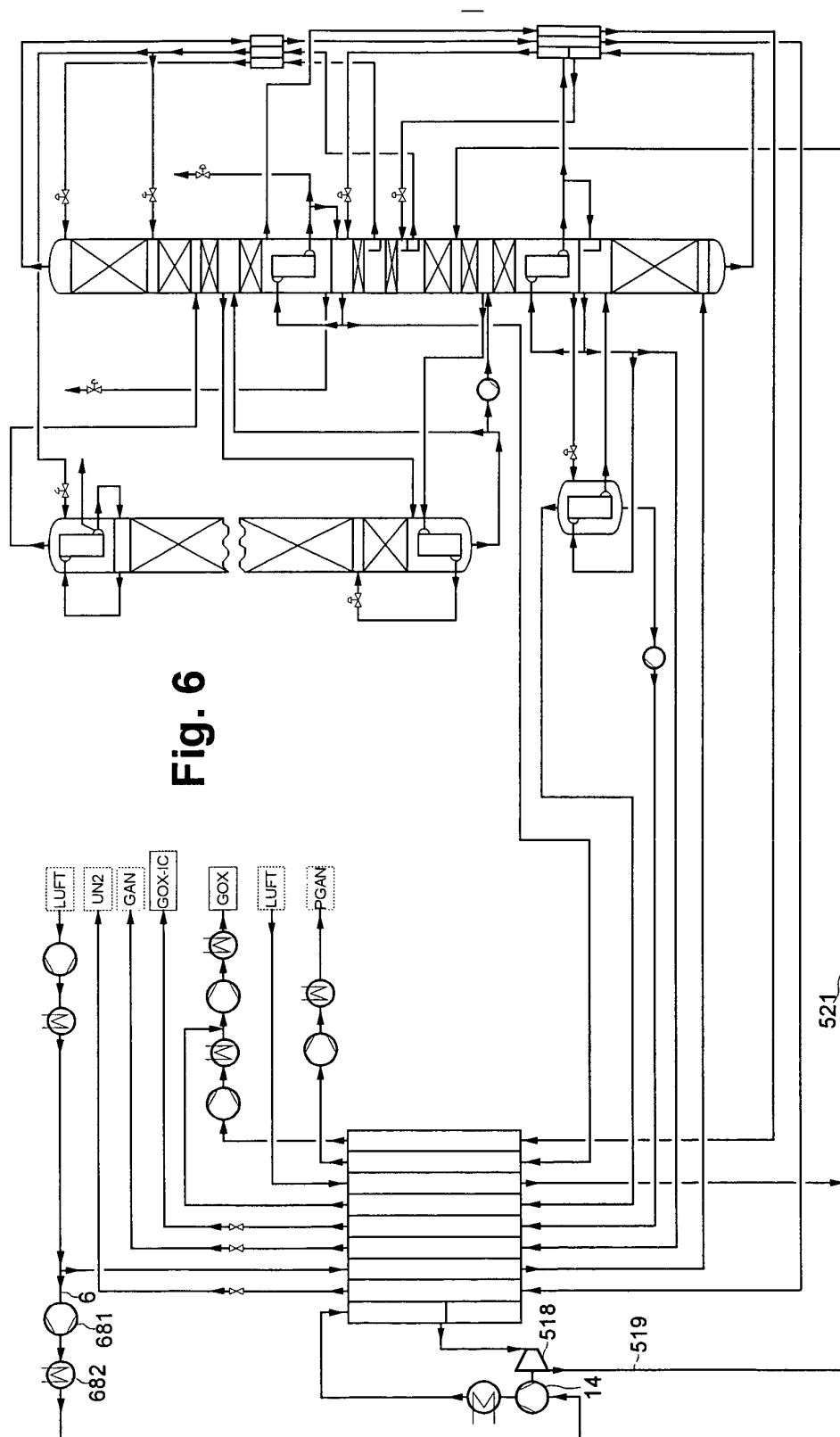


Fig. 6

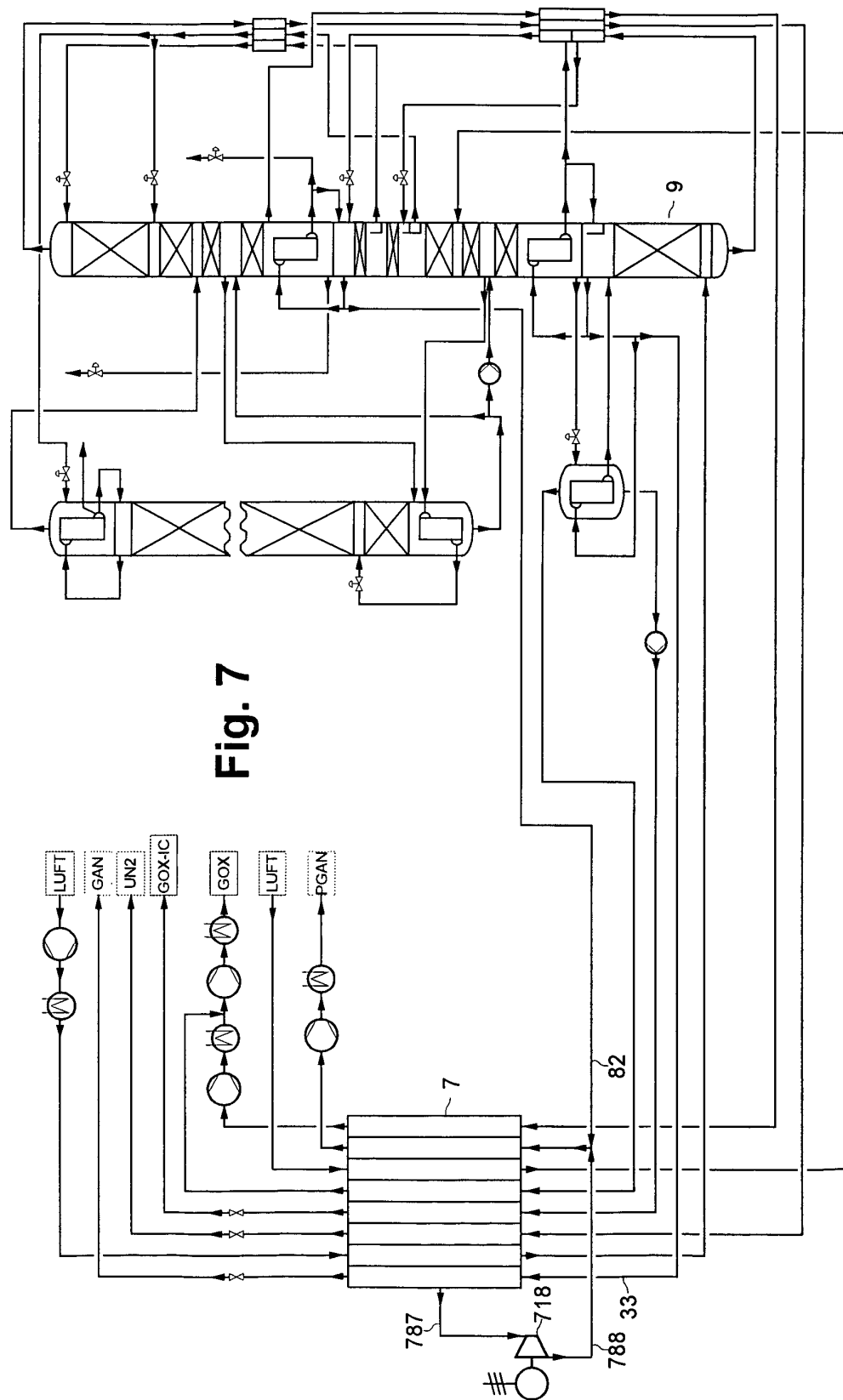


Fig. 7

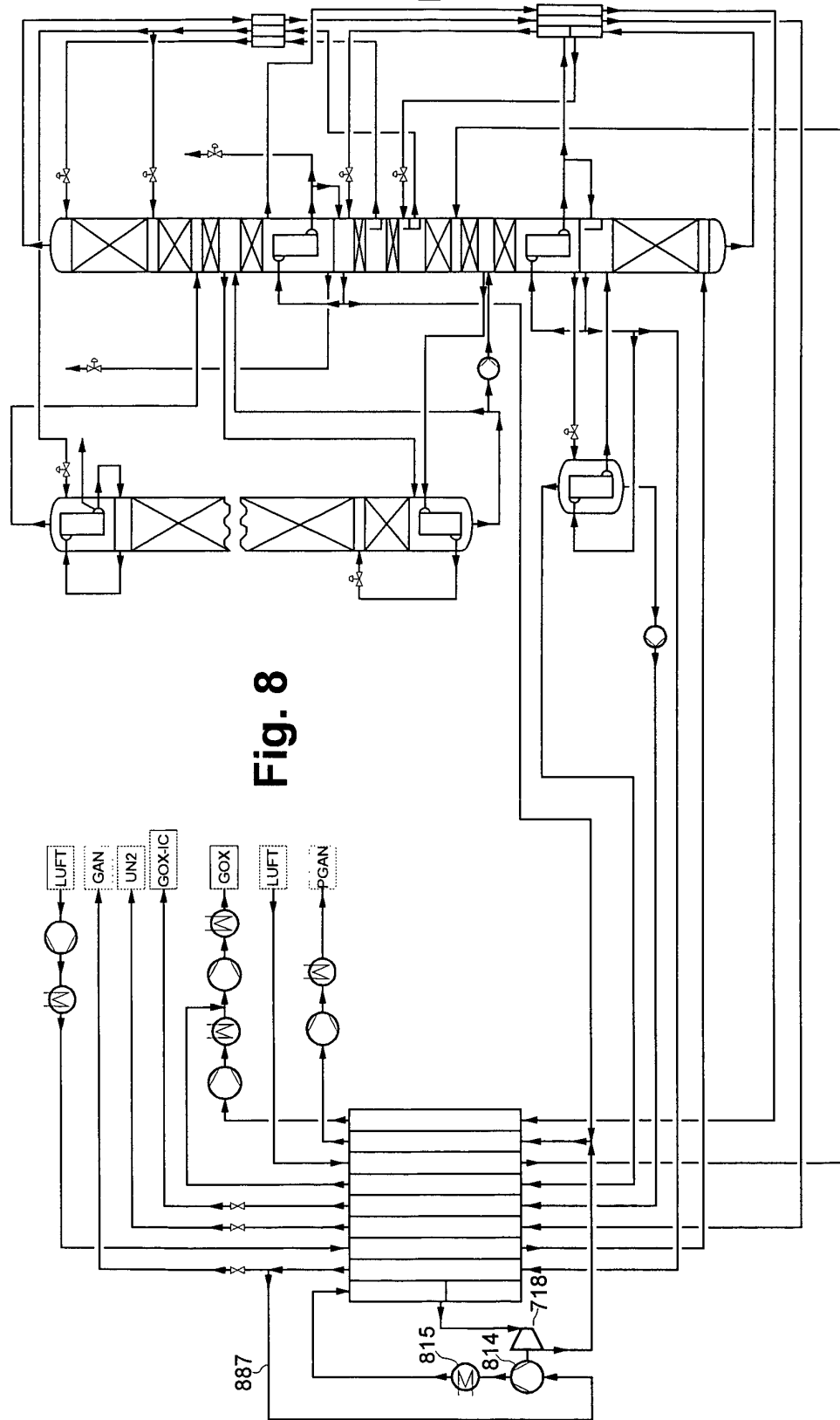


Fig. 8

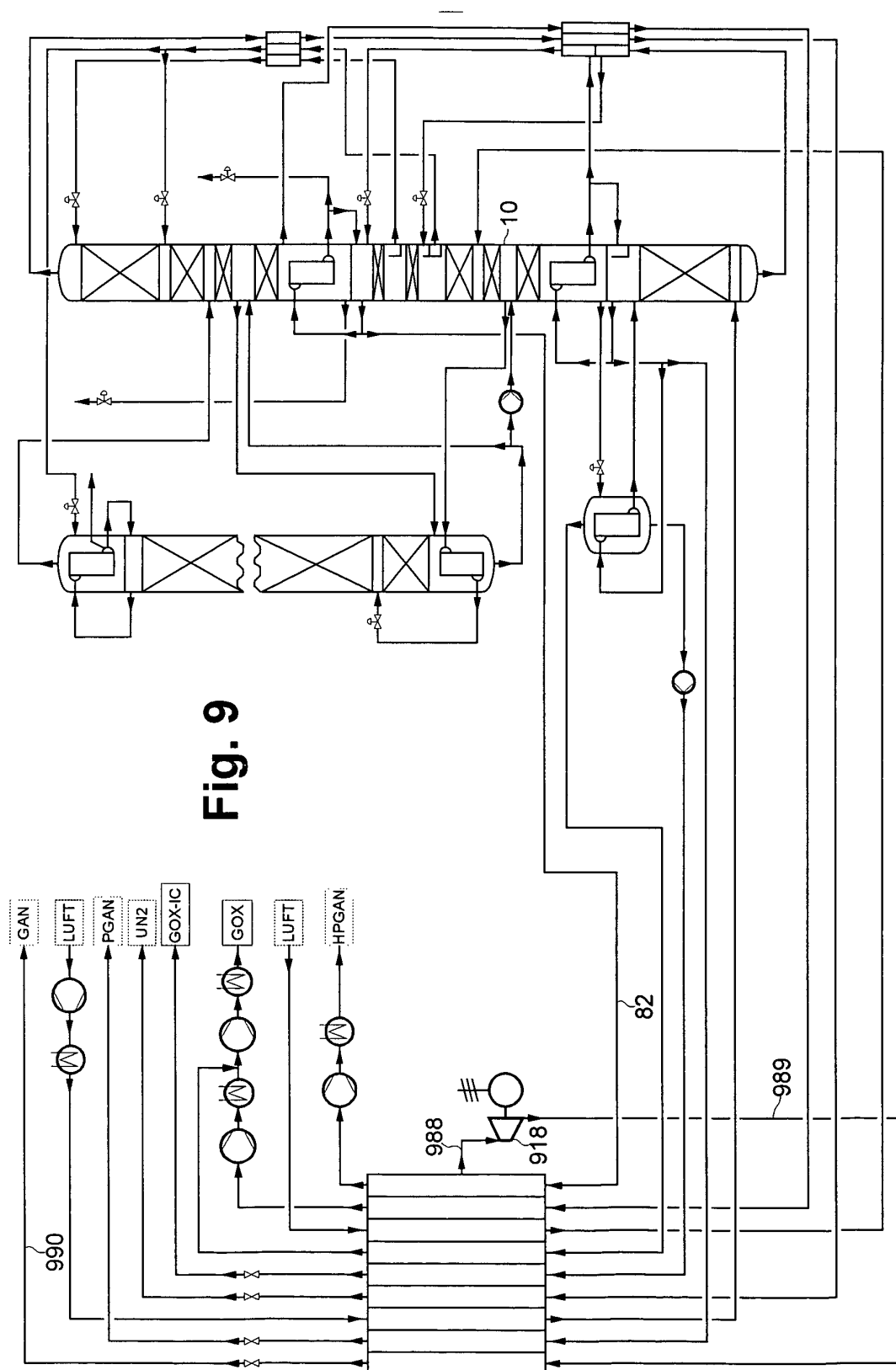


Fig. 9

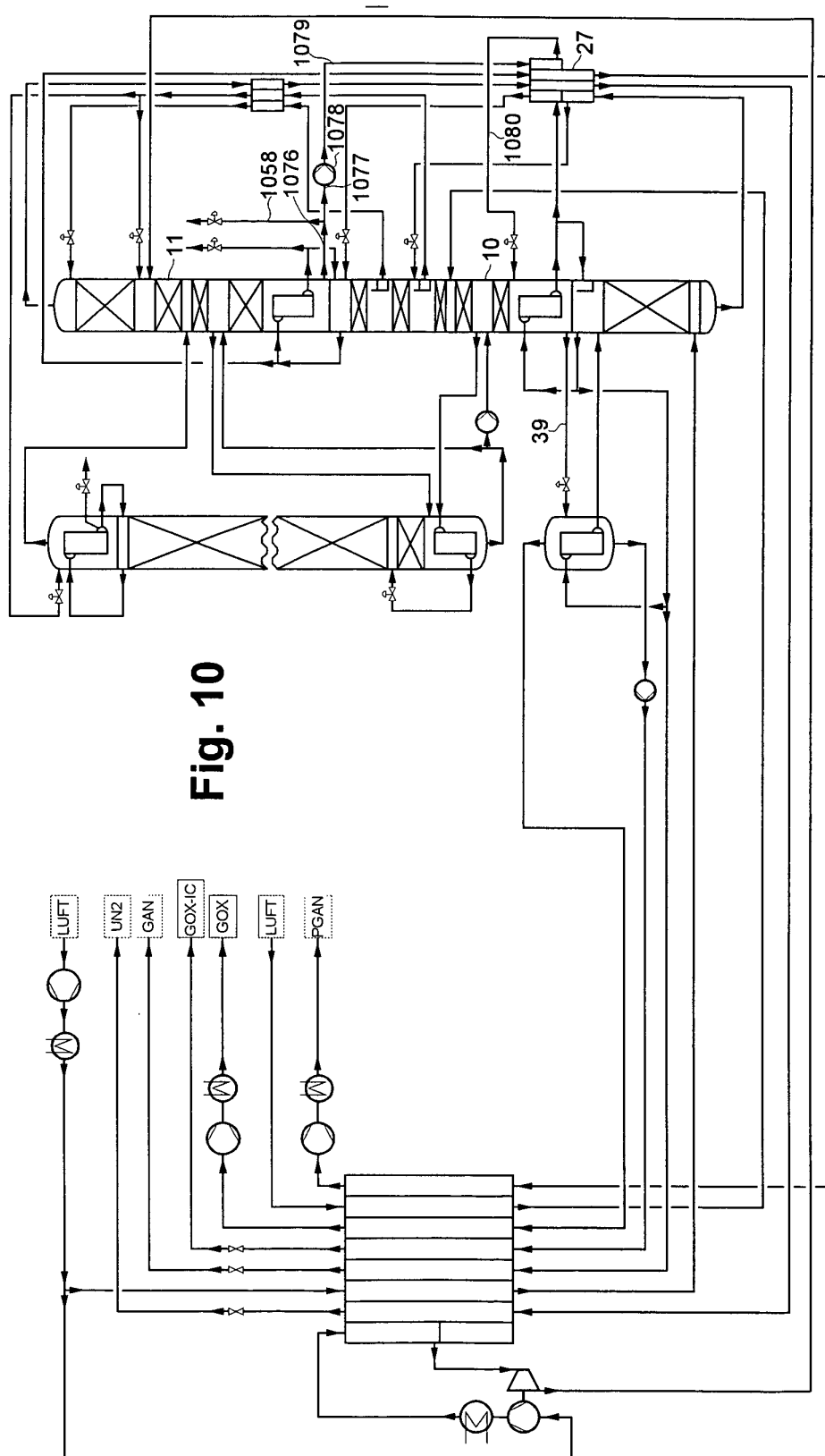


Fig. 10



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 02 01 1458

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 4 604 116 A (ERICKSON DONALD C) 5. August 1986 (1986-08-05) * Spalte 5, Zeile 36 - Spalte 7, Zeile 29; Abbildung 3 *	1,7	F25J3/04
D,A	DE 196 09 490 A (LINDE AG) 12. September 1996 (1996-09-12) * Seite 10, Zeile 67 - Seite 11, Zeile 28; Abbildung 8 *	1-7	
A	EP 0 687 876 A (BOC GROUP PLC) 20. Dezember 1995 (1995-12-20) * Abbildung 3 *	1-7	
A	EP 0 446 004 A (AIR PROD & CHEM) 11. September 1991 (1991-09-11) * Spalte 8, Zeile 17-40; Abbildung 4 *	1-7	
A	EP 0 831 285 A (BOC GROUP PLC) 25. März 1998 (1998-03-25) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-7	
A	EP 0 527 501 A (LINDE AG) 17. Februar 1993 (1993-02-17) * Abbildung 1 *	1-7	
A	EP 0 594 214 A (PRAXAIR TECHNOLOGY INC) 27. April 1994 (1994-04-27) * Zusammenfassung; Abbildung *	1-7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 28. November 2002	Prüfer Göritz, D
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 02 01 1458

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.

28-11-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4604116	A	05-08-1986	US	4433989 A	28-02-1984
			AU	4069485 A	24-09-1985
			EP	0172247 A1	26-02-1986
			WO	8504000 A1	12-09-1985

DE 19609490	A	12-09-1996	DE	19609490 A1	12-09-1996
			US	5669237 A	23-09-1997

EP 0687876	A	20-12-1995	AU	685930 B2	29-01-1998
			AU	2044095 A	04-01-1996
			CN	1118061 A ,B	06-03-1996
			DE	69503848 D1	10-09-1998
			DE	69503848 T2	24-12-1998
			EP	0687876 A1	20-12-1995
			ES	2119317 T3	01-10-1998
			PL	309102 A1	27-12-1995
			US	5572874 A	12-11-1996
			ZA	9505012 A	08-02-1996

EP 0446004	A	11-09-1991	US	5049173 A	17-09-1991
			CA	2037255 A1	13-04-1993
			DE	69100239 D1	16-09-1993
			DE	69100239 T2	31-03-1994
			EP	0446004 A1	11-09-1991
			ES	2046013 T3	16-01-1994

EP 0831285	A	25-03-1998	EP	0831285 A2	25-03-1998
			US	5878598 A	09-03-1999

EP 0527501	A	17-02-1993	DE	4126945 A1	18-02-1993
			AU	2099392 A	18-02-1993
			CA	2075737 A1	15-02-1993
			CN	1069329 A	24-02-1993
			EP	0527501 A1	17-02-1993
			JP	5203348 A	10-08-1993
			US	5251449 A	12-10-1993
			ZA	9206089 A	23-06-1993

EP 0594214	A	27-04-1994	US	5305611 A	26-04-1994
			BR	9304333 A	28-06-1994
			CA	2109038 A1	24-04-1994
			CN	1086010 A ,B	27-04-1994
			DE	69308458 D1	10-04-1997
			DE	69308458 T2	24-07-1997
			EP	0594214 A1	27-04-1994
			ES	2098624 T3	01-05-1997

EPO FORM P0461

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

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

EP 02 01 1458

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

28-11-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0594214 A		JP 2762026 B2	04-06-1998
		JP 6210162 A	02-08-1994
		KR 190360 B1	01-06-1999
		MX 9306585 A1	31-05-1994

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