



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 199 532 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.04.2002 Patentblatt 2002/17

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

(21) Anmeldenummer: **01103828.8**

(22) Anmeldetag: **15.02.2001**

(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

(30) Priorität: **20.10.2000 DE 10052180**

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

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

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar
Linde AG
Zentrale Patentabteilung
Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14
82049 Höllriegelskreuth (DE)**

(54) **Drei-Säulen-System zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft in einem Drei-Säulen-System, das eine Hochdrucksäule (1), eine Mitteldrucksäule (2) und eine Niederdrucksäule (3) aufweist, und zur Energie-Erzeugung in einem Gasturbinen-System, das eine Gasturbine, einen von der Gasturbine angetriebenen Gasturbinen-Verdichter (11) und eine Brennkammer aufweist. Ein erster Einsatzluftstrom (10, 14, 15, 16) wird im Gasturbinen-Verdichter (11) verdichtet, gereinigt (13), abgekühlt (40) und in die Hochdrucksäule (1) eingeleitet. Ein zweiter Einsatzluftstrom

(20, 24, 25, 225) wird in einem nicht von der Gasturbine angetriebenen Luftverdichter (21) verdichtet, gereinigt (23), abgekühlt (40) und in die Mitteldrucksäule (2) eingeführt. In der Hochdrucksäule (1) wird eine erste sauerstoffangereicherte Fraktion (53, 54) erzeugt. Die erste sauerstoffangereicherte Fraktion (53, 54) wird in die Mitteldrucksäule (2) eingeleitet. Eine zweite sauerstoffangereicherte Fraktion (53, 57) wird in die Niederdrucksäule (3) eingeleitet.

EP 1 199 532 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft und zur Energie-Erzeugung. Die Luftzerlegung wird in einem Drei-Säulen-System durchgeführt. Zur Energie-Erzeugung dient ein Gasturbinen-System, das eine Gasturbine (Gasturbinen-Expander), einen von der Gasturbine angetriebenen Gasturbinen-Verdichter und eine Brennkammer aufweist. Vorzugsweise werden ein oder mehrere Produkte der Luftzerlegung in dem Energie-Erzeugungssystem eingesetzt. Beispielsweise kann im Luftzerleger erzeugter Sauerstoff zur Erzeugung eines Brenngases genutzt werden, mit dem die Brennkammer beschickt wird, insbesondere als Oxidationsmittel in einer Kohle- oder Schweröl-Vergasung. Alternativ oder zusätzlich kann Stickstoff aus dem Luftzerleger für die Förderung von Kohle verwendet und/oder in den Gasturbinen-Strom eingeführt verwendet werden; im letzteren Fall wird Stickstoff in die Brennkammer oder in die Gasturbine eingespeist oder mit dem Gasturbinen-Abgas zwischen Brennkammer und Gasturbine der Brennkammer vermischt.

[0002] Die Grundlagen der Tieftemperaturzerlegung von Luft im Allgemeinen sind in der Monografie "Tieftemperaturtechnik" von Hausen/Linde (2. Auflage, 1985) und in einem Aufsatz von Latimer in Chemical Engineering Progress (Vol. 63, No.2, 1967, Seite 35) beschrieben. Bei dem Drei-Säulen-System handelt es sich vorzugsweise um eine Dreifachsäule, bei der einerseits der Kopf der Hochdrucksäule und der Sumpf der Mitteldrucksäule und andererseits der Kopf der Mitteldrucksäule und der Sumpf der Niederdrucksäule in wärmetauschender Verbindung stehen. Solche Dreifachsäulen sind auch aus DE 1041989 oder aus Springmann, Chem.-Ing.-Techn., 46 (1974), 881 bekannt. Die Erfindung ist auch bei anderen Säulen-Anordnungen und/oder anderen Kondensator-Konfigurationen anwendbar (siehe zum Beispiel EP 768503 A2, DE 2920270 oder EP 572962 A oder EP 634617 A). Zusätzlich zu den drei genannten Kolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung können bei der Erfindung weitere Vorrichtungen zur Gewinnung anderer Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen, vorgesehen sein, beispielsweise eine Argongewinnung. Die Kombination eines Drei-Säulen-Systems mit einem Gasturbinen-System zur Energie-Erzeugung ist in JP 11132652 A beschrieben.

[0003] Der Gasturbinen-Verdichter bringt Luft auf einen sehr hohen Druck von über etwa 7 bar, beispielsweise von 17 bar. Diese Luft dient in der Regel zu einem Teil als Verbrennungsluft für die Brennkammer des Gasturbinen-Systems. Ein anderer Teil wird als erster Einsatzluftstrom in die Luftzerlegung geführt. Bei der Erfindung wird ein zweiter Einsatzluftstrom unabhängig vom ersten in einem separaten Luftverdichter komprimiert, und zwar vorzugsweise auf einen Druck, der niedriger als der Auslassdruck des Gasturbinen-Verdichters ist; dies ist an sich aus EP 717249 A2 bekannt. Der Luft-

verdichter wird nicht von der Gasturbine angetrieben, sondern beispielsweise von einem Motor oder einer Dampfturbine. (Der Begriff "nicht von der Gasturbine angetrieben" schließt jedoch nicht aus, dass in der Gasturbine erzeugte elektrische Energie an einen Elektromotor übertragen wird, der seinerseits den separaten Luftverdichter antreibt.)

[0004] Unter solchen Umständen wären zwei Doppelsäulen-Systeme optimal, der Hochdrucksäulen unter den Austrittsdrücken von Gasturbinen-Verdichter und separatem Luftverdichter betrieben werden. Allerdings wäre ein solches System mit insgesamt vier Säulen apparativ sehr aufwändig.

[0005] Bei der Erfindung wird ein solches zweifaches Doppelsäulen-System auf drei Säulen reduziert, was dessen wesentliche Vorteile bewahrt, den apparativen Aufwand aber stark vermindert. Dabei stellt die Mitteldrucksäule des Drei-Säulen-Systems gleichzeitig den Niederdruckteil der Doppelsäule für die Luft unter dem höheren Druck als auch den Hochdruckteil der Doppelsäule für die Luft unter dem niedrigeren Druck dar. Es wird also der erste Einsatzluftstrom in die Hochdrucksäule eingeleitet, und die Mitteldrucksäule wird sowohl mit sauerstoffangereicherter Flüssigkeit aus der Hochdrucksäule als auch mit dem zweiten Einsatzluftstrom beschickt.

[0006] Zur Erzeugung von Rücklauf für die Säulen ist es günstig, wenn gasförmiger Stickstoff aus der Hochdrucksäule in einem ersten Hauptkondensator durch indirekten Wärmeaustausch mit einer sauerstoffreichen Fraktion aus der Niederdrucksäule kondensiert wird und/oder wenn gasförmiger Stickstoff aus der Mitteldrucksäule in einem zweiten Hauptkondensator durch indirekten Wärmeaustausch mit einer sauerstoffreichen Fraktion aus der Niederdrucksäule kondensiert wird. Rücklauf für die Niederdrucksäule kann aus einer oder mehreren der folgenden Quellen stammen: im ersten Hauptkondensator gebildetes Kondensat, im zweiten Hauptkondensator gebildetes Kondensat, Flüssigstickstoff-Strom von einer Zwischenstelle der Hochdrucksäule, Flüssigstickstoff-Strom von einer Zwischenstelle der Mitteldrucksäule.

[0007] Besonders günstig ist es, wenn ein Flüssigstickstoff-Strom mindestens einen theoretischen Boden unterhalb des Kopfs der Mitteldrucksäule entnommen und der Niederdrucksäule zugeleitet wird. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn in der Niederdrucksäule kein reiner Stickstoff erzeugt wird. Zwischen dem Mitteldrucksäulen-Kopf und dem Flüssigstickstoff-Abzug zur Niederdrucksäule liegen beispielsweise 5 bis 20, vorzugsweise 10 bis 15 praktische Böden.

[0008] Vorzugsweise wird die zweite sauerstoffangereicherte Fraktion, die in die Niederdrucksäule eingeleitet wird, aus der Hochdrucksäule abgezogen. Die erste sauerstoffangereicherte Fraktion (Einsatz für die Mitteldrucksäule) und die zweite sauerstoffangereicherte Fraktion (Einsatz für die Niederdrucksäule) werden vorzugsweise gemeinsam aus dem Sumpf der Hochdruck-

säule abgezogen und vor ihrer Einleitung in Mitteldrucksäule beziehungsweise Niederdrucksäule unterkühlt.

[0009] Es ist ferner günstig, wenn in der Niederdrucksäule eine Sauerstoff-Fraktion 1 erzeugt wird, mindestens ein Teil der Sauerstoff-Fraktion flüssig aus der Niederdrucksäule entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht und in die Mitteldrucksäule eingeleitet wird und dass der Mitteldrucksäule ein Sauerstoff-Produkt entnommen wird. Das Sauerstoff-Produkt befindet sich damit bereits bei der Entnahme aus dem Drei-Säulen-System auf einem erhöhten Druck. Der Aufwand zur Weiterverdichtung auf den Produktdruck wird dadurch spürbar verringert oder kann sogar ganz wegfallen.

[0010] Es ist vorteilhaft, wenn die flüssig auf Druck gebrachte Sauerstoff-Fraktion aus der Niederdrucksäule mindestens einen theoretischen Boden (beispielsweise ein bis fünf praktische Böden) oberhalb des Sumpfs in die Mitteldrucksäule eingeleitet wird. Dadurch kann im Sumpf der Niederdrucksäule eine niedrigere Reinheit als im Mitteldrucksäulen-Sumpf herrschen. Bei thermischer Kopplung von Niederdrucksäule und Mitteldrucksäule ermöglicht dies einen relativ hohen Druck in der Niederdrucksäule beziehungsweise eine besonders niedrigen Einsatzluftdruck.

[0011] Insbesondere bei mäßiger Sauerstoff-Reinheit (beispielsweise 85 bis 99,5 %, vorzugsweise 90 bis 98 %) ist es günstig, wenn das Sauerstoff-Produkt flüssig aus der Mitteldrucksäule abgezogen, in einen Nebenkondensator eingeleitet und dort durch indirekten Wärmeaustausch mit einem Heizmedium, insbesondere mit Stickstoff aus der Hochdrucksäule, mindestens teilweise verdampft wird.

[0012] Häufig wird das Sauerstoff-Produkt unter einem Druck benötigt, der höher als der Betriebsdruck der Mitteldrucksäule ist. In diesem Fall kann es beispielsweise außenverdichtet werden, indem es gasförmig aus der Mitteldrucksäule oder einem Nebenkondensator, der etwa unter Mitteldrucksäulen-Druck betrieben wird, abgezogen, auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und in einem Sauerstoff-Verdichter verdichtet wird.

[0013] In vielen Fällen ist es jedoch günstiger, das Sauerstoff-Produkt oder einen Teil davon innenzuverdichten, indem es flüssig aus der Mitteldrucksäule oder aus dem Nebenkondensator abgezogen, in flüssigem Zustand auf einen Druck gebracht wird, der höher als der Betriebsdruck der Mitteldrucksäule ist, und unter diesem Druck durch indirekten Wärmeaustausch verdampft wird. Die Verdampfung des flüssig auf Druck gebrachten Sauerstoff-Produkts kann in dem Hauptwärmetauscher durchgeführt werden, in dem auch die Abkühlung der Einsatzluft für die Hochdrucksäule und die Anwärmung anderer Produkte stattfindet; alternativ kann dieser indirekte Wärmeaustausch-Schritt in einem separaten Wärmetauscher stattfinden. In beiden Fällen wird die Verdampfungswärme durch einen Hochdruckstrom zur Verfügung gestellt, der entweder durch einen

entsprechend hoch verdichteten Teil der Einsatzluft oder durch Kreislaufstickstoff gebildet wird. Da die Innenverdichtung auch auf überkritische Drücke führen kann, ist der Begriff "Verdampfung" hier in einem weiteren Sinne zu verstehen, der auch Pseudo-Verdampfen einschließt.

[0014] Eine Stickstoff-Fraktion kann direkt aus der Hochdrucksäule und/oder der Mitteldrucksäule entnommen, angewärmt und als Druckstickstoff-Produkt gewonnen werden. Auch der Hochdrucksäulen-Stickstoff kann bei Bedarf innenverdichtet werden, indem die Stickstoff-Fraktion flüssig aus der Hochdrucksäule oder ihrem Kopfkondensator entnommen, in flüssigem Zustand auf einen Druck gebracht wird, der höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule ist, und unter diesem Druck durch indirekten Wärmeaustausch verdampft wird. Der indirekte Wärmeaustausch wird vorzugsweise im Hauptwärmetauscher mit Hochdruckluft als Heizfluid durchgeführt.

[0015] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es günstig, wenn der zweite Einsatzluftstrom separat vom ersten Einsatzluftstrom lediglich etwa auf den Betriebsdruck der Mitteldrucksäule (plus Leitungsverlusten) verdichtet und ohne weitere druckverändernde Maßnahmen in die Mitteldrucksäule eingeleitet wird. Insbesondere dann, wenn (nur) ein Teil der Zerlegungsluft von einem Gasturbinen-Verdichter geliefert wird (zum Beispiel der erste Einsatzluftstrom), spart diese Verfahrensweise Energie.

[0016] Zur Erzeugung von Verfahrenskälte kann ein dritter Einsatzluftstrom verdichtet, gereinigt, abgekühlt, arbeitsleistend entspannt und in die Niederdrucksäule oder in die Mitteldrucksäule eingeführt werden. Die bei der arbeitsleistenden Entspannung erzeugte mechanische Energie kann zur Nachverdichtung des dritten Einsatzluftstroms genutzt werden, beispielsweise durch Einsatz einer Turbinen-Booster-Kombination.

[0017] Die Erfindung betrifft außerdem eine kombinierte Vorrichtung zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft und zur Energie-Erzeugung gemäß Patentanspruch 14.

[0018] 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 Einblasung von Turbinenluft in die Niederdrucksäule,

Figur 2 eine Abwandlung dieses Prozesses mit Einblasung von Turbinenluft in die Mitteldrucksäule und

Figur 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung mit Einspeisung von gepumptem Niederdrucksäule-Sauerstoff an einer Zwischenstelle der Mitteldrucksäule.

[0019] Bei dem Drei-Säulen-System der **Figur 1** sind

Hochdrucksäule 1, Mitteldrucksäule 2 und Niederdrucksäule 3 übereinander angeordnet. Ein erster Hauptkondensator 4 bildet gleichzeitig die Kopfkühlung der Hochdrucksäule 1 und die Sumpfheizung der Mitteldrucksäule 2. Als Kopfkühlung der Mitteldrucksäule 2 und Sumpfheizung der Niederdrucksäule 3 dient ein zweiter Hauptkondensator 5. Die beiden Hauptkondensatoren sind vorzugsweise als Fallfilm-Verdampfer ausgebildet, können aber auch als Umlauf-Verdampfer realisiert sein. Die Betriebsdrücke der Säulen (jeweils am Sumpf) betragen in dem Beispiel etwa:

Hochdrucksäule 16 bar
Mitteldrucksäule 5,7 bar
Niederdrucksäule 1,3 bis 1,5 bar

[0020] Ein Luftstrom 10 wird in einem Gasturbinen-Verdichter 11 auf einen Druck gebracht, der mindestens gleich dem Betriebsdruck der Hochdrucksäule 1 ist. Der Gasturbinen-Verdichter 11 ist Teil eines Gasturbinen-Systems. (Ein Teil der in 11 verdichteten Luft wird als Verbrennungsluft zur Brennkammer der Gasturbinen-Einheit abgezweigt, was in der Zeichnung nicht dargestellt ist). Nach Nachkühlung 12 wird der erste Luftstrom einer Reinigungsvorrichtung 13 zugeführt, vorzugsweise einer Molekularsieb-Station. Aus der gereinigten Hochdruckluft 14 wird ein erster Einsatzluftstrom 15 abgezweigt, in einem Hauptwärmetauscher 40 abgekühlt und über Leitung 16 der Hochdrucksäule 1 zugeführt. Je nach Menge und Druck der innenverdichteten Fraktion 81, die unten im Detail beschrieben wird, muss ein Teilluftstrom (hier nicht dargestellt) auf einen höheren Druck weiter verdichtet und stromabwärts des Hauptwärmetauschers 40 gedrosselt werden.

[0021] Ein zweiter Einsatzluftstrom 20, 24 wird durch einen Luftverdichter 21, einen Nachkühler 22 und eine separate Reinigungsvorrichtung 23 geführt, ebenfalls im Hauptwärmetauscher 40 abgekühlt, dann aber in die Mitteldrucksäule 2 geführt (25), und zwar ohne Drosselung oder andere druckverändernde Maßnahmen stromabwärts des zweiten Luftverdichters. Dadurch braucht der zweite Einsatzluftstrom im zweiten Luftverdichter 21 nur auf etwa den Betriebsdruck der Mitteldrucksäule 2 verdichtet zu werden. Der Luftverdichter wird nicht von der Gasturbine angetrieben, sondern vorzugsweise mittels externer Energie, beispielsweise durch einen Elektromotor.

[0022] Der Rest der gereinigten Hochdruckluft 14, der nicht als erster Einsatzluftstrom 15, 16 in die Hochdrucksäule 1 strömt, bildet einen dritten Einsatzluftstrom 30. Dieser wird in einem Nachverdichter 31 weiterverdichtet und tritt nach Nachkühlung 32 in den Hauptwärmetauscher 40 ein. Nach Abkühlung auf eine Zwischentemperatur wird er über Leitung 33 wieder aus dem Hauptwärmetauscher 40 herausgeführt, in einer Turbine 34 arbeitsleistend entspannt und in die Niederdrucksäule 3 eingeblasen (35). Die Turbine 34 ist mechanisch mit dem Nachverdichter 31 gekoppelt.

[0023] Am Kopf der Hochdrucksäule 1 wird gasförmiger Stickstoff 41 erzeugt. Er wird zu einem ersten Teil 42 im ersten Hauptkondensator 4 verflüssigt. Der dabei gewonnene Flüssigstickstoff 43 wird als Rücklauf auf die Hochdrucksäule 1 (Leitung 44) beziehungsweise auf die Mitteldrucksäule 2 (Leitung 45) aufgegeben. Der Flüssigstickstoff 45 wird vor der Einspeisung 46 in die Mitteldrucksäule in einem Unterkühlungs-Gegenströmer 47 unterkühlt. Ein zweiter Teil 48 des Kopfstickstoffs 41 der Hochdrucksäule wird in einem Nebenkondensator 49 mindestens teilweise kondensiert und strömt über Leitung 50 wieder zur Hochdrucksäule 1 zurück. Ein dritter Teil 51 der Hochdrucksäulen-Stickstoffs 41 wird im Hauptwärmetauscher 40 angewärmt und über Leitung 52 als Druckstickstoff-Produkt GAN gewonnen.

[0024] Im Sumpf der Hochdrucksäule 1 fällt flüssiger Rohsauerstoff an. Dieser wird als sauerstoffangereicherte Fraktion 53 abgezogen und - nach Unterkühlung 47 - zu einem ersten Teil 54 als erste sauerstoffangereicherte Fraktion in die Mitteldrucksäule 2 eingeleitet. Ein zweiter Teil 56, 57 wird nach weiterer Unterkühlung 55 in die Niederdrucksäule eingedrosselt.

[0025] Der gasförmige Stickstoff 58, der am Kopf der Mitteldrucksäule 2 erzeugt wird, kondensiert zu einem ersten Teil 59 im zweiten Hauptkondensator 5. Der dabei gewonnene Flüssigstickstoff 60 wird als Rücklauf auf die Mitteldrucksäule 2 aufgegeben. Ein zweiter Teil 61 des Kopfstickstoffs 58 der Mitteldrucksäule wird im Hauptwärmetauscher 40 angewärmt und über Leitung 62 - gegebenenfalls nach Weiterverdichtung 63 mit Nachkühlung 64 - als weiteres Druckstickstoff-Produkt PGAN gewonnen.

[0026] Elf praktische Böden unterhalb des Mitteldrucksäulen-Kopfs wird ein Flüssigstickstoff-Strom 65 abgenommen und nach Unterkühlung 55 auf den Kopf der Niederdrucksäule 3 aufgegeben (66).

[0027] Im Sumpf der Niederdrucksäule wird flüssiger Sauerstoff 95 %-iger Reinheit erzeugt. Derjenige Teil der Sumpfflüssigkeit, der nicht im zweiten Hauptkondensator 5 verdampft wird, fließt als Sauerstoff-Fraktion 67 zu einer Pumpe 68 und wird dort in flüssigem Zustand auf etwa Mitteldrucksäulen-Druck gebracht. Die Sauerstoff-Fraktion 69 wird unter diesem erhöhtem Druck im Unterkühlungs-Gegenströmer 47 angewärmt und über Leitung 70 in die Mitteldrucksäule 2 eingeleitet. Die Einspeisung wird hier unmittelbar oberhalb des Mitteldrucksäulen-Sumpfs vorgenommen. Im Sumpf, der gleichzeitig den Verdampfungsraum des ersten Hauptkondensators 4 darstellt, wird die Sauerstoff-Fraktion 70 aus der Niederdrucksäule mit der innerhalb der Mitteldrucksäule herabfließenden Flüssigkeit vermischt. Das Gemisch wird über Leitung 71 flüssig als Sauerstoff-Produkt entnommen, geringfügig gedrosselt (72), in den Verdampfungsraum des Nebenkondensators 49 eingeleitet und dort teilweise verdampft.

[0028] Ein erster Teil 73 des Sauerstoff-Produkts 71 wird gasförmig aus dem Nebenkondensator abgezogen, im Hauptwärmetauscher angewärmt und

schließlich über Leitung 74 als Produkt (GOX) abgegeben. Falls ein Produktdruck gewünscht ist, der höher als der Mitteldrucksäulen-Druck ist, kann das angewärmte Sauerstoff-Produkt in einem Produktverdichter 75 (mit Nachkühler 78) weiterverdichtet werden (Außenverdichtung).

[0029] Der flüssig verbliebene Anteil des Sauerstoff-Produkts 71 wird über Leitung 79 aus dem Verdampfungsraum des Nebenkondensators 49 abgezogen und einer Innenverdichtung unterzogen. Dazu wird er in einer Pumpe 80 auf einen Produktdruck gebracht, der etwa gleich dem Produktdruck der Außenverdichtung oder verschieden von diesem ist. Das Hochdruck-Sauerstoff-Produkt 81 wird im Hauptwärmetauscher verdampft (oder pseudo-verdampft, falls der Produktdruck über dem kritischen Druck liegt) und auf Umgebungstemperatur angewärmt. Über Leitung 76 verlässt das innenverdichtete Sauerstoff-Produkt (GOX-IC) die Anlage. Falls gewünscht, kann er mit dem in 75 außenverdichteten Sauerstoff-Produkt 74 vereinigt werden.

[0030] Als weiteres Produkt der Niederdrucksäule 3 wird Unrein-Stickstoff 82 vom Kopf abgezogen, in den Unterkühlungs-Gegenströmern 55 und 47 sowie im Hauptwärmetauscher 40 angewärmt. Der warme Unrein-Stickstoff 83 (UN2) kann als druckloses Nebenprodukt genutzt, als Regeneriergas für die Reinigungsvorrichtungen 13 und/oder 23 verwendet und/oder in die Atmosphäre abgelassen werden.

[0031] Figur 2 ist weitgehend identisch mit Figur 1. Allerdings wird hier der dritte Einsatzluftstrom 230, 233 in der Entspannungsmaschine 234 nur auf etwa Mitteldrucksäulen-Druck entspannt. Der entspannte dritte Einsatzluftstrom 235 wird über Leitung 236 gemeinsam mit dem zweiten Einsatzluftstrom 225 stromabwärts des Hauptwärmetauschers 40 in die Mitteldrucksäule 2 eingespeist. Eine Direktluft-Einleitung in die Niederdrucksäule 3 gibt es bei dieser Verfahrensvariante nicht.

[0032] Der einzige Unterschied zwischen Figur 3 und Figur 2 besteht in der Stelle der Einleitung der Sauerstoff-Fraktion 370 aus der Niederdrucksäule 3 in die Mitteldrucksäule 2. Während diese Einspeisung in den Figuren 1 und 2 unmittelbar über dem Sumpf der Mitteldrucksäule stattfindet, liegen bei Figur 3 drei praktische Böden zwischen Einspeisung der Sauerstoff-Fraktion 370 und Mitteldrucksäulen-Sumpf. Selbstverständlich kann dieses Detail auch mit der in Figur 1 gezeigten Einblasung der Turbinenluft in die Niederdrucksäule kombiniert werden.

[0033] Die Reinigung der beiden Luftströme 10, 20 kann grundsätzlich auch in einer gemeinsamen Vorrichtung durchgeführt werden. Zum Beispiel ist es möglich, die Gesamtluft zunächst nur auf etwa Mitteldrucksäulen-Druck zu verdichten, unter diesem mittleren Druck zu reinigen, und anschließend den ersten (und gegebenenfalls den dritten) Einsatzluftstrom von dem mittleren Druck aus weiterzuverdichten.

[0034] Alternativ zu den in den Zeichnungen dargestellten Luftturbinen kann die für das Verfahren benötig-

te Kälte auch durch arbeitsleistende Entspannung von Stickstoff aus der Mitteldrucksäule 2 gewonnen werden. Der entspannte Mitteldrucksäulen-Stickstoff kann dann mit dem Unrein-Stickstoff aus der Niederdrucksäule 3 vermischt und gemeinsam mit diesem im Hauptwärmetauscher 40 angewärmt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft in einem Drei-Säulen-System, das eine Hochdrucksäule (1), eine Mitteldrucksäule (2) und eine Niederdrucksäule (3) aufweist, und zur Energie-Erzeugung in einem Gasturbinen-System, das eine Gasturbine, einen von der Gasturbine angetriebenen Gasturbinen-Verdichter (11) und eine Brennkammer aufweist, bei dem

- (a) ein erster Einsatzluftstrom (10, 14, 15, 16) im Gasturbinen-Verdichter (11) verdichtet, gereinigt (13), abgekühlt (40) und in die Hochdrucksäule (1) eingeleitet wird,
- (b) ein zweiter Einsatzluftstrom (20, 24, 25, 225) in einem nicht von der Gasturbine angetriebenen Luftverdichter (21) verdichtet, gereinigt (23), abgekühlt (40) und in die Mitteldrucksäule (2) eingeführt wird,
- (c) in der Hochdrucksäule (1) eine erste sauerstoffangereicherte Fraktion (53, 54) erzeugt wird,
- (d) die erste sauerstoffangereicherte Fraktion (53, 54) in die Mitteldrucksäule (2) eingeleitet wird und bei dem
- (e) eine zweite sauerstoffangereicherte Fraktion (53, 57) in die Niederdrucksäule (3) eingeleitet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** gasförmiger Stickstoff (41, 42) aus der Hochdrucksäule (1) in einem ersten Hauptkondensator (4) durch indirekten Wärmeaustausch mit einer sauerstoffreichen Fraktion aus der Niederdrucksäule (3) kondensiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** gasförmiger Stickstoff (58, 59) aus der Mitteldrucksäule (2) in einem zweiten Hauptkondensator (5) durch indirekten Wärmeaustausch mit einer sauerstoffreichen Fraktion aus der Niederdrucksäule (3) kondensiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im ersten Hauptkondensator (4) und/oder im zweiten Hauptkondensator (5) gebildetes Kondensat (43; 60) und/oder eine oder mehrere Flüssigstickstoff-Ströme (65) von einer Zwischenstelle der Hochdrucksäule oder der Mittel-

drucksäule der Niederdrucksäule (3) zugeleitet (66) werden.

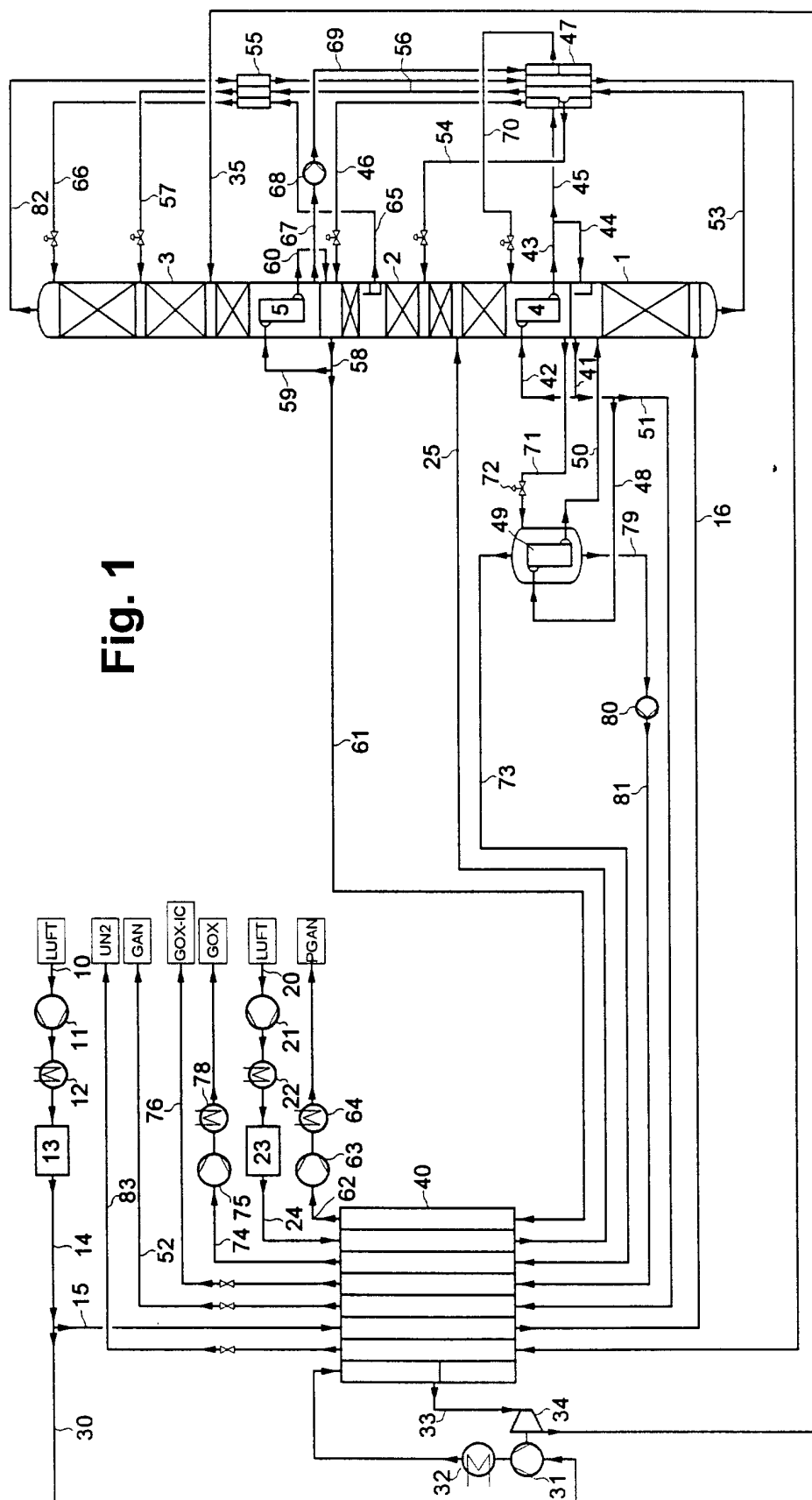
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Flüssigstickstoff-Strom (65) mindestens einen theoretischen Boden unterhalb des Kopfs der Mitteldrucksäule (2) entnommen und der Niederdrucksäule (3) zugeleitet (66) wird. 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite sauerstoffangereicherte Fraktion (53, 57), die in die Niederdrucksäule (3) eingeleitet wird, aus der Hochdrucksäule (1) abgezogen wird. 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Niederdrucksäule (3) eine Sauerstoff-Fraktion (67) erzeugt wird, mindestens ein Teil der Sauerstoff-Fraktion (67) flüssig aus der Niederdrucksäule (3) entnommen, in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht (68) und in die Mitteldrucksäule (2) eingeleitet (69, 70, 370) wird und dass der Mitteldrucksäule (2) ein Sauerstoff-Produkt (71) entnommen wird. 15
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flüssig auf Druck gebrachte Sauerstoff-Fraktion (370) aus der Niederdrucksäule mindestens einen theoretischen Boden oberhalb des Sumpfs in die Mitteldrucksäule (2) eingeleitet wird. 20
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sauerstoff-Produkt (71) flüssig aus der Mitteldrucksäule (2) abgezogen, in einen Nebenkondensator (49) eingeleitet und dort durch indirekten Wärmeaustausch mit einem Heizmedium, insbesondere mit Stickstoff (48) aus der Hochdrucksäule (1), mindestens teilweise verdampft wird. 25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Teil (79) des Sauerstoff-Produkts (71) flüssig aus der Mitteldrucksäule (2) oder aus dem Nebenkondensator (49) abgezogen, in flüssigem Zustand auf einen Druck gebracht (80) wird, der höher als der Betriebsdruck der Mitteldrucksäule (2) ist, und unter diesem Druck durch indirekten Wärmeaustausch (40) verdampft wird. 30
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Stickstoff-Fraktion (51) aus der Hochdrucksäule (1) und/oder Stickstoff-Fraktion (61) aus der Mitteldrucksäule (2) angewärmt (40) und als Druckstickstoff-Produkt (52, 62) gewonnen wird. 35

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stickstoff-Fraktion flüssig aus der Hochdrucksäule (1) entnommen, in flüssigem Zustand auf einen Druck gebracht wird, der höher als der Betriebsdruck der Hochdrucksäule (1) ist, und unter diesem Druck durch indirekten Wärmeaustausch verdampft wird. 40

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Einsatzluftstrom (20) in dem Luftverdichter (21) auf etwa den Betriebsdruck der Mitteldrucksäule (2) verdichtet und ohne weitere druckverändernde Maßnahmen in die Mitteldrucksäule (2) eingeleitet (24, 25, 225, 236) wird. 45

14. Kombinierte Vorrichtung zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft und zur Energie-Erzeugung mit einem Drei-Säulen-System, das eine Hochdrucksäule (1), eine Mitteldrucksäule (2) und eine Niederdrucksäule (3) aufweist, und mit einem Gasturbinen-System, das eine Gasturbine, einen von der Gasturbine angetriebenen Gasturbinen-Verdichter (11) und eine Brennkammer aufweist, und mit

- (a) einer ersten Einsatzluftleitung (10, 14, 15, 16), die vom Austritt des Gasturbinen-Verdichters (11) in die Hochdrucksäule (1) führt, mit
- (b) einem mit von der Gasturbine gekoppelten Luftverdichter (21) und einer zweiten Einsatzluftleitung (25, 225, 236), die vom Austritt des Luftverdichters (21) in die Mitteldrucksäule (2) führt, mit
- (c) einer ersten Rohsauerstoffleitung (53, 54) zur Einleitung einer ersten sauerstoffangereicherten Fraktion aus der Hochdrucksäule (1) in die Mitteldrucksäule (2), und mit
- (d) einer zweiten Rohsauerstoffleitung (53, 57) zur Einleitung einer zweiten sauerstoffangereicherten Fraktion in die Niederdrucksäule (3). 50



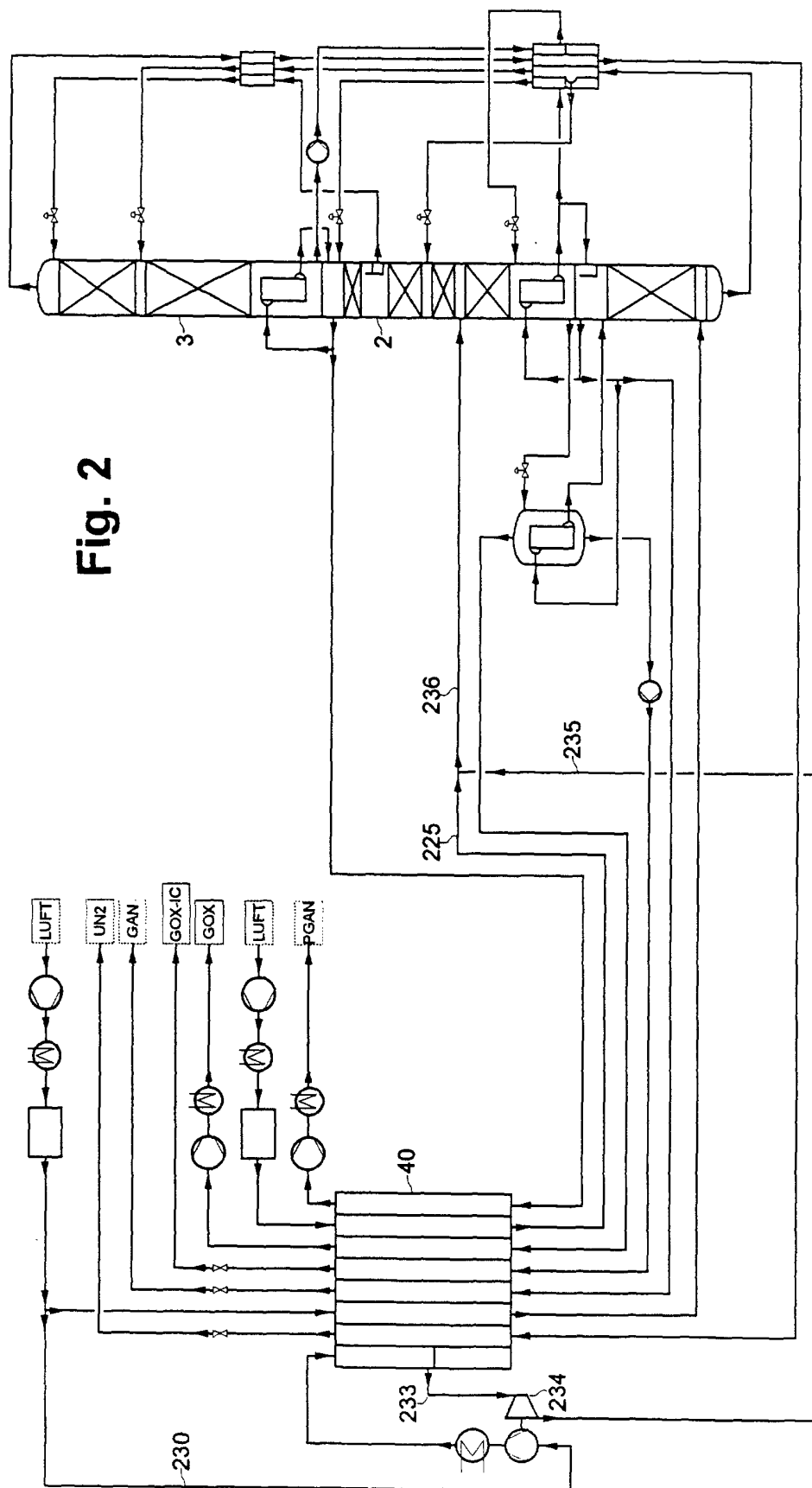
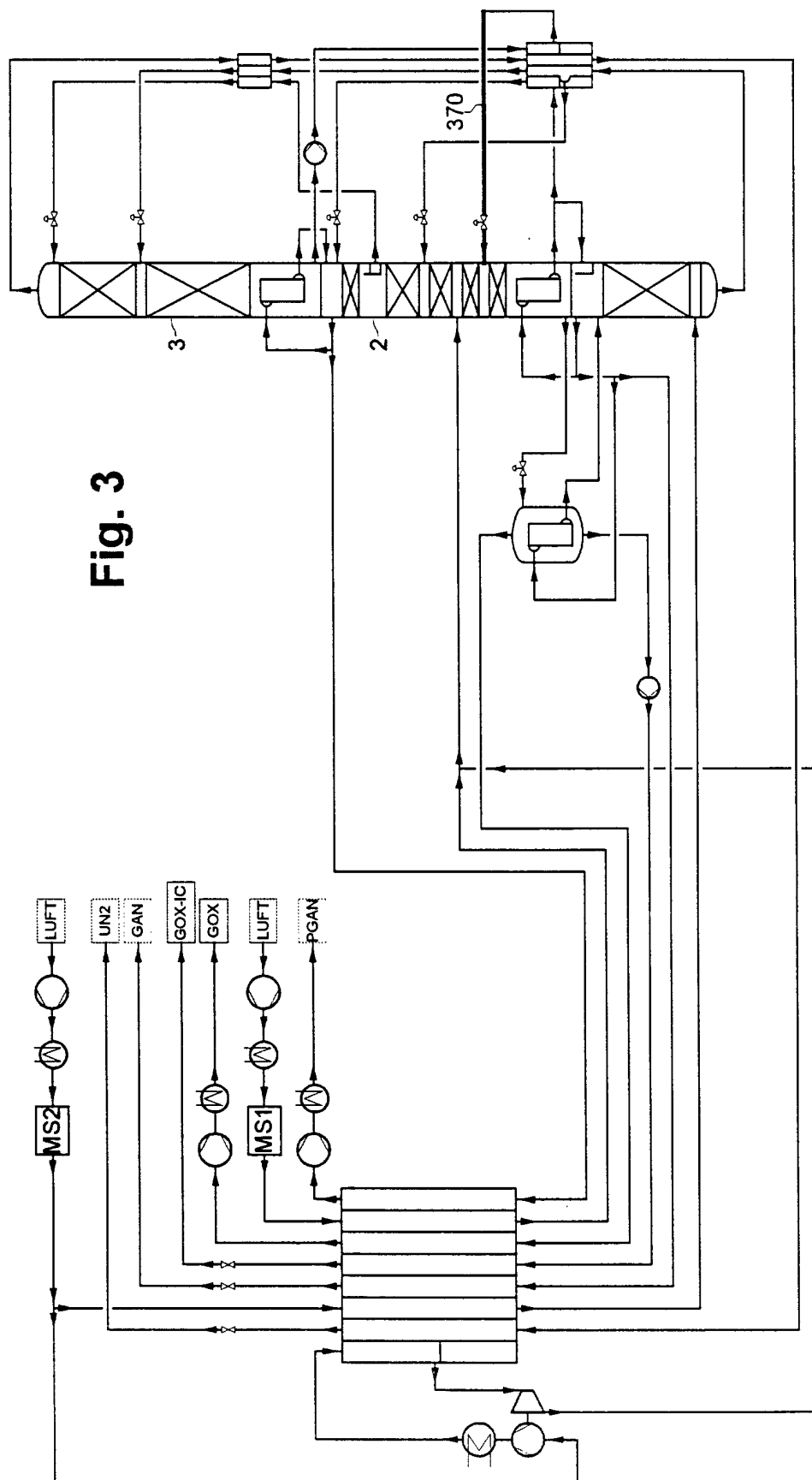


Fig. 2

Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 10 3828

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 0 476 989 A (AIR PROD & CHEM) 25. März 1992 (1992-03-25) * Seite 7, Zeile 32 - Zeile 38; Abbildung 3; Tabelle II * * Seite 7, Zeile 54 - Zeile 56 * * Seite 8, Zeile 21 - Zeile 41 * ---	1-5,11, 13,14	F25J3/04
X,D	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 10, 31. August 1999 (1999-08-31) & JP 11 132652 A (NIPPON SANJO KK), 21. Mai 1999 (1999-05-21) * Zusammenfassung * ---	1,3-5,7, 8,11,14	
A	EP 0 717 249 A (BOC GROUP PLC) 19. Juni 1996 (1996-06-19) * Spalte 7, Zeile 34 - Zeile 48; Abbildungen 1,2 * * Spalte 8, Zeile 58 - Zeile 59 * ---	1-14	
A	DE 199 36 962 A (LINDE TECH GASE GMBH) 28. September 2000 (2000-09-28) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * ---	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	EP 0 694 745 A (BOC GROUP PLC) 31. Januar 1996 (1996-01-31) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * -----	1-14	F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 3. August 2001	Prüfer Bertin, S
KATEGORIE DER GENANNTE 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 C3 B2 (P04/2003)

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

EP 01 10 3828

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.

03-08-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0476989 A	25-03-1992	US 5069699 A	03-12-1991
		CA 2051076 A,C	21-03-1992
		DE 69100475 D	11-11-1993
		DE 69100475 T	05-05-1994
		NO 178278 B	13-11-1995
JP 11132652 A	21-05-1999	KEINE	
EP 0717249 A	19-06-1996	AU 707805 B	22-07-1999
		AU 4048995 A	27-06-1996
		DE 69516377 D	25-05-2000
		DE 69516377 T	07-12-2000
		US 5609041 A	11-03-1997
		ZA 9510410 A	07-05-1996
DE 19936962 A	28-09-2000	KEINE	
EP 0694745 A	31-01-1996	AU 685635 B	22-01-1998
		AU 2485395 A	08-02-1996
		CN 1123399 A	29-05-1996
		DE 69512847 D	25-11-1999
		DE 69512847 T	31-08-2000
		PL 309755 A	05-02-1996
		US 5577394 A	26-11-1996
		ZA 9505845 A	21-02-1996

EPO FORM P461

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