

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 067 345 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.01.2001 Patentblatt 2001/02

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

(21) Anmeldenummer: 99121174.9

(22) Anmeldetag: 22.10.1999

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

(72) Erfinder: Corduan, Horst Dipl.-Ing.
82178 Puchheim (DE)

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

(30) Priorität: 05.07.1999 DE 19930731

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

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Tieftemperaturerlegung von Luft

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Tieftemperaturerlegung von Luft. Verdichtete und gereinigte Einsatzluft (9, 10, 20) wird in einem Hauptwärmetauscher (30) abgekühlt und mindestens zum Teil einer Rektifiziersäule (50) zugeführt (12, 33). Ein erster Teilstrom (26) der Einsatzluft wird dem Hauptwärmetau-

scher (30) zugeführt, mindestens zum Teil bei einer ersten Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher entnommen (28) und einer Kaltverdichtung (29) zugeführt. Der erste Teilstrom (26) wird stromaufwärts seiner Entnahme (28) bei der ersten Zwischentemperatur im Hauptwärmetauscher (30) angewärmt (27).

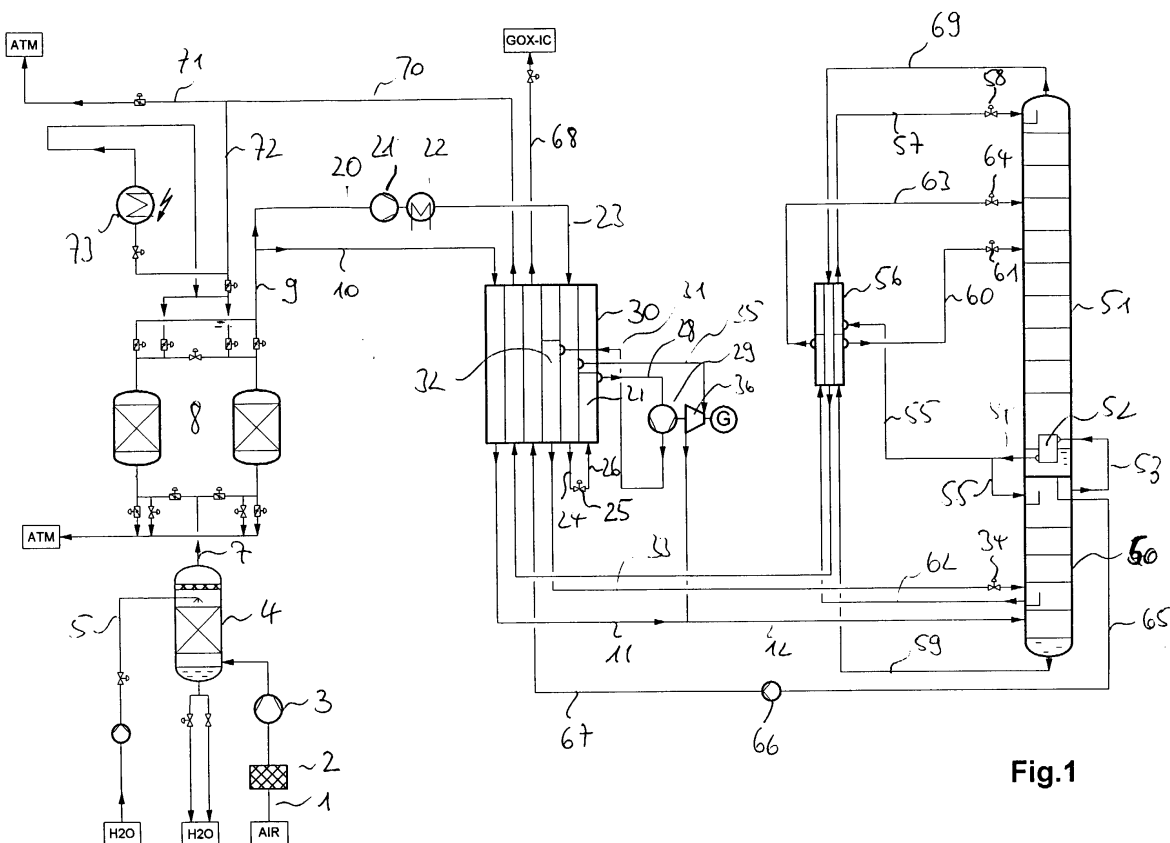


Fig.1

EP 1 067 345 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, bei dem verdichtete und gereinigte Einsatzluft in einem Hauptwärmetauscher abgekühlt und mindestens zum Teil einer Rektifiziersäule zugeführt wird, wobei ein erster Teilstrom der Einsatzluft bei einer Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher entnommen und unter dieser Zwischentemperatur einer Kaltverdichtung zugeführt wird.

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

[0003] Die Erfindung kommt in solchen Fällen zum Einsatz, in denen ein Teil der Einsatzluft ("erster Teilstrom") nachverdichtet wird, beispielsweise um zur Verdampfung eines flüssigen Prozeßstroms eingesetzt zu werden. Bei dem flüssigen Prozeßstrom kann es sich um einen Produktstrom (z.B. flüssigen Sauerstoff, flüssigen Stickstoff oder flüssiges Argon) aus einer Rektifiziersäule, um die Sumpf- oder Zwischenflüssigkeit einer Rektifiziersäule oder auch um eine externe Flüssigkeit handeln, die beispielsweise einem Speichertank entnommen wird. Es ist auch möglich, zwei oder mehr derartige Prozeßströme gegen den nachverdichteten Luftteilstrom zu verdampfen.

[0004] Der "Hauptwärmetauscher" wird vorzugsweise durch einen einzigen Wärmetauscherblock gebildet. Bei größeren Anlagen kann es sinnvoll sein, den Hauptwärmetauscher durch mehrere hinsichtlich es Temperaturverlaufs parallelgeschaltete Stränge zu realisieren, die durch voneinander getrennte Bauelemente gebildet werden. Grundsätzlich ist es möglich, daß der Hauptwärmetauscher beziehungsweise jeder dieser Stränge durch zwei oder mehr seriell verbundene Blöcke gebildet wird.

[0005] In vielen Fällen wird diese Nachverdichtung auf konventionelle Weise durchgeführt, indem der Luftteilstrom bei etwa Umgebungstemperatur einer entsprechenden Maschine zugeführt wird. Alternativ kann ein Kaltverdichter zur Nachverdichtung verwendet werden. Unter "Kaltverdichtung" wird hier ein Verdichtungs Vorgang verstanden, bei dem das Gas der Verdichtung bei einer Temperatur zugeführt wird, die deutlich unterhalb der Umgebungstemperatur liegt, im allgemeinen unterhalb von 250 K, vorzugsweise unterhalb von 200 K.

[0006] Aus WO 9528610 oder EP 644388 A sind Verfahren bekannt, bei denen die Kaltverdichtung bei einer Zwischentemperatur durchgeführt wird, die zwischen den Temperaturen am warmen und kalten Ende des Hauptwärmetauschers liegt. Diese Zwischentemperatur kann insbesondere an demjenigen Punkt liegen, an dem sich die Kurven der anzuwärmenden und abzukühlenden Ströme im Wärmeaustauschdiagramm (Q-T-Diagramm) des Hauptwärmetauschers am nächsten kommen ("theoretical pinch point").

[0007] Bei den bekannten Verfahren wird der Luftteilstrom, der zur Kaltverdichtung führt, im Hauptwärmetauscher vom warmen Ende her bis zu der Zwischentemperatur abgekühlt und an der entsprechenden Zwischenstelle des Hauptwärmetauschers unmittelbar aus Abkühlpassagen entnommen.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren der eingangs genannten Art und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die energetisch besonders günstig zu betreiben sind.

[0009] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der erste Teilstrom stromaufwärts seiner Entnahme im Hauptwärmetauscher angewärmt wird.

[0010] Gemäß der Erfindung wird der für die Kaltverdichtung vorgesehene Luftteilstrom also zunächst weiter als eigentlich nötig im Hauptwärmetauscher abgekühlt, also über die Zwischentemperatur hinaus, die etwa der Eintrittstemperatur der Kaltverdichtung entspricht. Anschließend wird er - ebenfalls im Hauptwärmetauscher - wieder auf die Zwischentemperatur angewärmt. Diese Verfahrensweise erscheint auf den ersten Blick ungünstig, da durch die an sich unnötige Abkühlung und Rückerwärmung mit zusätzlichen Austauschverlusten und damit höherem Energieverbrauch zu rechnen ist. Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch herausgestellt, daß dadurch der Wärmeübergang im kalten Teil des Hauptwärmetauschers (unterhalb der Zwischentemperatur) verbessert wird.

[0011] Im kalten Teil des Hauptwärmetauschers weisen die anzuwärmenden und abzukühlenden Ströme nämlich eine höhere Dichte auf als im warmen Teil. Die Wärmetauscherpassagen, die sie durchströmen, haben in der Regel aus konstruktiven Gründen dieselbe Anzahl und dieselben Querschnitte. Die Passagen werden im kalten Teil sozusagen mit einer Unterlast von etwa 20 % betrieben. Aufgrund dieser Tatsache sind die Strömungsverhältnisse im kalten Teil des Hauptwärmetauschers nicht optimal. Die Erfindung erreicht hier eine Verbesserung, indem der - ohnehin speziell zu behandelnde - Luftteilstrom für die Kaltverdichtung sowohl die abzukühlenden, als auch die anzuwärmenden Ströme ergänzt. Es hat sich herausgestellt, daß die Verbesserung des Wärmeübergangs durch die im Rahmen der Erfindung optimierten Strömungsverhältnisse im kalten Teil des Hauptwärmetauschers die erwartungsgemäßen zusätzlichen Austauschverluste überkompensiert und insgesamt zu einen energetisch besonders günstigen Prozeß führt. Außerdem führt der zusätzliche Mengenstrom im kalten Teil des Hauptwärmetauschers zu einem steileren Verlauf der Kurven der anzuwärmenden und abzukühlenden Ströme im Q-T-Diagramm und damit zu einer Verbesserung an der Stelle, an der diese Kurven am nächsten kommen ("theoretical pinch point").

[0012] Der erste Teilstrom kann stromabwärts der Kaltverdichtung gegen einen verdampfenden Prozeßstrom mindestens teilweise verflüssigt werden. Dieser Wärmeaustauschschritt kann entweder im

Hauptwärmetauscher oder in einem separaten Kondensator-Verdampfer durchgeführt werden. Besonders günstig ist diese Verfahrensweise, wenn das gesamte Sauerstoffprodukt oder ein großer Teil davon als Flüssigkeit aus der Rektifikation entnommen, in flüssiger Form auf Druck gebracht und schließlich gegen den kaltverdichteten Luftteilstrom verdampft wird. In diesem Fall wird gerade soviel Luft kaltverdichtet, daß durch die Strömungsverhältnisse im kalten Teil des Hauptwärmetauschers durch die erfindungsgemäße Wiederanwärmung dieses Luftteilstroms praktisch optimal sind.

[0013] Vorzugsweise wird der erste Teilstrom vor seiner Anwärmung in das kalte Ende des Hauptwärmetauschers eingeführt. Er wird also zunächst vollständig durch den Hauptwärmetauscher geführt und strömt bei seiner Anwärmung nochmals durch den gesamten kalten Teil des Hauptwärmetauschers, so daß der gesamte kalte Teil des Hauptwärmetauschers in den Genuß der verbesserten Durchströmung kommt.

[0014] Die Abkühlung des ersten Teilstroms kann dabei separat von oder gemeinsam mit anderen Teilen der Einsatzluft durchgeführt werden. Dazu wird ein Abkühlluftstrom im Hauptwärmetauscher abgekühlt, am kalten Ende des Hauptwärmetauschers entnommen und mindestens zum Teil als erster Teilstrom wieder dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers zugeführt.

[0015] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann es günstig sein, vor der Wiederanwärmung des ersten Teilstroms flüssige Anteile abzutrennen. Hierzu wird der Abkühlluftstrom nach seiner Entnahme aus dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers einer Phasentrennung unterworfen, wobei der erste Teilstrom mindestens durch einen Teil der aus der Phasentrennung entnommenen Dampfphase gebildet wird. Vorzugsweise wird der gesamte Dampfanteil aus der Phasentrennung zur Kaltverdichtung geführt, während die abgeschiedene Flüssigkeit in die oder eine der Rektifiziersäulen eingespeist wird, zum Beispiel in die Drucksäule eines Zweisäulenapparats.

[0016] Insbesondere in diesem Fall ist es günstig, wenn der Abkühlluftstrom entspannt wird, bevor er der Phasentrennung unterworfen wird. Aber auch bei fehlender Phasentrennung kann es sinnvoll sein, den Abkühlluftstrom abzudrosseln, bevor er als erster Teilstrom dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers zugeführt wird.

[0017] Grundsätzlich kann der gesamte Strom, der der Kaltverdichtung unterworfen wird, durch den ersten Teilstrom gebildet werden, der an der Zwischenstelle aus dem Hauptwärmetauscher abgezogen wird. In vielen Fällen ist es jedoch günstiger, wenn der Abkühlluftstrom in den ersten Teilstrom und in einen zweiten Teilstrom aufgeteilt wird, wobei der erste Teilstrom in das kalte Ende des Hauptwärmetauschers eingeführt wird und der zweite Teilstrom ohne temperaturverändernde Maßnahmen mit dem ersten Teilstrom zwischen seiner Entnahme bei der ersten Zwischentemperatur und der Kaltverdichtung zugeführt wird. Hierdurch wird zusätz-

lich Kälte in den Kaltverdichtungsstrom eingeführt, die zur teilweise oder vollständigen Kompensation oder unter Umständen sogar zur Überkompensation bei der Kaltverdichtung erzeugten Kompressionswärme dient. Hiermit erhält man einen zusätzlichen Parameter, der zur Optimierung des Wärmeaustauschprozesses eingesetzt werden kann.

[0018] Der erste Teilstrom kann stromabwärts der Kaltverdichtung an einer Zwischenstelle des Hauptwärmetauschers, die einer zweiten Zwischentemperatur entspricht, dem Abkühlluftstrom zugeführt werden. Ohne die im vorigen Absatz beschriebene Kompensation der Kompressionswärme liegt diese zweite Zwischentemperatur oberhalb der ersten Zwischentemperatur. Bei Vermischung mit dem sehr kalten zweiten Teilluftstrom stromaufwärts der Kaltverdichtung kann die zweite Zwischentemperatur bei oder sogar unterhalb der ersten Zwischentemperatur liegen.

[0019] Es ist außerdem günstig, wenn ein Turbinenluftstrom im Hauptwärmetauscher auf eine dritte Zwischentemperatur abgekühlt und anschließend arbeitsleistend entspannt wird, wobei mindestens eine Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung erzeugten mechanischen Energie zum Antrieb der Kaltverdichtung eingesetzt wird. Falls die für das Verfahren benötigte Kälte nicht durch eine weitere Entspannungsmaschine erzeugt wird, ist es notwendig, die Entspannungsmaschine nicht nur mit dem Kaltverdichter, sondern zusätzlich mit einem Generator oder einem Bremsgebläse zu koppeln.

[0020] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß den Ansprüchen 5 bis 8.

[0021] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel für die Erfindung,
- Figur 2 eine Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels,
- Figur 3 ein zweites Ausführungsbeispiel für die Erfindung und
- Figur 4 eine Abwandlung des zweiten Ausführungsbeispiels.

[0022] Atmosphärische Luft 1 wird nach Durchströmen eines Filters 2 verdichtet (3) und Direktkontaktkühler 4 eingeleitet. Sie tritt dort in Gegenstromkontakt mit flüssigem Wasser 5. Das bei dem direkten Wärmeaustausch flüssig verbliebene Wasser 6 wird aus dem Direktkontaktkühler 4 abgezogen. Die abgekühlte und mit Wasserdampf beladene Luft 7 wird in einer Reinigungseinrichtung 8 von Wasser und Kohlendioxid und gegebenenfalls von weiteren Verunreinigungen befreit. Die Reinigungseinrichtung 8 wird vorzugsweise durch mindestens zwei umschaltbare Behälter gebildet, die mit ei-

nem Adsorbens, beispielsweise einem Molekularsieb gefüllt sind.

[0023] Der gereinigte Einsatzluftstrom 9 wird in einen ersten Hauptluftstrom 10 und einen zweiten Hauptluftstrom 20 aufgeteilt. Ersterer strömt zum warmen Ende eines Hauptwärmetauschers 30, wird im Hauptwärmetauscher 30 auf etwa Taupunkt abgekühlt, am kalten Ende wieder entnommen und schließlich über die Leitungen 11 und 12 dem Sumpf der Drucksäule 50 einer Doppelsäule zugeleitet.

[0024] Der zweite Hauptluftstrom 20 wird in einem extern angetriebenen Nachverdichter 21 weiter verdichtet und nach Durchströmen eines Nachkühlers 22 ebenfalls am warmen Ende in den Hauptwärmetauscher 30 eingeführt (Leitung 23). Ein Teil 24 des zweiten Hauptluftstroms, der "Abkühlluftstrom" verbleibt bis zum kalten Ende im Hauptwärmetauscher 30 und wird - gegebenenfalls nach leichter Drosselung 25 als "erster Teilstrom" 26 wieder in den Hauptwärmetauscher 30 eingeleitet, und zwar in die Anwärm passages 17. Bei einer ersten Zwischentemperatur wird der erste Teilstrom über Leitung 28 entnommen und einem Kaltverdichter 29 zugeführt. Der kaltverdichtete erste Teilstrom 31 wird bei einer zweiten Zwischentemperatur, die in dem Beispiel höher als die erste Zwischentemperatur ist, wieder in den Hauptwärmetauscher 30 eingeführt, und zwar in die Abkühl passages 32. Nach Abkühlung und mindestens teilweiser Verflüssigung im Hauptwärmetauscher wird der erste Teilstrom 33 schließlich über das Ventil 34 in die Drucksäule 50 eingespeist. Die Einspeisestelle liegt einen oder mehrere theoretische beziehungsweise praktische Böden oberhalb des Drucksäulensumpfs.

[0025] Ein anderer Teil 35 des zweiten Hauptluftstroms 23 wird bei einer dritten Zwischentemperatur, die in dem Beispiel zwischen der ersten und der zweiten Zwischentemperatur liegt, als "Turbinenluftstrom" entnommen und einer Entspannungsmaschine 36 zugeführt, die über eine gemeinsame Welle mit dem Kaltverdichter 29 und einem Generator 37 gekoppelt ist. Die arbeitsleistend entspannte Luft 38 wird gemeinsam mit dem ersten Hauptluftstrom 11 über Leitung 12 zum Sumpf der Drucksäule 50 geführt.

[0026] Die Doppelsäule weist außer der Drucksäule 50 eine Niederdrucksäule 51 auf. Beide Teile stehen über einen gemeinsamen Kondensator-Verdampfer 52, den Hauptkondensator in wärmetauschender Verbindung. Kopfgas 53 der Drucksäule 50 wird im Hauptkondensator 52 mindestens teilweise kondensiert. Das Kondensat strömt zu einem ersten Teil 55 als Rücklauf zur Drucksäule 50 zurück, zu einem zweiten Teil 55 wird es in einem Unterkühlungsgegenströmer 56 unterkühlt und über Leitung 57 und Ventil 58 auf den Kopf der Niederdrucksäule 51 aufgegeben.

[0027] Rohsauerstoff aus dem unteren Bereich der Drucksäule 50 strömt in dem Beispiel auf zwei verschiedenen Wegen zur Niederdrucksäule 51. Eine erste Rohsauerstofffraktion 59 wird vom Sumpf der Drucksäule wird unterkühlt (56) und über Leitung 60 und Drossel-

ventil 61 in die Niederdrucksäule überführt. Auf Höhe der Einspeisung des verflüssigten ersten Teilluftstroms 33 wird eine zweite Rohsauerstofffraktion flüssig aus der Drucksäule 50 abgeführt und auf ähnliche Weise (Unterkühlung 56, Leitung 63 und Ventil 64) an etwas höherer Stelle in die Niederdrucksäule 51 eingespeist.

[0028] Das Sauerstoffprodukt wird über Leitung 65 flüssig aus dem Sumpf der Niederdrucksäule 51 abgezogen, durch eine Pumpe 66 in flüssigem Zustand auf den gewünschten Produktdruck gebracht, über Leitung 67 zum Hauptwärmetauscher 30 geführt, dort verdampft und auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt. Der Sauerstoff verläßt die Anlage über Leitung 68 als innenverdichtetes Produkt (GOX-IC, gaseous oxygen - internally compressed).

[0029] In dem Ausführungsbeispiel wird kein reiner Stickstoff hergestellt. Das stickstoffreiche Kopfprodukt 69 wird als Restgas im Unterkühlungsgegenströmer 56 und im Hauptwärmetauscher 30 angewärmt. Das warme Restgas 70 kann direkt über Leitung 71 in die Atmosphäre abgelassen werden und/oder über Leitung 72 - gegebenenfalls nach Erhitzen 73 - als Regeneriergas für die Reinigungseinrichtung 8 verwendet werden. Das feuchte Regeneriergas strömt über Leitung 74 zur Atmosphäre.

[0030] Abweichend von dem Ausführungsbeispiel kann in der Niederdrucksäule auf die bekannte Weise auch reiner Stickstoff gewonnen werden. Die Verdampfung des flüssig auf Druck gebrachten Sauerstoffs 67 kann auch außerhalb des Hauptwärmetauschers 30 in einem separaten Produktverdampfer (Nebenkondensator) durchgeführt wird, dessen Verflüssigungsraum von dem ersten Teilstrom stromabwärts der Kaltverdichtung 29 durchströmt wird.

[0031] Das Ausführungsbeispiel der Figur 2 entspricht dem Verfahren und der Vorrichtung von Figur 1 in weiten Teilen. Im folgenden werden lediglich die abweichenden Aspekte im einzelnen beschrieben.

[0032] In Figur 2 wird der Abkühlluftstrom 24 stromabwärts seiner Entnahme vom kalten Ende des Hauptwärmetauschers 30 beziehungsweise des optionalen Ventils 25 auf zwei Ströme aufgeteilt, nämlich den "ersten Teilstrom" 226 - 227 - 228, der analog zu dem Verfahren von Figur 1 zum Kaltverdichter 29 geführt wird, und eine "zweiten Teilstrom" 201, der - geregelt von Ventil 202 - am Hauptwärmetauscher 30 und insbesondere an den Anwärm passages 227 vorbeigeleitet und bei 203 dem auf die erste Zwischentemperatur angewärmten ersten Teilstrom 228 zugemischt wird. Das Gemisch strömt unter einer entsprechend niedrigeren Temperatur zum Eintritt des Kaltverdichters 29. Demzufolge weist auch die kaltverdichtete Luft 231 eine niedrigere Temperatur als bei Figur 1 auf, in dem konkreten Beispiel von Figur 2 ist die zweite Zwischentemperatur sogar geringer als die erste Zwischentemperatur. Entsprechend kürzer ausgebildet sind die Abkühl- und Verflüssigungspassagen 232 für den ersten Teilstrom stromabwärts der Kaltverdichtung.

[0033] Auch bezüglich Figur 3 werden im folgenden lediglich die Unterschiede zu Figur 1 detailliert besprochen. Der Abkühlluftstrom 24 wird hier nach Teilverflüssigung im Hauptwärmetauscher 30 und Drosselung 25 zwecks Phasentrennung in einen Abscheider 301 eingeleitet. Die flüssige Phase wird analog zum Strom 33 von Figur 1 über Leitung 333 und Ventil 334 in die Drucksäule 50 eingespeist. Der Dampf 326 aus dem Abscheider 301 bildet den "ersten Teilstrom", der wie in Figur 1 zur Kaltverdichtung 29 geführt wird. Stromabwärts der Kaltverdichtung 29 wird der kaltverdichtete erste Teilstrom 331 allerdings nicht in eigene Abkühlpassagen eingeführt, sondern mit dem zweiten Hauptluftstrom vermischt. Die kaltverdichtete Luftmenge wird somit in einem Kreislauf 24 - 25 - 301 - 326 - 29 - 331 geführt werden. Somit kann der Wärmeübergang im kalten Teil des Hauptwärmetauschers besonders günstig gestaltet werden.

[0034] Figur 4 unterscheidet sich auf dieselbe Weise von Figur 3 wie Figur 2 von Figur 1, nämlich durch einen zusätzlichen "zweiten Teilluftstrom" 401. Dieser wird hier aus demjenigen Teil 401 des Dampfes aus dem Abscheider 301 gebildet, der nicht über Leitung 426 als "erster Teilstrom" zum kalten Ende des Hauptwärmetauschers 30 geleitet wird. Wie in Figur 2 dient die Zumischung 403 des kalten zweiten Teilstroms 401 zum auf die erste Zwischentemperatur angewärmten ersten Teilstrom 428 der Kompensation beziehungsweise Überkompensation der Kompressionswärme, die bei der Kaltverdichtung 29 entsteht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, bei dem verdichtete und gereinigte Einsatzluft (9, 10, 20) in einem Hauptwärmetauscher (30) abgekühlt und mindestens zum Teil einer Rektifiziersäule (50) zugeführt (12, 33, 333) wird, wobei ein erster Teilstrom (26, 226, 326, 426) der Einsatzluft dem Hauptwärmetauscher (30) zugeführt, mindestens zum Teil bei einer ersten Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher entnommen (28, 228, 428) und einer Kaltverdichtung (29) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Teilstrom (26, 226, 326, 426) stromaufwärts seiner Entnahme (28, 228, 428) bei der ersten Zwischentemperatur im Hauptwärmetauscher (30) angewärmt (27, 227) wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Teilstrom (26, 226, 326, 426) vor seiner Anwärmung (27, 227) in das kalte Ende des Hauptwärmetauschers (30) eingeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Abkühlluftstrom (23, 24) im Hauptwärmetauscher (30) abgekühlt, am kalten Ende des Hauptwärmetauschers entnommen (24) und mindestens zum Teil als erster Teilstrom (26, 226, 326, 426) wieder dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers (30) zugeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abkühlluftstrom (24) nach seiner Entnahme aus dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers (30) einer Phasentrennung (301) unterworfen wird, wobei der erste Teilstrom (326, 426) mindestens durch einen Teil der aus der Phasentrennung (301) entnommenen Dampfphase gebildet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abkühlluftstrom (24) entspannt (25) wird, bevor er der Phasentrennung (301) unterworfen beziehungsweise als erster Teilstrom (26, 226) dem kalten Ende des Hauptwärmetauschers (30) zugeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abkühlluftstrom (24) in den ersten Teilstrom (226, 426) und in einen zweiten Teilstrom (201, 401) aufgeteilt wird, wobei der erste Teilstrom (226, 426) in das kalte Ende des Hauptwärmetauschers (30) eingeführt wird und der zweite Teilstrom (201, 401) ohne temperaturverändernde Maßnahmen mit dem ersten Teilstrom (228, 428) zwischen seiner Entnahme bei der ersten Zwischentemperatur und der Kaltverdichtung (29) zugeführt (203, 403) wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Teilstrom (331) stromabwärts der Kaltverdichtung (29) an einer Zwischenstelle des Hauptwärmetauschers (30), die einer zweiten Zwischentemperatur entspricht, dem Abkühlluftstrom (23, 24) zugeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Turbinenluftstrom (23, 35) im Hauptwärmetauscher (30) auf eine dritte Zwischentemperatur abgekühlt und anschließend arbeitsleistend entspannt (36) wird, wobei mindestens ein Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung (36) erzeugten mechanischen Energie zum Antrieb der Kaltverdichtung (29) eingesetzt wird.
9. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mit
 - einem Hauptwärmetauscher (30), der ein warmes und ein kaltes Ende aufweist, sowie Gruppen von Abkühl- und Anwärmpassagen aufweist, mit

- mindestens einer Rektifiziersäule (50), mit einer
- Einsatzluftleitung zur Zufuhr (9, 10, 20, 23) verdichteter und gereinigter Einsatzluft zu dem Hauptwärmetauscher (30) und zur Einspeisung (12, 33, 333) mindestens eines Teils der abgekühlten Einsatzluft in die Rektifiziersäule (50) und
- mit einer Kaltverdichtungsleitung (28, 228, 428), die von einer Zwischenstelle des Hauptwärmetauschers (30) zu einem Kaltverdichter (29) führt,

dadurch gekennzeichnet, daß die Kaltverdichtungsleitung (28, 228, 428) stromaufwärts des Kaltverdichters (29) an der Zwischenstelle mit einer Gruppe von Anwärmpassagen (27, 227) des Hauptwärmetauschers (30) verbunden ist.

- 10.** Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gruppe von Anwärmpassagen (27, 227) des Hauptwärmetauschers (30), die an der Zwischenstelle mit der Kaltverdichtungsleitung (28, 228, 428) verbunden sind, vom kalten Ende bis zu der Zwischenstelle durchgehend ausgebildet und am kalten Ende mit einer Gruppe von Abkühlpassagen verbunden (24, 26, 226, 326, 426) sind.

30

35

40

45

50

55

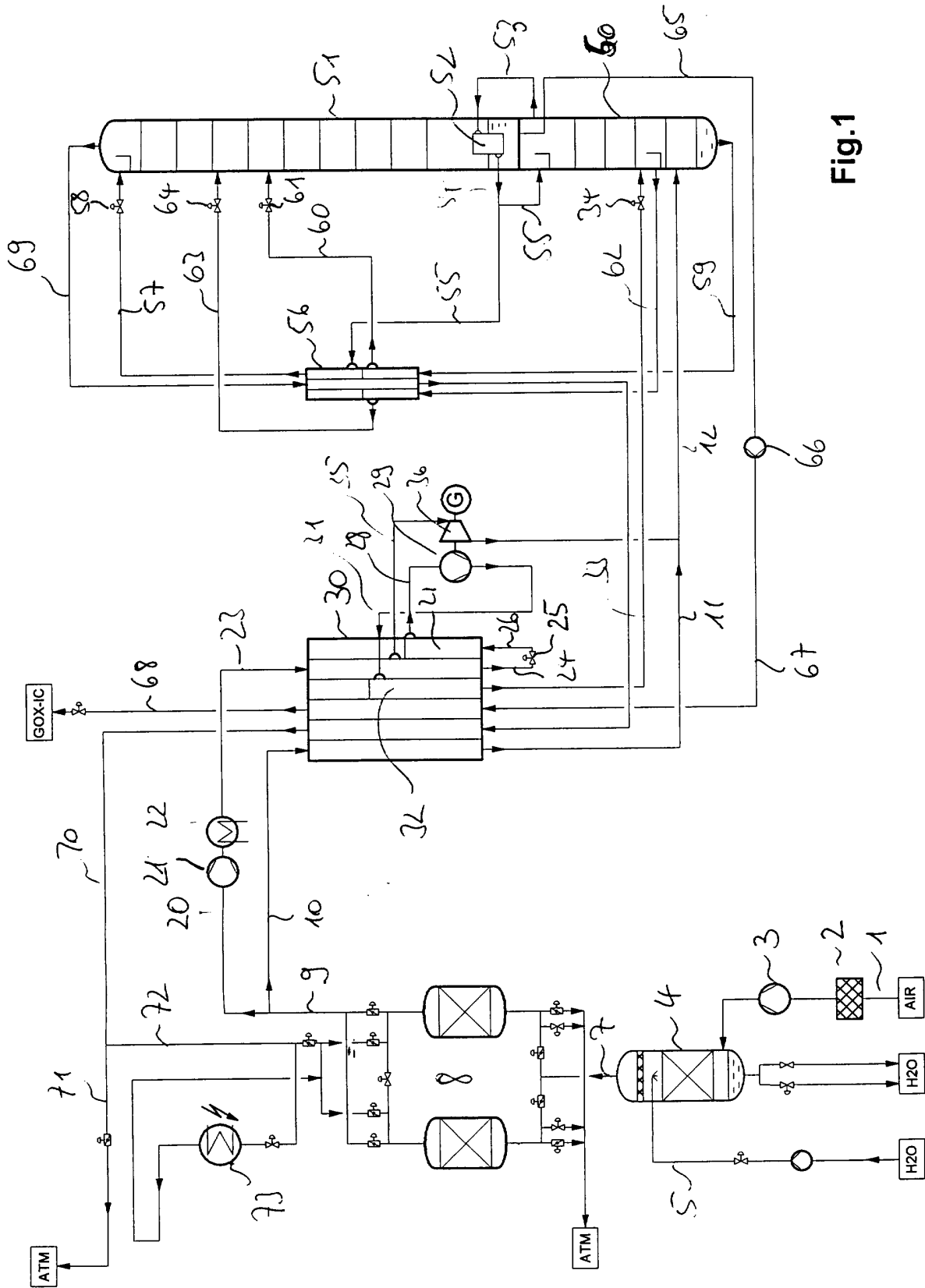


Fig.1

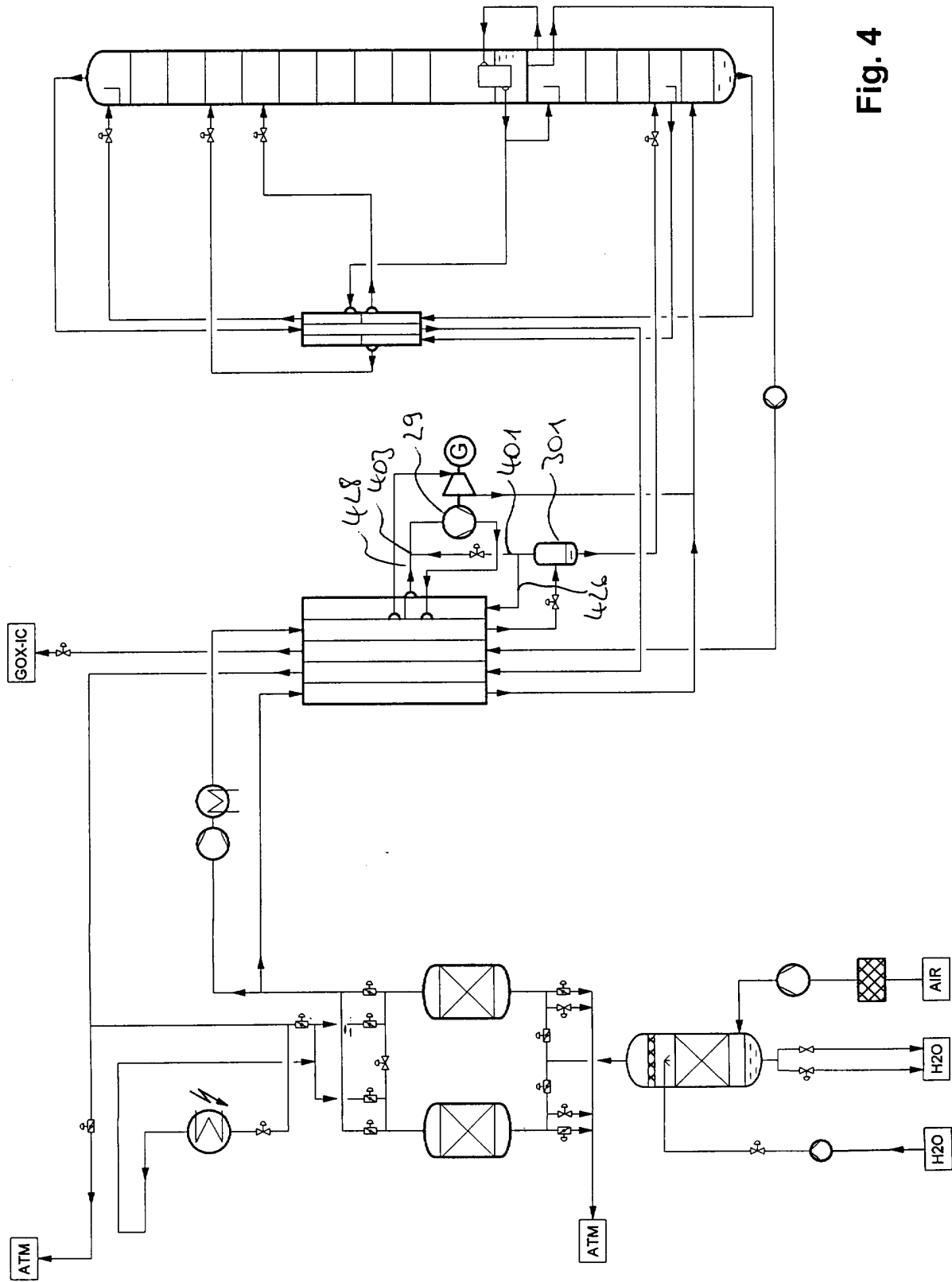


Fig. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 12 1174

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	EP 0 689 019 A (AIR LIQUIDE) 27. Dezember 1995 (1995-12-27) * Spalte 7, Zeile 20 - Zeile 27; Ansprüche; Abbildungen 2,3; Beispiele * * Spalte 8, Zeile 48 - Zeile 56 *	1	F25J3/04
P,A	EP 0 932 003 A (AIR PROD & CHEM) 28. Juli 1999 (1999-07-28) * Seite 4, Absatz 20; Abbildung 4 *	1	
A	US 4 224 045 A (ZIEMER JOHN H ET AL) 23. September 1980 (1980-09-23) * Spalte 7, Zeile 13 - Zeile 18; Abbildung 1 *	1	
D,A	WO 95 28610 A (AIR LIQUIDE) 26. Oktober 1995 (1995-10-26) * das ganze Dokument *	1	
A	EP 0 831 285 A (BOC GROUP PLC) 25. März 1998 (1998-03-25) * Spalte 12, Zeile 24 - Zeile 30; Abbildung 2 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F25J
Recherchenort	Abchlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	4. Mai 2000	Lapeyrere, J	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer		nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
O : nichtschriftliche Offenbarung		
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes	
		Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 99 12 1174

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

04-05-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0689019 A	27-12-1995	FR 2721383 A	22-12-1995
		CA 2152010 A	21-12-1995
		CN 1120652 A	17-04-1996
		DE 69511013 D	02-09-1999
		DE 69511013 T	20-01-2000
		ES 2136259 T	16-11-1999
		JP 8175806 A	09-07-1996
		US 5596885 A	28-01-1997
		ZA 9505051 A	15-02-1996
EP 0932003 A	28-07-1999	US 6009723 A	04-01-2000
		CN 1229185 A	22-09-1999
		JP 11257843 A	24-09-1999
US 4224045 A	23-09-1980	CA 1100863 A	12-05-1981
		DE 2933973 A	28-02-1980
		DE 2953795 C	09-09-1982
		DE 2953796 C	22-07-1982
		FR 2434351 A	21-03-1980
		GB 2028991 A, B	12-03-1980
		IN 153048 A	26-05-1984
		JP 1152567 C	30-06-1983
		JP 55063372 A	13-05-1980
		JP 57045993 B	30-09-1982
		ZA 7904302 A	27-08-1980
WO 9528610 A	26-10-1995	FR 2718836 A	20-10-1995
		CA 2180838 A	26-10-1995
		CN 1129479 A	21-08-1996
		DE 69507861 D	25-03-1999
		DE 69507861 T	07-10-1999
		EP 0707700 A	24-04-1996
		US 5904205 A	18-05-1999
		US 5787975 A	04-08-1998
		US 5857517 A	12-01-1999
EP 0831285 A	25-03-1998	US 5878598 A	09-03-1999

EPO FORM P0461

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