

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 074 805 A1

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
07.02.2001 Patentblatt 2001/06

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

(21) Anmeldenummer: 99118724.6

(22) Anmeldetag: 22.09.1999

(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: Rohde, Wilhelm  
81476 München (DE)

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

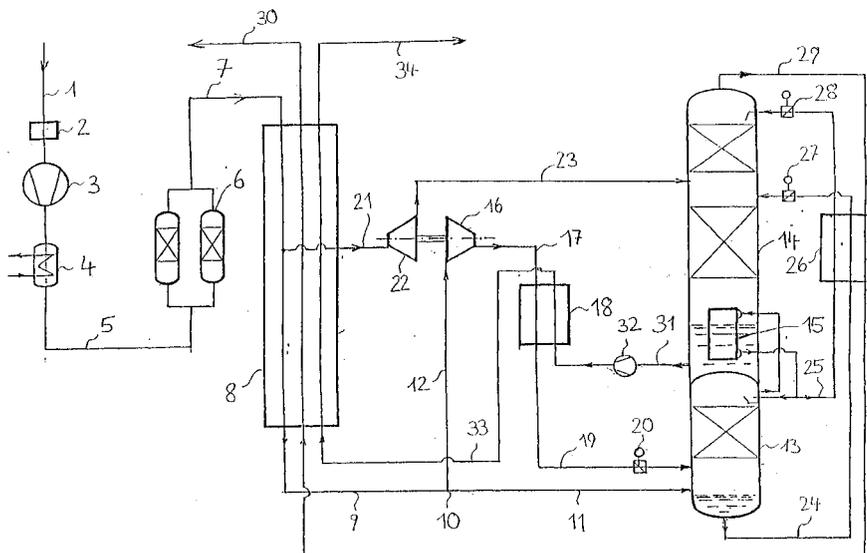
(30) Priorität: 05.08.1999 DE 19936816

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

#### (54) Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung von Sauerstoff unter überatmosphärischem Druck

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Gewinnung von Sauerstoff unter überatmosphärischem Druck durch Tieftemperatur-Luftzerlegung in einem Rektifiziersystem, das mindestens eine Drucksäule (13) und eine Niederdrucksäule (14) aufweist. Einsatzluft (1) wird auf einen ersten Druck verdichtet (3), der etwa gleich dem Betriebsdruck der Drucksäule (13) ist. Mindestens ein erster Teilstrom (11) der Einsatzluft (7) wird unter dem ersten Druck in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt und in die Drucksäule (13) eingeleitet. Der Niederdrucksäule (14) wird ein Sauerstoffstrom (31) entnommen, auf einen Abgabedruck, der höher als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule (14) ist, gebracht

(32), im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als Produkt (34) abgeführt. Ein Prozeßstrom (21) wird arbeitsleistend entspannt (22) und in die Niederdrucksäule (14) eingespeist (23), wobei mindestens ein Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung (22) erzeugten mechanischen Energie zum Antrieb eines Kaltverdichters (16) verwendet wird. Der Sauerstoffstrom (31) aus der Niederdrucksäule (14) wird im flüssigen Zustand auf den Abgabedruck gebracht (32) und durch indirekten Wärmeaustausch (18) mit einem zweiten Teilstrom (12, 17) der auf den ersten Druck verdichteten Einsatzluft (7) verdampft. Der zweite Teilstrom (12) wird stromaufwärts des indirekten Wärmeaustauschs (18) mittels des Kaltverdichters (16) auf einen zweiten Druck gebracht.



EP 1 074 805 A1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gewinnung von Sauerstoff unter überatmosphärischem Druck durch Tieftemperatur-Luftzerlegung in einem Rektifiziersystem, das mindestens eine Drucksäule und eine Niederdrucksäule aufweist, wobei Einsatzluft auf einen ersten Druck verdichtet wird, der etwa gleich dem Betriebsdruck der Drucksäule ist, mindestens ein erster Teilstrom der Einsatzluft unter dem ersten Druck in einem Hauptwärmetauscher abgekühlt und in die Drucksäule eingeleitet wird, wobei der Niederdrucksäule ein Sauerstoffstrom entnommen, auf einen Abgabedruck, der höher als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule ist, gebracht, im Hauptwärmetauscher angewärmt und als Produkt abgeführt wird, und wobei ein Prozeßstrom arbeitsleistend entspannt und in die Niederdrucksäule eingespeist wird und mindestens ein Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung erzeugten mechanischen Energie zum Antrieb eines Kaltverdichters verwendet wird.

**[0002]** Ein derartiges Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung sind aus DE 2544340 A bekannt. Hier wird die Tatsache ausgenutzt, daß die Kälteleistung einer Entspannungsturbine in vielen Fällen höher als der Kältebedarf der Anlage ist. Die überschüssige Energie wird zum Antrieb eines Kaltverdichters genutzt, der den Produktsauerstoff aus der Niederdrucksäule in gasförmigem Zustand verdichtet, bevor er im Hauptwärmetauscher angewärmt wird.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein derartiges Verfahren energetisch günstiger zu gestalten.

**[0004]** Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Sauerstoffstrom aus der Niederdrucksäule in flüssigem Zustand auf den Abgabedruck gebracht und durch indirekten Wärmeaustausch mit einem zweiten Teilstrom der auf den ersten Druck verdichteten Einsatzluft verdampft wird, wobei der zweite Teilstrom stromaufwärts des indirekten Wärmeaustauschs mittels des Kaltverdichters auf einen zweiten Druck gebracht wird.

**[0005]** Bei der Erfindung wird also nicht der Sauerstoffproduktstrom selbst mittels des von der Entspannungsmaschine angetriebenen Kaltverdichters auf einen erhöhten Druck gebracht, sondern ein Teilluftstrom, der zur Verdampfung des flüssig abgezogenen Sauerstoffstroms unter einem erhöhten Druck dient. Trotz dieser indirekten Übertragung der Energie auf den Sauerstoffproduktstrom hat sich im Rahmen der Erfindung herausgestellt, daß sich auf diese Weise ein größerer Effekt erzielen läßt, das heißt der Abgabedruck des Sauerstoffs wird bei gleichem Kälteverlust am Kaltverdichter höher als bei dem vorbekannten Verfahren.

**[0006]** Der erste Druck, auf den der erste und der zweite Teilstrom der Luft gemeinsam verdichtet werden, liegt geringfügig über dem Betriebsdruck der Drucksäule. Die Druckdifferenz ist vorzugsweise so bemessen, daß der erste Teilstrom der Luft den Strömungswider-

stand zwischen dem Luftverdichter und der Drucksäule ohne druckverändernde Maßnahmen überwinden kann, und beträgt beispielsweise 0,1 bis 0,5 bar.

**[0007]** Die Betriebsdrücke am Kopf der Rektifiziersäulen betragen beispielsweise 2,5 bis 10 bar, vorzugsweise 4 bis 7 bar in der Drucksäule und 1,05 bis 4 bar, vorzugsweise 1,1 bis 1,5 bar in der Niederdrucksäule.

**[0008]** Vorzugsweise wird bei dem Verfahren ein Luftverdichter als einzige extern angetriebene Maschine eingesetzt. Dieser bringt die Gesamtluft auf den ersten Druck, der gleichzeitig den Eintrittsdruck von Entspannungsmaschine und Kaltverdichter darstellt. Auf diese Weise kann das Sauerstoffprodukt unter einem Abgabedruck gewonnen werden, der beispielsweise 0,5 bis 4 bar, vorzugsweise 1 bis 3 bar über dem Betriebsdruck der Niederdrucksäule liegt, ohne daß damit ein zusätzlicher Energieverbrauch gegenüber der Gewinnung des Sauerstoffprodukts unter Niederdrucksäulendruck verbunden ist.

**[0009]** Der kaltverdichtete Teilluftstrom wird bei dem indirekten Wärmeaustausch mit dem verdampfenden Sauerstoff mindestens teilweise, vorzugsweise vollständig oder im wesentlichen vollständig kondensiert. Das Kondensat wird anschließend entspannt und der Drucksäule und/oder der Niederdrucksäule zugeleitet.

**[0010]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere zur Gewinnung von unreinem Sauerstoff mit einer Reinheit von 80 bis 99,5 mol%, vorzugsweise 90 bis 95 mol% unter überatmosphärischem Druck geeignet.

**[0011]** Bei dem Verfahren kann der arbeitsleistenden Entspannung beispielsweise Stickstoff vom Kopf der Drucksäule oder jede andere Fraktion aus der Drucksäule zugeführt werden. Vorzugsweise wird der Prozeßstrom, der der arbeitsleistenden Entspannung unterworfen wird, jedoch durch einen dritten Teilstrom der auf den ersten Druck verdichteten Einsatzluft gebildet.

**[0012]** Grundsätzlich ist es möglich, den indirekten Wärmeaustausch, bei dem der Produktsauerstoff gegen den kondensierenden zweiten Teilstrom der Luft verdampft, im Hauptwärmetauscher durchzuführen. Vorzugsweise ist dazu jedoch ein vom Hauptwärmetauscher getrennter Nebenkondensator vorgesehen, der als Umlaufverdampfer ausgebildet ist; alternativ dazu ist es im Prinzip auch möglich, einen Gegenstrom-Wärmetauscher oder einen Fallfilmverdampfer als Nebenkondensator einzusetzen.

**[0013]** Günstig ist es außerdem, wenn ein Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung erzeugten mechanischen Energie an eine Bremsvorrichtung abgegeben wird. Die Bremsvorrichtung kann beispielsweise durch ein Bremsgebläse und/oder einen Bremsgenerator gebildet sein und befindet sich außerhalb der Coldbox, die zur Isolierung der kalten Teile des Apparats dient. Dadurch kann Energie an die Umgebung abgegeben und damit die für das Verfahren notwendige Kälte gewonnen werden, ohne daß eine weitere Entspannungsmaschine eingesetzt wird. Vorzugsweise sind Entspannungsmas-

schine, Kaltverdichter und Bremsvorrichtung unmittelbar mechanisch gekoppelt, beispielsweise über eine gemeinsame Welle.

**[0014]** Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 5.

**[0015]** Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

**[0016]** Atmosphärische Luft 1 wird nach Durchströmen eines Filters 2 in einem Luftverdichter 3 auf einen ersten Druck verdichtet, der etwa gleich dem Betriebsdruck der Drucksäule 13 ist. (Zu Überwindung der Leitungsverluste muß der erste Druck etwas über dem Drucksäulendruck liegen beispielsweise von weniger als 1 bar, vorzugsweise 0,5 bar oder weniger.) Nach Entfernung der Kompressionswärme im Nachkühler 4 strömt die auf den ersten Druck verdichtete Luft 5 zu einer Reinigungseinrichtung 6, die durch ein Paar von umschaltbaren Molekularsiebadsorbent gebildet wird. Die auf den ersten Druck verdichtete Luft fließt nach der Reinigung 6 über Leitung 7 zum Hauptwärmetauscher 8 und wird dort zu einem Teil auf etwa Taupunkt abgekühlt. Die kalte Luft 9 wird bei 10 in einen ersten Teilstrom 11 und einen zweiten Teilstrom 12 aufgeteilt. Der erste Teilstrom 11 wird direkt in die Drucksäule 13 des Rektifiziersystems eingespeist, und zwar unmittelbar oberhalb des Sumpfs. Das Rektifiziersystem weist außerdem eine Niederdrucksäule 14 auf, die über einen gemeinsamen Kondensator-Verdampfer, den Hauptkondensator 15 in Wärmeaustauschbeziehung mit der Drucksäule 13 steht.

**[0017]** Der zweite Teilstrom 12 wird in einem Kaltverdichter 16 auf einen zweiten, höheren Druck gebracht, über Leitung 17 zu einem Nebenkondensator 18, der als Umlaufverdampfer ausgebildet ist (nicht dargestellt), geführt, und dort wesentlich vollständig verflüssigt. Die verflüssigte Luft 19 wird über ein Ventil 20 in die Drucksäule 13 eingedrosselt, entweder am Sumpf (siehe Zeichnung) oder an einer Zwischenstelle, die einige theoretische beziehungsweise praktische Böden oberhalb der Zuspisung des ersten Teilstroms 11 liegt.

**[0018]** Ein weiterer Anteil der auf den ersten Druck verdichteten und anschließend gereinigten Luft 7 wird bei einer Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher 8 herausgeführt und bildet den dritten Teilstrom 21. Dieser wird in einer Entspannungsturbine 22 arbeitsleistend auf etwa Niederdrucksäulendruck entspannt und über Leitung 23 direkt zur Niederdrucksäule 14 geführt. Die Entspannungsturbine 22 ist über eine gemeinsame Welle mit dem Kaltverdichter 16 und einem nicht dargestellten Bremsgenerator gekoppelt.

**[0019]** Flüssiger Rohsauerstoff 24 vom Sumpf der Drucksäule 13 und flüssiger Stickstoff 25 aus dem Hauptkondensator 15 werden im Unterkühlungs-Gegenströmer 26 abgekühlt und über die Ventile 27 beziehungsweise 28 auf die Niederdrucksäule 14 aufgegeben.

**[0020]** Am Kopf der Niederdrucksäule 14 wird stickstoffreiches Restgas 29 abgezogen und nach Anwärmerung im Unterkühlungs-Gegenströmer 26 und im Hauptwärmetauscher 8 über Leitung 30 abgeführt. Es kann auch als Regeneriergas in der Reinigungseinrichtung 6 eingesetzt werden (nicht dargestellt).

**[0021]** Als Sumpfprodukt der Niederdrucksäule 14 fällt flüssiger Sauerstoff mit der erforderlichen Reinheit an. Ein Teil wird über Leitung 31 flüssig abgezogen, mittels einer Pumpe 32 auf den erforderlichen Abgabedruck gebracht und unter diesem Druck im Nebenkondensator 18 verdampft. Das gasförmige Drucksauerstoffprodukt strömt über Leitung 33 zum Hauptwärmetauscher und wird über Leitung 34 unter etwa Umgebungstemperatur abgegeben.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von Sauerstoff unter überatmosphärischem Druck durch Tieftemperatur-Luftzerlegung in einem Rektifiziersystem, das mindestens eine Drucksäule (13) und eine Niederdrucksäule (14) aufweist, wobei Einsatzluft (1) auf einen ersten Druck verdichtet (3) wird, der etwa gleich dem Betriebsdruck der Drucksäule (13) ist, mindestens ein erster Teilstrom (11) der Einsatzluft (7) unter dem ersten Druck in einem Hauptwärmetauscher (8) abgekühlt und in die Drucksäule (13) eingeleitet wird, wobei der Niederdrucksäule (14) ein Sauerstoffstrom (31) entnommen, auf einen Abgabedruck, der höher als der Betriebsdruck der Niederdrucksäule (14) ist, gebracht (32), im Hauptwärmetauscher (8) angewärmt und als Produkt (34) abgeführt wird, und wobei ein Prozeßstrom (21) arbeitsleistend entspannt (22) und in die Niederdrucksäule (14) eingespeist (23) wird und mindestens ein Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung (22) erzeugten mechanischen Energie zum Antrieb eines Kaltverdichters (16) verwendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sauerstoffstrom (31) aus der Niederdrucksäule (14) im flüssigen Zustand auf den Abgabedruck gebracht (32) und durch indirekten Wärmeaustausch (18) mit einem zweiten Teilstrom (12, 17) der auf den ersten Druck verdichteten Einsatzluft (7) verdampft wird, wobei der zweite Teilstrom (12) stromaufwärts des indirekten Wärmeaustauschs (18) mittels des Kaltverdichters (16) auf einen zweiten Druck gebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Prozeßstrom, der der arbeitsleistenden Entspannung (22) unterworfen wird, durch einen dritten Teilstrom (21) der auf den ersten Druck verdichteten Einsatzluft (7) gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der indirekte Wärmeaustausch

in einem vom Hauptwärmetauscher (8) getrennten Nebenkondensator (18) durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Teil der bei der arbeitsleistenden Entspannung (22) erzeugten mechanischen Energie an eine Bremsvorrichtung abgegeben wird. 5
5. Vorrichtung zur Gewinnung von Sauerstoff unter überatmosphärischem Druck durch Tieftemperatur-Luftzerlegung, mit einem Rektifiziersystem, das mindestens eine Drucksäule (13) und eine Niederdrucksäule (14) aufweist, mit einem Luftverdichter (3) zur Verdichtung von Einsatzluft (1) auf einen ersten Druck, der etwa gleich dem Betriebsdruck der Drucksäule (13) ist, mit einer ersten Teilluftleitung (5, 7, 9, 11), die mit dem Luftverdichter (3) und der Drucksäule (13) verbunden ist und durch einen Hauptwärmetauscher (8) führt, mit einer Sauerstoffproduktleitung (31, 33, 34), die mit der Niederdrucksäule (14) verbunden ist und ein Mittel (32) zur Druckerhöhung aufweist, und mit einer Entspannungsmaschine (22), die mit einem Kaltverdichter (16) gekoppelt ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sauerstoffproduktleitung (31, 33, 34) zwischen der Niederdrucksäule (14) und dem Mittel (32) zur Druckerhöhung als Flüssigkeitsleitung ausgebildet ist, die mit dem Verdampfungsraum eines Kondensator-Verdampfers (18) verbunden ist, und daß die Vorrichtung eine zweite Teilluftleitung (5, 7, 9, 12, 17) aufweist, die vom Luftverdichter (3) über den Kaltverdichter (16) in den Verflüssigungsraum des Kondensator-Verdampfers (18) führt. 10  
15  
20  
25  
30

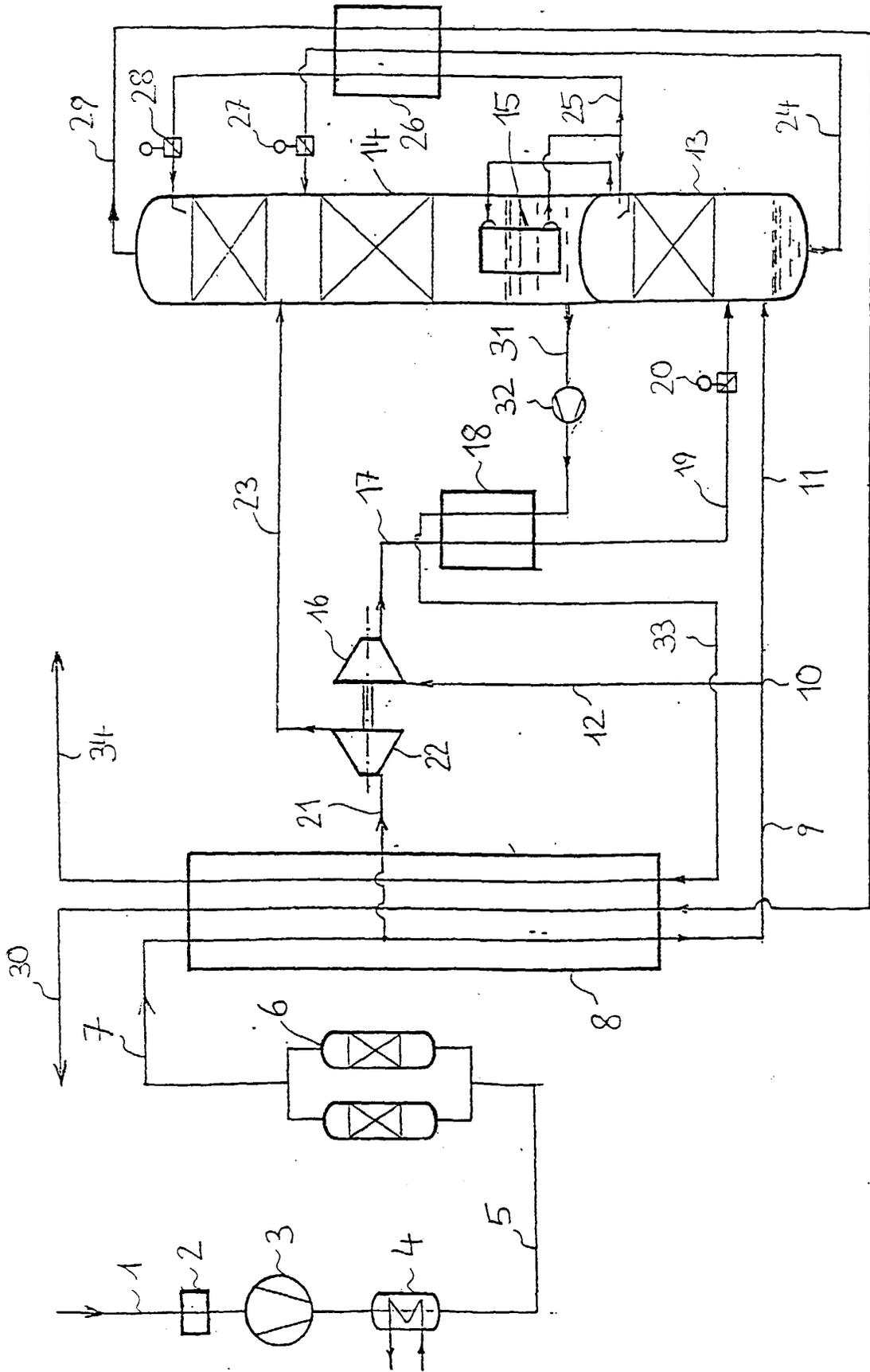
35

40

45

50

55





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 99 11 8724

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	EP 0 558 082 A (PRAXAIR TECHNOLOGY INC) 1. September 1993 (1993-09-01) * Spalte 4, Zeile 32 - Zeile 52; Ansprüche; Abbildungen *	1-5	F25J3/04
A	US 5 626 036 A (KOEBERLE YVES) 6. Mai 1997 (1997-05-06) * Spalte 2, Zeile 56 - Zeile 62; Ansprüche; Abbildungen *	1-5	
A	US 5 765 396 A (BONAQUIST DANTE PATRICK) 16. Juni 1998 (1998-06-16) * das ganze Dokument *	1-5	
A	US 4 702 757 A (KLEINBERG WILLIAM T) 27. Oktober 1987 (1987-10-27) * Spalte 2, Zeile 65 - Zeile 68; Ansprüche; Abbildungen * * Spalte 3, Zeile 4 - Zeile 10 *	1-5	
A	US 5 355 682 A (HOPKINS JEFFREY A ET AL) 18. Oktober 1994 (1994-10-18) * Spalte 2, Zeile 45 - Zeile 47; Ansprüche; Abbildungen *	1-5	
A	US 5 386 692 A (LAFORCE CRAIG S) 7. Februar 1995 (1995-02-07) * Spalte 4, Zeile 38 - Zeile 46; Ansprüche; Abbildungen * * Spalte 4, Zeile 59 - Zeile 65 * * Spalte 5, Zeile 1 - Zeile 4 *	1-5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F25J
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	6. April 2000	Lapeyrere, J	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

EPO FORM 1808 09.82 (P/4003)

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

EP 99 11 8724

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 Daten des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-04-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0558082 A	01-09-1993	US 5228296 A	20-07-1993
		BR 9300690 A	08-09-1993
		CA 2090503 A	28-08-1993
		CN 1076134 A	15-09-1993
		JP 6011258 A	21-01-1994
		MX 9301085 A	01-09-1993
US 5626036 A	06-05-1997	FR 2724011 A	01-03-1996
		AU 705278 B	20-05-1999
		AU 3026695 A	14-03-1996
		CN 1129793 A	28-08-1996
		EP 0699884 A	06-03-1996
		JP 8170876 A	02-07-1996
		ZA 9507202 A	20-05-1996
US 5765396 A	16-06-1998	BR 9800919 A	19-10-1999
		CA 2232405 A	19-09-1998
		CN 1198524 A	11-11-1998
		EP 0866292 A	23-09-1998
US 4702757 A	27-10-1987	KEINE	
US 5355682 A	18-10-1994	AT 173333 T	15-11-1998
		CA 2131656 A,C	16-03-1995
		CN 1103157 A	31-05-1995
		DE 69414517 D	17-12-1998
		DE 69414517 T	29-04-1999
		EP 0646755 A	05-04-1995
		ES 2123719 T	16-01-1999
		JP 2692700 B	17-12-1997
		JP 7151462 A	16-06-1995
		KR 141438 B	01-06-1998
		US 5386692 A	07-02-1995
CN 1112669 A	29-11-1995		
EP 0666459 A	09-08-1995		
JP 7260343 A	13-10-1995		

EPO FORM P0461

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