



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
30.08.2000 Patentblatt 2000/35

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **F25J 3/04**, F25J 3/00,  
F25J 5/00

(21) Anmeldenummer: **00102977.6**

(22) Anmeldetag: **14.02.2000**

(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:  
• **Schoenecker, Herbert, Grad.-Ing.**  
**82067 Ebenhausen (DE)**  
• **Voit, Jürgen, Dipl.-Ing.**  
**86938 Schondorf (DE)**

(30) Priorität: **26.02.1999 DE 19908451**  
**27.07.1999 EP 99114706**

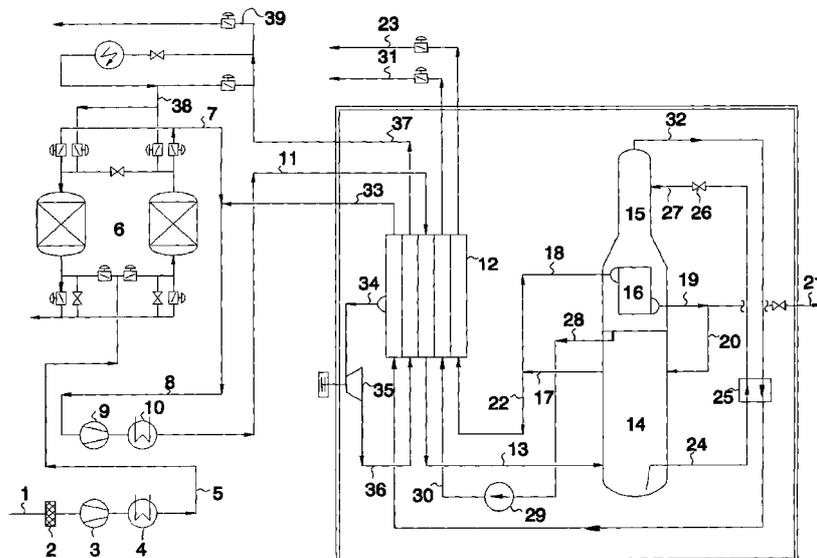
(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**  
**Linde AG**  
**Zentrale Patentabteilung**  
**Dr.-Carl-von-Linde-Strasse 6-14**  
**82049 Höllriegelskreuth (DE)**

(71) Anmelder:  
**Linde Technische Gase GmbH**  
**82049 Höllriegelskreuth (DE)**

(54) **Zweisäulensystem zur Tieftemperaturzerlegung von Luft**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft in einem Rektifiziersystem, das mindestens eine Drucksäule (14) und eine Niederdrucksäule (15) aufweist. Einsatzluft (1) wird in einem ersten Verdichter (3) auf einen ersten Druck  $p_1$  verdichtet (3), in einer Reinigungsstufe (6) gereinigt, abgekühlt (12) und mindestens teilweise in die Drucksäule (14) eingeleitet (13). Mindestens eine Flüssigfraktion (24) aus der Drucksäule (14) wird in die Niederdrucksäule (15) eingespeist (26, 27). Eine stick-

stoffreiche Fraktion (32) aus der Niederdrucksäule (15) wird angewärmt (25, 12) und mit Einsatzluft (7) vermischt. Die angewärmte stickstoffreiche Fraktion (33) wird stromabwärts der Reinigungsstufe (6) der Einsatzluft mit der Einsatzluft (7) vermischt. Das Gemisch (8) aus Einsatzluft und stickstoffreicher Fraktion wird in einem zweiten Verdichter (9) auf einen zweiten Druck  $p_2$ , der größer als der erste Druck  $p_1$  ist weiterverdichtet.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tief-  
temperaturzerlegung von Luft mit einem Rektifiziersystem, das mindestens eine Drucksäule und eine Niederdrucksäule aufweist, wobei Einsatzluft in einem ersten Verdichter auf einen ersten Druck verdichtet, in einer Reinigungsstufe gereinigt, abgekühlt und mindestens teilweise in die Drucksäule eingeleitet wird, mindestens eine Flüssigfraktion aus der Drucksäule in die Niederdrucksäule eingespeist wird und eine stickstoffreiche Fraktion aus der Niederdrucksäule angewärmt und mit Einsatzluft stromabwärts der Reinigungsstufe der Einsatzluft vermischt wird.

**[0002]** Ein Prozeß dieser Art sowie eine entsprechende Vorrichtung sind aus EP 810412 A, bekannt. Dort wird die stickstoffreiche Fraktion vor ihrer Vermischung mittels eines Verdichters rückverdichtet.

**[0003]** Ein ähnliches Verfahren ist aus der DE-3814187-C2 bekannt. Hier wird unreiner Stickstoff von einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule vor die erste Stufe des Luftverdichters zurückgeführt. Einen weiteren ähnlichen Prozeß zeigt US 4848996, wo der unreine Stickstoff am Kopf der Niederdrucksäule abgenommen und der Einsatzluft an einer Zwischenstufe des Luftverdichters zugemischt wird.

**[0004]** Die Rückführung der stickstoffreichen Fraktion in die Einsatzluft ist an sich vorteilhaft und erhöht die Produktausbeute. Das Verfahren ist dennoch einer weiteren Verbesserung zugänglich.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art sowie eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die wirtschaftlich besonders günstig sind und insbesondere relativ niedrige Investitionskosten benötigen.

**[0006]** Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß das Gemisch aus Einsatzluft und stickstoffreicher Fraktion in einem zweiten Verdichter auf einen zweiten Druck  $p_2$  weiterverdichtet wird, der größer als der erste Druck  $p_1$  ist.

**[0007]** Auf diese Weise wird der Aufwand beim Verdichten der Einsatzluft und beim Rückverdichten der stickstoffreichen Fraktion vergleichsweise gering gehalten. Der erste und der zweite Verdichter können ein- oder mehrstufig ausgeführt sein. Sie können unabhängig voneinander angetrieben oder über eine gemeinsame Welle oder ein Getriebe miteinander gekoppelt sein. Vorzugsweise liegt der erste Druck  $p_1$  in der Nähe des Betriebsdrucks der Niederdrucksäule, das heißt die Differenz zwischen den beiden genannten Drücken beträgt nicht mehr als etwa 0,5 bar.

**[0008]** Bevorzugte Wertebereiche für die Auslaßdrücke der beiden Verdichter sind:

erster Verdichter ( $p_1$ ):	2 bis 12 bar, vorzugsweise 3 bis 4 bar
zweiter Verdichter ( $p_2$ ):	6 bis 40 bar, vorzugsweise 9 bis 13 bar

**[0009]** Die konkreten Werte richten sich im Einzelfall nach dem gewünschten Abgabedruck des oder eines der Produkte (zum Beispiel Stickstoff), die in einer der Säulen gasförmig erzeugt werden, beziehungsweise nach dem Druck eines oder mehrerer Produktströme (Sauerstoff und/oder Stickstoff), die flüssig aus einer der Säulen entnommen und nach Druckerhöhung in flüssigem Zustand unter Abgabedruck verdampft werden.

**[0010]** Die "stickstoffreiche Fraktion" kann durch reinen Stickstoff oder durch ein Gemisch aus Luftgasen gebildet werden, dessen Stickstoffgehalt beispielsweise größer als etwa 50 mol% ist. Sie kann vom Kopf oder von einer Zwischenstelle der Niederdrucksäule abgezogen werden.

**[0011]** Es ist günstig, wenn die Anwärmung der stickstoffreichen Fraktion mindestens teilweise durch indirekten Wärmeaustausch mit der Einsatzluft, beispielsweise stromabwärts des zweiten Verdichters, durchgeführt wird.

**[0012]** Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens kommen besonders zum Tragen, wenn eine Stickstofffraktion aus dem oberen Bereich der Drucksäule entnommen, angewärmt und als Druckstickstoffprodukt abgezogen wird. Die günstige Form der Rückführung einer stickstoffreichen Fraktion aus der Niederdrucksäule in die Einsatzluft bewirkt eine besonders hohe Ausbeute an Druckstickstoffprodukt bei relativ geringem apparativen Aufwand.

**[0013]** Kälte kann in dem Verfahren durch arbeitsleistende Entspannung einer weiteren stickstoffreichen Fraktion aus der Niederdrucksäule erzeugt werden. Diese kann beispielsweise aus dem oberen Bereich, vorzugsweise vom Kopf der Niederdrucksäule abgezogen werden. Es ist günstig, wenn die rückzuführende und die arbeitsleistend zu entspannende stickstoffreiche Fraktion gemeinsam aus der Niederdrucksäule abgezogen und gegebenenfalls angewärmt werden. Die weitere stickstoffreiche Fraktion kann beispielsweise bei einer Zwischentemperatur des Hauptwärmetauschers zur Abkühlung von Einsatzluft von dem rückzuführenden Strom abgetrennt werden.

**[0014]** Alternativ oder zusätzlich kann eine sauerstoffhaltige Fraktion aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule arbeitsleistend entspannt werden, insbesondere in derselben Entspannungsmaschine. Dazu wird eine sauerstoffhaltige Fraktion zum Beispiel vom Sumpf der Niederdrucksäule oder aus dem Verdampfungsraum des Sumpfvverdampfers der Niederdrucksäule (Hauptkondensators) abgezogen, im Hauptwärmetauscher auf eine Zwischentemperatur angewärmt und einer Entspannungsmaschine zugeführt. Wird zusätzlich eine weitere stickstoffreiche Fraktion arbeitsleistend entspannt, wird diese vorzugsweise unmittelbar stromaufwärts der arbeitsleistenden Entspannung mit der sauerstoffhaltigen Fraktion vermischt und die beiden zu entspannenden Fraktionen werden gemeinsam in dieselbe Entspannungsmaschine (vor-

zugsweise Expansionsturbine) eingeleitet.

**[0015]** Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß Patentanspruch 6.

**[0016]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders für Verfahren geeignet, bei denen der Betriebsdruck am Kopf der Drucksäule bei 5,7 bis 29,7 bar, vorzugsweise bei 8,7 bis 12,7 bar, der Betriebsdruck am Kopf der Niederdrucksäule bei 1,8 bis 11,8 bar, vorzugsweise bei 2,8 bis 3,8 bar liegt.

**[0017]** Verfahrenskälte kann bei dem Verfahren durch arbeitsleistende Entspannung eines Prozeßstroms erzeugt werden. Günstig ist hierbei die Entspannung eines Restgasstroms aus der Niederdrucksäule, der beispielsweise gemeinsam mit der stickstoffreichen Fraktion aus der Niederdrucksäule entnommen, auf eine Zwischentemperatur angewärmt und einer Entspannungsmaschine zugeleitet wird.

**[0018]** Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

**[0019]** Atmosphärische Luft 1 wird über ein Filter 2 von einem ersten Verdichter 3 angesaugt und auf einen Druck  $p_1$  von 3 bar verdichtet. Nach Entfernung der Verdichtungswärme in einem Nachkühler 4 wird die Luft 5 zu einer Reinigungsstufe 6 geführt, die in dem Beispiel durch ein Paar von umschaltbaren Molekularsiebadsorbent gebildet wird. In der Reinigungsstufe 6 werden insbesondere Kohlendioxid und Wasser aus der Einsatzluft entfernt. Die gereinigte Einsatzluft strömt über die Leitungen 7 und 8 einem zweiten Verdichter 9 zu, der sie auf einen Druck  $p_2$  von 9 bar bringt. Erneut wird die Verdichtungswärme in einem Nachkühler 10 entfernt. Die hochverdichtete Einsatzluft 11 wird in einem Hauptwärmetauscher 12 auf etwa Taupunkt abgekühlt und teilweise verflüssigt und schließlich über Leitung 13 vollständig der Drucksäule 14 eines Zweisäulen-Rektifiziersystems zugeführt, das außerdem eine Niederdrucksäule 15 aufweist. Drucksäule 14 und Niederdrucksäule 15 stehen über einen gemeinsamen Kondensator-Verdampfer (Hauptkondensator) 16 in wärmetauschender Verbindung. Die Betriebsdrücke (jeweils am Kopf) betragen in dem Beispiel 8,7 bar in der Drucksäule 14 und 2,8 bar in der Niederdrucksäule 15.

**[0020]** Ein erster Teil 18 des Kopfstickstoffs 17 der Drucksäule 14 wird über Leitung 18 dem Hauptkondensator 16 zugeführt und dort gegen verdampfende Sumpfflüssigkeit der Niederdrucksäule 15 mindestens teilweise, vorzugsweise im wesentlichen vollständig kondensiert. Das dabei erzeugte Kondensat 19 wird mindestens zum Teil über Leitung 20 als Rücklauf auf die Drucksäule 14 aufgegeben. (Eine Teilmenge kann einer Innenverdichtung zugeführt werden, indem sie in flüssigem Zustand auf einen erhöhten Druck gebracht und anschließend gegen Einsatzluft verdampft wird; diese Variante ist in der Zeichnung nicht dargestellt.)

Bei Bedarf kann ein Teil des Kondensats 18 als Flüssigstickstoffprodukt 21 gewonnen werden. Über Leitung 22 wird ein weiterer Teil des gasförmigen Drucksäulenstickstoffs 17 zum Hauptwärmetauscher 12 geführt, dort auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und schließlich als Druckstickstoffprodukt 23 abgezogen.

**[0021]** Aus dem unteren Bereich der Drucksäule 14, vorzugsweise vom Sumpf, wird flüssiger Rohsauerstoff 24 abgezogen, in einem Gegenströmer 25 unterkühlt, entspannt (26) und in die Niederdrucksäule 15 eingeführt (27), die in dem Beispiel als reine Abtriebsäule ausgebildet ist. Als Hauptprodukt wird der Niederdrucksäule 15 flüssiger Sauerstoff 28 am Sumpf entnommen, mittels einer Pumpe 29 auf einen erhöhten Druck von beispielsweise 30 bar gebracht und gegen Einsatzluft 11 verdampft und angewärmt. Die Sauerstoffverdampfung findet in dem Beispiel im Hauptwärmetauscher 12 statt. Der Sauerstoff wird schließlich über Leitung 31 als Druckprodukt abgeführt.

**[0022]** Am Kopf der Niederdrucksäule 15 wird unreiner Stickstoff 32 als stickstoffreiche Fraktion entnommen und im Gegenströmer 25 und im Hauptwärmetauscher 12 angewärmt. Die auf etwa Umgebungstemperatur angewärmte stickstoffreiche Fraktion 33 wird der gereinigten Einsatzluft 7 zuge-mischt, gemeinsam mit dieser über Leitung 8 dem zweiten Verdichter 9 und weiter über die Leitungen 11 und 13 der Drucksäule 14 zugeführt.

**[0023]** Ein Teil 34 des über Leitung 32 aus der Niederdrucksäule 15 abgezogenen unreinen Stickstoffs kann bei einer Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher 12 herausgeführt, arbeitsleistend entspannt (35) und über Leitung 36 wieder dem Hauptwärmetauscher 12 zugeleitet werden. Das praktische drucklose Restgas tritt über Leitung 37 aus dem warmen Ende des Hauptwärmetauschers 12 aus. Ein erster Teil 38 des angewärmten drucklosen Restgases 37 kann in der Reinigungsstufe 6 als Regeneriergas eingesetzt werden, während der Rest 39 in dem Beispiel in die Atmosphäre abgeblasen wird.

**[0024]** Das Ausführungsbeispiel kann leicht abgewandelt werden, beispielsweise zur Erzeugung eines stärker angereicherten Stickstoffprodukts in der Niederdrucksäule 15. Dazu muß oberhalb der Zusp eisung 27 des Rohsauerstoffs mindestens ein weiterer Rektifizierabschnitt vorgesehen sein, an dessen Kopf die stickstoffreiche Fraktion 32 abgezogen wird. Mit Hilfe eines weiteren Abschnitts oberhalb dieses Unreinstickstoffabzugs kann am Kopf der Niederdrucksäule 15 auch reiner Stickstoff gewonnen werden. In beiden Fällen muß ein Teil des flüssigen Stickstoffs 19 von Hauptkondensator 16 der Niederdrucksäule 15 als Rücklaufflüssigkeit zugeführt werden.

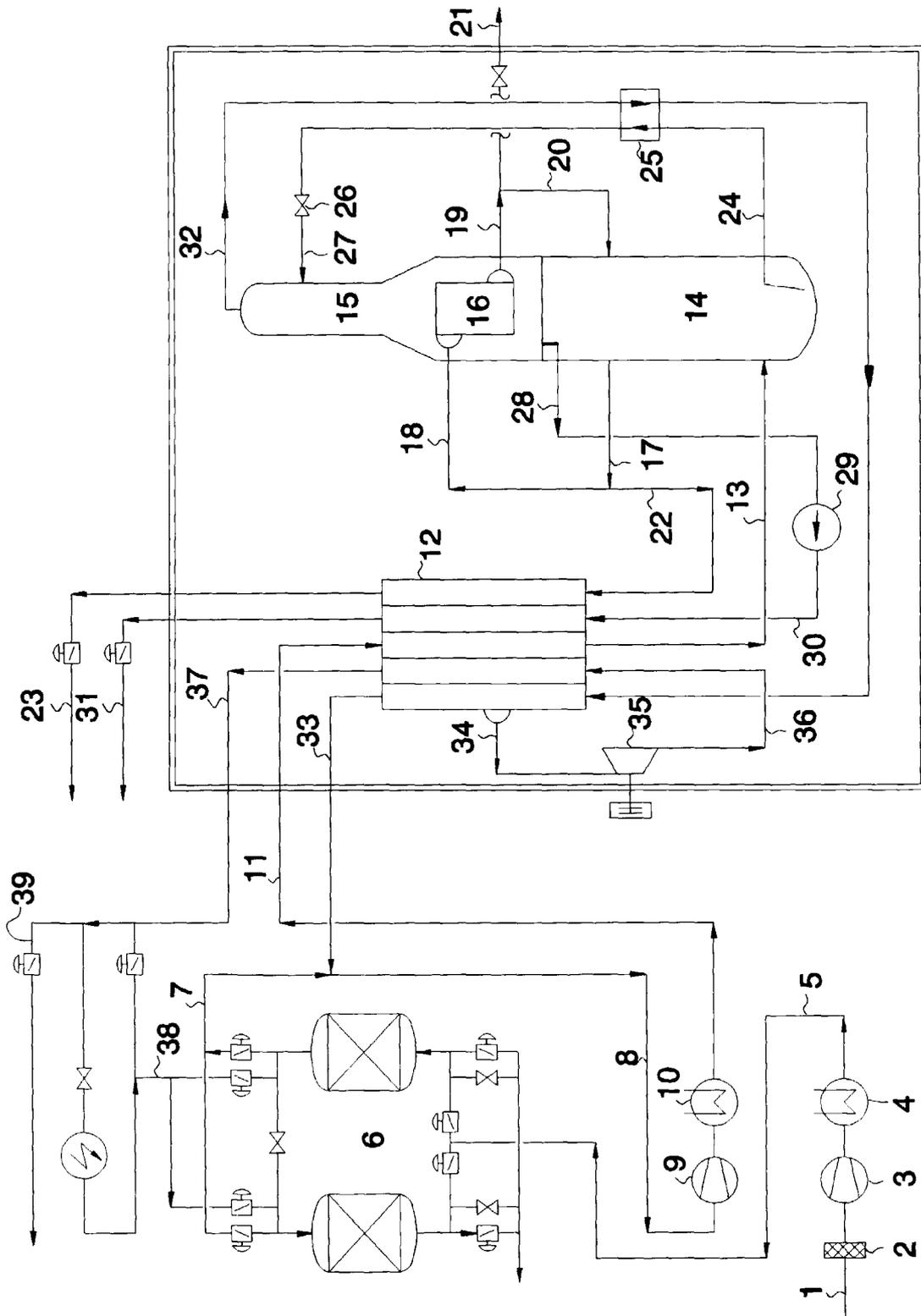
**[0025]** Alternativ oder zusätzlich zu der dargestellten Drucksauerstoffgewinnung mittels Innenverdichtung kann gasförmiger Sauerstoff direkt über dem Sumpf der Niederdrucksäule 15 oder einige Böden oberhalb als Produkt entnommen werden; auch die Gewinnung von

Sauerstoff aus dem Sumpf der Niederdrucksäule 15 als Flüssigprodukt ist möglich, beispielsweise durch eine Entnahme aus der Leitung 28 stromaufwärts der Pumpe 29.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mit einem Rektifiziersystem, das mindestens eine Drucksäule (14) und eine Niederdrucksäule (15) aufweist, wobei Einsatzluft (1) in einem ersten Verdichter (3) auf einen ersten Druck  $p_1$  verdichtet (3), in einer Reinigungsstufe (6) gereinigt, abgekühlt (12) und mindestens teilweise in die Drucksäule (14) eingeleitet (13) wird, mindestens eine Flüssigfraktion (24) aus der Drucksäule (14) in die Niederdrucksäule (15) eingespeist (26, 27) wird und eine stickstoffreiche Fraktion (32) aus der Niederdrucksäule (15) angewärmt (25, 12) und mit Einsatzluft (7) stromabwärts der Reinigungsstufe (6) der Einsatzluft vermischt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gemisch (8) aus Einsatzluft und stickstoffreicher Fraktion in einem zweiten Verdichter (9) auf einen zweiten Druck  $p_2$  weiterverdichtet wird, der größer als der erste Druck  $p_1$  ist. 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anwärmung der stickstoffreichen Fraktion (32) mindestens teilweise durch indirekten Wärmeaustausch (12) mit Einsatzluft (11) durchgeführt wird. 30
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Stickstofffraktion (17, 22) aus dem oberen Bereich der Drucksäule (14) entnommen, angewärmt (12) und als Druckstickstoffprodukt (23) abgezogen wird. 35
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine weitere stickstoffreiche Fraktion (32, 34) aus der Niederdrucksäule (15) arbeitsleistend entspannt (35) wird. 40
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß sauerstoffhaltige Fraktion aus dem unteren Bereich der Niederdrucksäule arbeitsleistend entspannt wird. 45
6. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft mit einem Rektifiziersystem, das mindestens eine Drucksäule (14) und eine Niederdrucksäule (15) aufweist, und mit einer Einsatzluftleitung (1, 5, 7, 8, 11, 13), die über einen ersten Verdichter (3), eine Reinigungsstufe (6) und einen Hauptwärmetauscher (12) in die Drucksäule (14) führt, mit einer Flüssigkeitsleitung (24, 27) zur Einführung einer Flüssigfraktion aus der Drucksäule (14) in die Niederdrucksäule (15) und mit einer Rückföhrleitung

(32, 33) für eine stickstoffreiche Fraktion aus der Niederdrucksäule (15), die durch den Hauptwärmetauscher (12) führt und stromabwärts der Reinigungsstufe (6) in die Einsatzluftleitung (7) mündet, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zweiter Verdichter in der Einsatzluftleitung (8, 11) stromabwärts der Einmündung der Rückföhrleitung (33) angeordnet ist.





Europäisches  
Patentamt

**EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT**

Nummer der Anmeldung  
EP 00 10 2977

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	EP 0 810 412 A (TEISAN KK) 3. Dezember 1997 (1997-12-03) * Spalte 7, Zeile 42 - Zeile 50; Ansprüche; Abbildungen * * Spalte 9, Zeile 55 - Zeile 58 *	1-6	F25J3/04 F25J3/00 F25J5/00
A	US 4 555 256 A (SKOLAUDE WERNER ET AL) 26. November 1985 (1985-11-26) * Spalte 7, Zeile 45 - Zeile 59; Ansprüche; Abbildung 2 *	1-6	
D,A	DE 38 14 187 A (LINDE AG) 9. November 1989 (1989-11-09) * das ganze Dokument *	1-6	
D,A	EP 0 446 004 A (AIR PROD & CHEM) 11. September 1991 (1991-09-11) * das ganze Dokument *	1-6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>9. Juni 2000</b>	Prüfer <b>Lapeyrere, J</b>
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 1503.03.02 (FmtC03)

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

EP 00 10 2977

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.

09-06-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0810412 A	03-12-1997	JP 2875206 B	31-03-1999
		JP 9318245 A	12-12-1997
		US 5806340 A	15-09-1998
		CN 1170861 A	21-01-1998
US 4555256 A	26-11-1985	DE 3216502 A	03-11-1983
		DE 3216510 A	03-11-1983
		AT 22991 T	15-11-1986
		CA 1212038 A	30-09-1986
		DE 3367023 D	20-11-1986
		EP 0093448 A	09-11-1983
		ZA 8303090 A	25-01-1984
		IN 157040 A	04-01-1986
		JP 1040269 B	28-08-1989
		JP 1557690 C	16-05-1990
		JP 58194711 A	12-11-1983
DE 3814187 A	09-11-1989	KEINE	
EP 0446004 A	11-09-1991	US 5049173 A	17-09-1991
		CA 2037255 A,C	13-04-1993
		DE 69100239 D	16-09-1993
		DE 69100239 T	31-03-1994
		ES 2046013 T	16-01-1994

EPO FORM P0461

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