



(19)

## Europäisches Patentamt

European Patent Office

## Office européen des brevets



(11)

EP 0 878 678 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
18.11.1998 Patentblatt 1998/47

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F25J 3/04**

(21) Anmeldenummer: 98107748.0

(22) Anmeldetag: 28.04.1998

(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**

(30) Priorität: 15.05.1997 DE 19720453  
05.08.1997 EP 97113507

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

(72) Erfinder:  
**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) **Verfahren und Vorrichtung zur Gewinnung von Stickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft**

(57) Bei dem Verfahren und der Vorrichtung wird Stickstoff durch zweistufige Rektifikation von Luft in einer Doppelsäule (4) gewonnen. Die Doppelsäule (4) enthält eine Hochdrucksäule (5) und eine Mitteldrucksäule (6), die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung (14) stehen. Einsatzluft wird verdichtet, gereinigt, in einem Hauptwärmetauscher (2) gegen Zerlegungsprodukte (17, 18, 29) abgekühlt und der Rektifikation (4) zugeführt. Mindestens eine Stickstoff-Produktfraktion (21) wird aus der Hochdrucksäule (5) abgeführt. Eine Stickstoffgasfraktion (20) aus der Doppelsäule (4) wird angewärmt (2), entspannt (23) und in indirekten Wär-

meaustausch (25) mit einer sauerstoffangereicherten Flüssigkeit (11, 28) aus dem unteren Bereich der Mitteldrucksäule (6) gebracht. Dabei wird die Stickstoffgasfraktion (20) mindestens teilweise kondensiert und die sauerstoffangereicherte Flüssigkeit (11, 28) mindestens teilweise verdampft. Das bei dem indirekten Wärmeaustausch (25) gebildete Kondensat (26) wird mindestens teilweise in die Mitteldrucksäule (6) eingeführt (16). Die Stickstoffgasfraktion (20) wird stromaufwärts der Entspannung (23) auf eine Zwischentemperatur angewärmt, die zwischen den Temperaturen am kalten und warmen Ende des Hauptwärmetauschers (2) liegt.

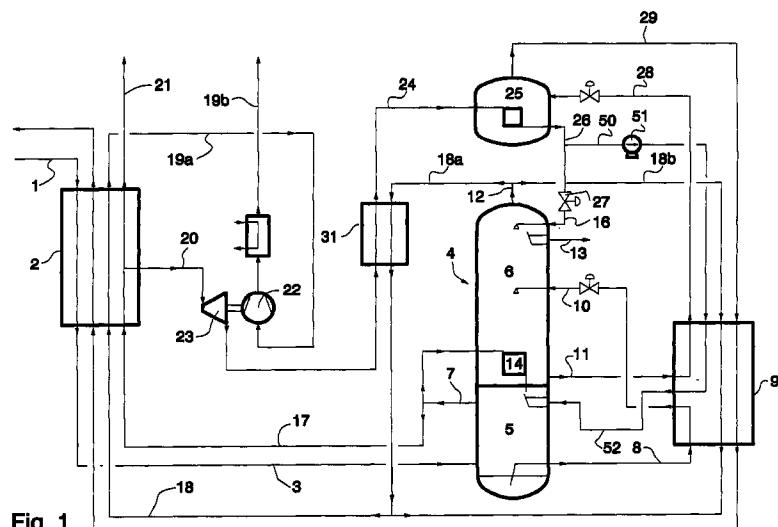


Fig. 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Gewinnung von Stickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mittels zweistufiger Rektifikation in einer Doppelsäule, die eine Hochdrucksäule und eine Mitteldrucksäule aufweist, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung stehen, wobei bei dem Verfahren Luft verdichtet, gereinigt, in einem Hauptwärmetauscher gegen Zerlegungsprodukte abgekühlt und der Rektifikation zugeführt wird, mindestens eine Stickstoff-Produktfraktion aus der Hochdrucksäule abgeführt und eine Stickstoffgasfraktion aus der Doppelsäule angewärmt, entspannt und mindestens zum Teil in indirekten Wärmeaustausch mit einer sauerstoffangereicherten Flüssigkeit aus dem unteren Bereich der Mitteldrucksäule gebracht wird, wobei die Stickstoffgasfraktion mindestens teilweise kondensiert und die sauerstoffangereicherte Flüssigkeit mindestens teilweise verdampft wird, und wobei das bei dem indirekten Wärmeaustausch gebildete Kondensat mindestens teilweise in die Mitteldrucksäule zurückgeführt wird.

Die Grundlagen der Tieftemperaturzerlegung von Luft im allgemeinen sowie der Aufbau von Doppelsäulen anlagen im speziellen sind in der Monographie "Tieftemperaturtechnik" von Hausen/Linde (2. Auflage, 1985) oder aus einem Aufsatz von Latimer in Chemical Engineering Progress (Vol. 63, No. 2, 1967, Seite 35) bekannt. Die Wärmeaustauschbeziehung zwischen Hochdrucksäule und Mitteldrucksäule einer Doppelsäule wird im Regelfall durch einen Hauptkondensator realisiert, in dem Kopfgas der Hochdrucksäule gegen verdampfende Sumpfflüssigkeit der Mitteldrucksäule verflüssigt wird.

Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus DE 4441920 C1 bekannt. Dort wird die Stickstoffgasfraktion durch Kopfgas der Mitteldrucksäule gebildet. Sie wird vor ihrer Entspannung zunächst auf Umgebungstemperatur angewärmt, danach verdichtet und wieder abgekühlt. Dieses Verfahren ist nicht in allen Fällen wirtschaftlich zufriedenstellend.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein derartiges Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung anzugeben, die sich durch besonders hohe Wirtschaftlichkeit, insbesondere durch geringen Energieverbrauch und/oder geringe Apparatekosten auszeichnen.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Stickstoffgasfraktion stromaufwärts der Entspannung auf eine Zwischentemperatur angewärmt wird, die zwischen den Temperaturen am kalten und Warmen Ende des Hauptwärmetauschers liegt.

Die Erwärmung der Stickstoffgasfraktion wird regelmäßig durch indirekten Wärmeaustausch bewirkt. Sie kann beispielsweise in dem Hauptwärmetauscher durchgeführt werden, der zur Abkühlung von Einsatzluft dient. Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Maßnahme entfallen mindestens zum Teil das Anwärmen der Stickstoffgasfraktion von der Zwischentemperatur auf die Temperatur am warmen Ende des Hauptwärmetauschers (in der Regel etwa gleich der Umgebungstemperatur) und das entsprechende Wiederabkühlen. Entsprechend geringer sind die Austauschverluste im entsprechenden Wärmeaustauscher, das heißt es geht weniger Energie durch Irreversibilitäten verloren. Der entsprechende Wärmeaustauscher kann außerdem weniger Passagen aufweisen und damit kostengünstiger hergestellt werden.

Die Zwischentemperatur, auf die die Stickstoffgasfraktion angewärmt wird, liegt beispielsweise 140 bis 190 K unterhalb der Temperatur des warmen Endes des Hauptwärmetauschers. Die Entspannung der Stickstoffgasfraktion stromaufwärts ihrer Kondensation durch indirekten Wärmeaustausch führt vorzugsweise auf einen Zwischendruck zwischen den Drücken der Hochdrucksäule und der Mitteldrucksäule oder auf einen Druck unterhalb des Mitteldrucksäulendrucks. Entsprechend muß der Druck des Kondensats vor der Einführung in die Mitteldrucksäule erniedrigt oder erhöht werden, beispielsweise durch ein Drosselventil beziehungsweise durch eine Pumpe.

Vorzugsweise wird die Stickstoffgasfraktion zwischen der Anwärmung auf eine Zwischentemperatur und der Entspannung nicht abgekühlt. Damit entfallen Irreversibilitäten durch Anwärmen und Wiederabkühlen der Stickstoffgasfraktion und die entsprechenden Wärmeaustauschvorrichtungen vollständig.

Es ist ferner günstig, wenn die Stickstoffgasfraktion aus der Hochdrucksäule entnommen wird. Insbesondere in diesem Fall braucht sie zwischen der Anwärmung auf die Zwischentemperatur und der Entspannung nicht verdichtet werden, so daß auch die entsprechende Maschine und der mit ihr verbundene Energieverbrauch entfallen.

Wenn ein Teil des bei dem indirekten Wärmeaustausch gebildeten Kondensats in die Hochdrucksäule eingeführt wird, kann die entsprechende Menge zusätzlich als Hochdruckprodukt aus der Hochdrucksäule gewonnen werden. Zur Erhöhung des Drucks in dem Kondensat auf Hochdrucksäulenniveau kann beispielsweise eine Pumpe eingesetzt werden.

Zur Entspannung der Stickstoffgasfraktion kann jede bekannte Methode eingesetzt werden, bevorzugt wird diese Entspannung jedoch arbeitsleistend durchgeführt, beispielsweise in einer Turbine. Damit kann ein Teil der oder die gesamte für den Prozeß benötigte Kälte gewonnen werden. Zusätzlich ist es möglich, die bei der Entspannung gewonnenen Energie mindestens teilweise zur Verdichtung eines Produktstroms zu verwenden, beispielsweise durch mechanische Kopplung der Entspannungsmaschine an einen Verdichter.

Insbesondere für den Fall, daß die entspannte Menge an Stickstoffgasfraktion so groß ist, daß sie gegen die sau-

erstoffangereicherte Flüssigkeit nicht vollständig verflüssigt werden kann, ist es günstig, wenn ein Teil der entspannten Stickstoffgasfraktion in indirektem Wärmeaustausch mit einer Zwischenflüssigkeit aus der Mitteldrucksäule kondensiert wird. Somit kann auch bei relativ hohem Kältebedarf eine Erhöhung des Eintrittsdrucks bei der Entspannung der Stickstoffgasfraktion vermieden werden. Das bei diesem indirekten Wärmeaustausch entstandene Kondensat wird vorzugsweise auf die Mitteldrucksäule aufgegeben. Das durch die Verdampfung der Zwischenflüssigkeit entstandene Gas wird vorzugsweise in die Mitteldrucksäule zurückgeleitet. Die dadurch bewirkte zusätzliche Beheizung der Mitteldrucksäule verbessert die Trennwirkung dieser Säule. Der entsprechende zusätzliche Kondensator-Verdampfer kann innerhalb oder außerhalb der Mitteldrucksäule angeordnet sein.

Die Zwischenflüssigkeit wird vorzugsweise in einem Bereich, der unterhalb der Stelle, an der Sumpfflüssigkeit aus

10 der Hochdrucksäule eingespeist wird, und mindestens einen, vorzugsweise 1 bis 30, beispielsweise 20 theoretische Böden oberhalb des Mitteldrucksäulenumpfs abgezogen.

Die Erfindung betrifft außerdem ein Vorrichtung zur Gewinnung von Stickstoff gemäß den Patentansprüchen 9 bis 12.

15 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 bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Verfahrens und der Vorrichtung gemäß der Erfindung und

Figur 2 eine Abwandlung dieses Verfahrens mit einem weiteren Kondensator-Verdampfer.

20 Verdichtete und in einer Molsiebstation gereinigte Luft 1 fließt durch einen Hauptwärmetauscher 2 und wird über Leitung 3 in eine Doppelsäule 4, genauer in deren Hochdrucksäule 5, eingespeist. Sauerstoffangereicherte Flüssigkeit 8 aus der Hochdrucksäule 5 wird nach Unterkühlung 9 über Leitung 10 in die Mitteldrucksäule 6 eingedrosselt. Ein Teil der Kopffraktion 7 der Hochdrucksäule wird durch einen Hauptkondensator 14 geführt, dort kondensiert und vorzugsweise vollständig wieder in die Hochdrucksäule 5 zurückgeleitet. Ein anderer Teilstrom 17 der Kopffraktion 7 wird zum

25 Hauptwärmetauscher 2 geführt. Dort wird er zu einem ersten Teil auf etwa Umgebungstemperatur angewärmt und als Hochdruckprodukt 21 abgezogen, zu einem zweiten Teil 20 wird er bei einer Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher 2 abgezogen und bildet die Stickstoffgasfraktion im Sinne der Erfindung, wie unten näher beschrieben wird. Die Zwischentemperatur ist beispielsweise 175 K niedriger als die Temperatur am warmen Ende des Hauptwärmetauschers 2 (etwa gleich Umgebungstemperatur).

30 Die Flüssigkeit im Sumpf der Mitteldrucksäule 6 tritt über den Hauptkondensator 14 in Wärmeaustausch mit der kondensierenden Kopffraktion der Hochdrucksäule. Aus der Mitteldrucksäule 6 werden eine sauerstoffangereicherte Flüssigkeit 11, ein gasförmiger Stickstoffstrom 12 und gegebenenfalls Flüssigstickstoff 13 entnommen. Der gasförmige Stickstoffstrom wird über die Leitungen 18a und 18b und durch die Wärmetauscher 9, 31 und 2 geführt. Er kann aus Leitung 19a unter etwa Umgebungstemperatur als Mitteldruckprodukt abgezogen oder - wie in der Zeichnung dargestellt - in einem Verdichter 22 auf einen weiter erhöhten Produktdruck gebracht und als weiteres Hochdruckprodukt 19b abgeführt werden.

35 Die Stickstoffgasfraktion wird erfindungsgemäß bei einer Zwischentemperatur aus dem Hauptwärmetauscher 2 abgezogen (Leitung 20) und anschließend in einer Entspannungsmaschine (beispielsweise einer Turbine) 23 arbeitsleistend entspannt.

40 Nach Abkühlung im Wärmeaustauscher 31 wird die Stickstoffgasfraktion 24 in den Verflüssigungsraum eines Kondensator-Verdampfers 25 eingeleitet. Dort tritt sie in indirekten Wärmeaustausch mit gegebenenfalls in 9 unterkühlter sauerstoffangereicherter Flüssigkeit 28 aus dem Sumpf der Mitteldrucksäule, welche dabei verdampft, über Leitung 29 abgezogen und vorzugsweise zur Regenerierung der Molsiebstation eingesetzt wird. Der Druck auf der Verdampfungsseite des Kopfkondensators 25 wird mittels des Drosselventils in Leitung 28 vorzugsweise so eingestellt, daß der für die

45 Regenerierung des Molsiebs notwendige Überdruck vorhanden ist. Falls notwendig, kann die sauerstoffangereicherte Flüssigkeit mittels einer nicht dargestellten Pumpe gefördert werden.

50 In dem Beispiel von Figur 1 wird nur ein Teil 16 des in Kondensator-Verdampfer 25 erzeugten Kondensats auf die Mitteldrucksäule aufgegeben. Ein anderer Teil 50 wird zur Pumpe 51 geführt, die die Flüssigkeit auf einen Druck bringt, der ausreicht um sie über Leitung 52, gegebenenfalls nach Anwärmung im Unterkühler 9, in die Hochdrucksäule 5 zu

55 führen. Alternativ dazu kann die gepumpte Flüssigkeit durch indirekten Wärmeaustausch mit einer gasförmigen Fraktion aus der Hochdrucksäule oder der Mitteldrucksäule verdampft und als Druckprodukt abgeführt werden (siehe ältere internationale Patentanmeldung PCT/EP 97/06010).

Das bei dem indirekten Wärmeaustausch im Kondensator-Verdampfer 25 gebildete Kondensat fließt über die Leitungen 26 und 16 in die Mitteldrucksäule 6 zurück. Sein Druck wird auf den Druck der Mitteldrucksäule 6 gebracht. In

55 dem dargestellten Beispiel geschieht dies durch ein Drosselventil 27, da der Verflüssigungsraum hier unter einem höheren als dem Mitteldrucksäulendruck steht. Je nach Betriebsdruck der Mitteldrucksäule und Zusammensetzung der sauerstoffangereicherten Flüssigkeit 28 kann der Verflüssigungsraum des Kondensator-Verdampfers 25 auch unter einem Druck betrieben werden, der niedriger als der Druck im Kopf der Mitteldrucksäule 6 ist. In diesen Fällen wird das

Drosselventil durch eine Pumpe ersetzt beziehungsweise ergänzt (siehe DE 4441920 C1, Figur 5). Bei gleichen Drücken im Verflüssigungsraum des Kondensator-Verdampfers 25 und im Kopf der Mitteldrucksäule kann die Drosselung 27 entfallen.

Die bei der arbeitsleistenden Entspannung 23 gewonnene Arbeit wird in dem Beispiel durch direkte mechanische 5 Kopplung auf einen Nachverdichter 22 übertragen, der einen Produktstrom, hier Stickstoff 19a aus der Mitteldrucksäule, komprimiert.

Alternativ kann ein anderer Prozeßstrom verdichtet oder die mechanische Energie an einen Generator oder an ein Bremsgebläse abgegeben werden.

Bei dem Verfahren wird der Druck im Verdampfungsraum des Kopfkondensators 25 mittels des Ventils in Leitung 10 28 so eingestellt, daß nach der Verdampfung und nach dem Durchgang durch die Wärmetauscher 9 und 2 (Leitung 29) noch der für die Regenerierung des Molsiebs benötigte Überdruck vorhanden ist. Die zur Verdampfung der sauerstoffangereicherten Flüssigkeit benötigte Menge an Stickstoff (Stickstoffgasfraktion) wird in der Entspannungsmaschine 23 auf einen Druck gebracht, der einerseits ausreichend hoch ist, um die Verdampfung der sauerstoffangereicherten Flüssigkeit 15 gegen die kondensierende Stickstoffgasfraktion 24 im Kopfkondensator 25 zu gewährleisten, und andererseits sicherstellt, daß der Kältebedarf für das Verfahren gedeckt ist.

Tabelle 1 zeigt bevorzugte Zahlenbereiche und ein besonders bevorzugtes konkretes Zahlenbeispiel für die Betriebsdrücke beim Verfahren nach Figur 1.

Tabelle 1

	Zahlenbereich	Beispiel
Kopf der Hochdrucksäule 5	5,0 - 9,3 bar	6,2 bar
Kopf der Mitteldrucksäule 5	1,5 - 4,35 bar	2,9 bar
Eintritt Entspannungsmaschine 23	4,3 - 9,9 bar	6,1 bar
Austritt Entspannungsmaschine 23	3,0 - 6,0 bar	4,37 bar
Verflüssigungsseite des Kondensator-Verdampfers 25	3,0 - 6,0 bar	4,32 bar
Verdampfungsseite des Kondensator-Verdampfers 25	1,0 - 3,0 bar	1,30 bar

Figur 2 zeigt eine Abwandlung des Verfahrens und der Vorrichtung gemäß Figur 1. Übereinstimmende Merkmale der beiden Beispiele tragen dieselben Bezugssymbole. Im folgenden werden lediglich die abweichende Merkmale des 35 in Figuren 2 dargestellten Prozesses im einzelnen beschrieben.

Ein Teil 201 der entspannten Stickstoffgasfraktion 24 wird in Figur 2 zu einem weiteren Kondensator-Verdampfer 202 geführt und dort gegen eine Zwischenflüssigkeit der Mitteldrucksäule kondensiert, deren Sauerstoffkonzentration 40 geringer als diejenige im Sumpf der Mitteldrucksäule und mindestens gleich derjenigen der Flüssigkeit ist, die an der Stelle der Einmündung der Leitung 10 in der innerhalb der Mitteldrucksäule herabfließenden Flüssigkeit herrscht. Das Kondensat 203 wird auf den Kopf der Mitteldrucksäule 6 aufgegeben.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Gewinnung von Stickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mittels zweistufiger Rektifikation 45 in einer Doppelsäule (4), die eine Hochdrucksäule (5) und eine Mitteldrucksäule (6) aufweist, die untereinander in Wärmeaustauschbeziehung (14) stehen, wobei bei dem Verfahren Luft verdichtet, gereinigt, in einem Hauptwärmetauscher (2) gegen Zerlegungsprodukte (17, 18, 29) abgekühlt und der Rektifikation (4) zugeführt wird, mindestens eine Stickstoff-Produktfraktion (21) aus der Hochdrucksäule (5) abgeführt und eine Stickstoffgasfraktion (20) aus der Doppelsäule (4) angewärmt (2), entspannt (23) und mindestens zum Teil in indirekten Wärmeaustausch (25) mit einer sauerstoffangereicherten Flüssigkeit (11, 28) aus dem unteren Bereich der Mitteldrucksäule (6) gebracht wird, wobei die Stickstoffgasfraktion (20) mindestens teilweise kondensiert und die sauerstoffangereicherte Flüssigkeit (11, 28) mindestens teilweise verdampft wird, und wobei das bei dem indirekten Wärmeaustausch (25) gebildete Kondensat (26) mindestens teilweise in die Mitteldrucksäule (6) eingeführt (16) wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Stickstoffgasfraktion (20) stromaufwärts der Entspannung (23) auf eine Zwischen temperatur angewärmt wird, die zwischen den Temperaturen am kalten und warmen Ende des Hauptwärmetauschers (2) liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stickstoffgasfraktion (20) zwischen der Anwär-

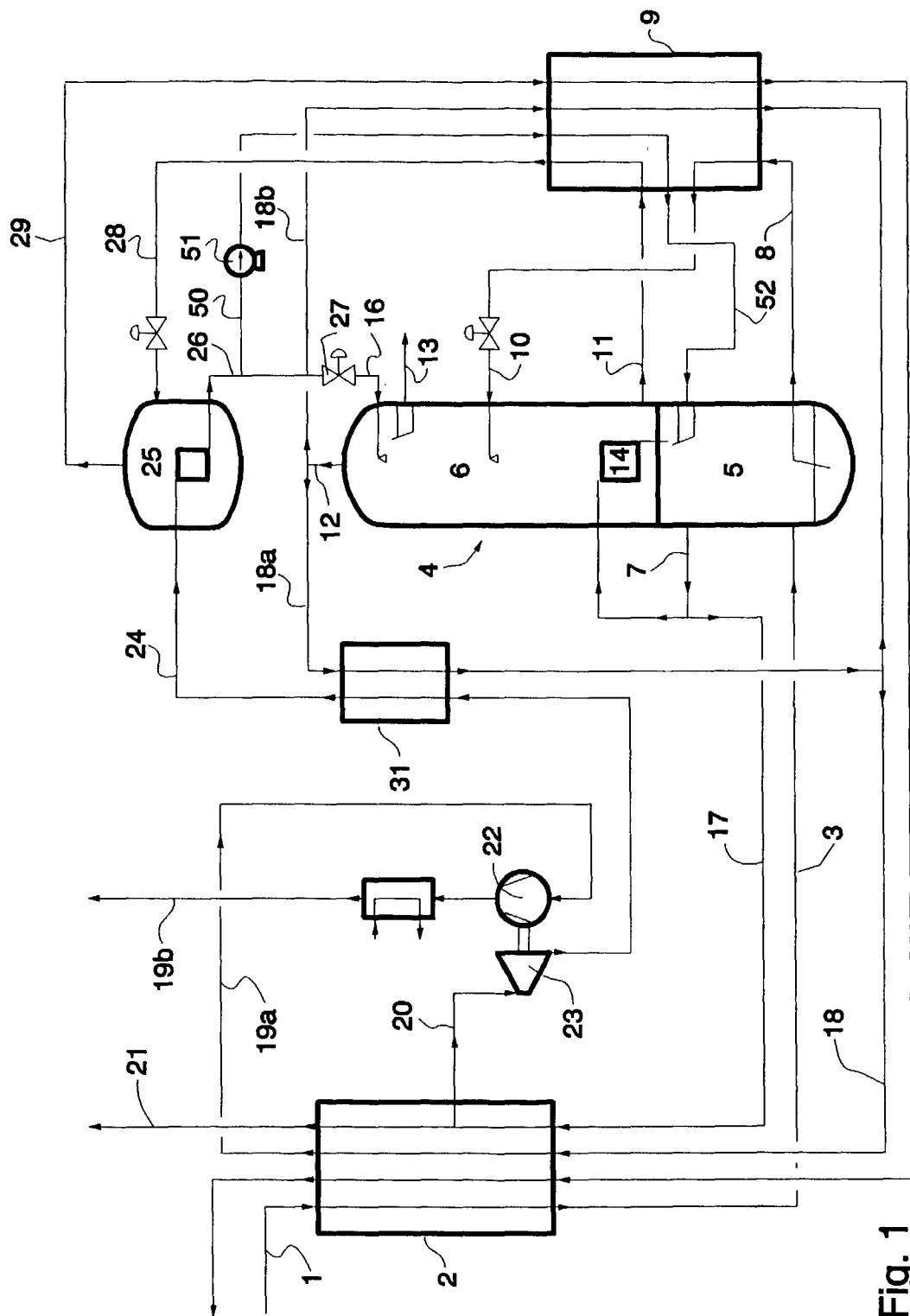
mung (2) auf die Zwischentemperatur und der Entspannung (23) nicht abgekühlt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stickstoffgasfraktion (20) aus der Hochdrucksäule (5) entnommen (7, 17) wird.
- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stickstoffgasfraktion (20) zwischen der Anwärmung (2) auf die Zwischentemperatur und der Entspannung (23) nicht verdichtet wird.
- 10 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Teil (50) des bei dem indirekten Wärmeaustausch (25) gebildeten Kondensats (26) in die Hochdrucksäule (5) eingeführt (52) wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Entspannung (23) der Stickstoffgasfraktion (20) arbeitsleistend durchgeführt wird.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei der Entspannung (23) gewonnene Energie mindestens teilweise zur Verdichtung (22) eines Produktstroms (19a) verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Teil (201) der entspannten Stickstoffgasfraktion (24) in indirektem Wärmeaustausch (202) mit einer Zwischenflüssigkeit aus der Mitteldrucksäule (6) kondensiert wird.
- 20 9. Vorrichtung zur Gewinnung von Stickstoff durch Tieftemperaturzerlegung von Luft mit einer Doppelsäule (4), die eine Hochdrucksäule (5), eine Mitteldrucksäule (6) aufweist, mit einem Hauptwärmetauscher (2) mit Passagen für verdichtete und gereinigte Luft (1) und Zerlegungsprodukte (17, 18, 29), mit einer Stickstoff-Produktleitung (21), die mit der Hochdrucksäule (5) verbunden ist, mit einer Stickstoffgasleitung (7, 17, 20, 24), die von der Doppelsäule (5) über den Hauptwärmetauscher (2) und eine Entspannungsmaschine (23) in den Verflüssigungsraum eines Kondensator-Verdampfers (25) führt, und mit einer Leitung (11, 28) für sauerstoffangereicherte Flüssigkeit, die mit dem unteren Bereich der Mitteldrucksäule (6) verbunden ist und zur Verdampfungsseite des Kondensator-Verdampfers (25) führt, wobei der Verflüssigungsraum des Kondensator-Verdampfers (25) über eine Kondensatleitung (26, 16) mit der Mitteldrucksäule (6) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stickstoffgasleitung (20, 24) an einer Zwischenstelle zwischen dem kalten und dem warmen Ende aus dem Hauptwärmetauscher (2) herausführt.
- 25 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stickstoffgasleitung (20, 24) zwischen dem Hauptwärmetauscher (2) und der Entspannungsmaschine (23) keine Mittel zur Temperaturänderung und/oder kein Mittel zur Druckänderung aufweist.
- 30 11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stickstoffgasleitung (7, 17, 20, 24) stromaufwärts des Hauptwärmetauschers (2) mit der Hochdrucksäule (5) verbunden ist.
- 35 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **gekennzeichnet durch** eine Zweigleitung (201), die mit der Stickstoffgasleitung (24) zwischen Entspannungsmaschine (23) und Kondensator-Verdampfer (25) verbunden ist und in den Verflüssigungsraum eines weiteren Kondensator-Verdampfers (202) führt, dessen Verdampfungsraum mit einem Zwischenbereich der Mitteldrucksäule (6) verbunden ist.

45

50

55



一  
五

