

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 705 443 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.09.2006 Patentblatt 2006/39

(51) Int Cl.:
F25J 3/04 (2006.01)

F28D 21/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 06001111.1

(22) Anmeldetag: 19.01.2006

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: 11.02.2005 EP 05002984

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

(72) Erfinder: **Nohlen, Thomas**
82110 Germerring (DE)

(74) Vertreter: **Imhof, Dietmar**
Linde AG
Patente und Marken
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
D-82049 Höllriegelskreuth (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Kühlung eines Gases durch direkten Wärmeaustausch mit einer Kühlflüssigkeit

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Kühlung eines Gases durch direkten Wärmeaustausch mit einer Kühlflüssigkeit. Das zu kühlende Gas (1) wird in den unteren Bereich eines Direktkontaktkühlers (2) eingeführt. Ein erster Kühlflüssigkeitsstrom (8) wird oberhalb der Stelle der Einleitung (1) des Gases in den Direktkontaktkühler (2) eingeleitet. Gekühltes Gas (5) wird oberhalb der Stelle der Einleitung (1) des Gases aus dem

Direktkontaktkühler (2) entnommen. Aus dem unteren Bereich des Direktkontaktkühlers (2) wird ein flüssiger Rückstrom (10) abgezogen. Mindestens zeitweise wird ein zweiter Kühlflüssigkeitsstrom (13), dessen Temperatur niedriger als diejenige des Rückstroms (10) ist, in den flüssigen Rückstrom (10) eingeleitet und mit diesem zu einem Rücklaufstrom (11) vereinigt.

Beschreibung

- [0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kühlung eines Gases durch direkten Wärmeaustausch mit einer Kühlflüssigkeit und eine entsprechende Vorrichtung. Hierbei wird ein aufsteigendes Gas in einem Direktkontaktkühler in direkten Gegenstromkontakt mit einem ersten Kühlflüssigkeitsstrom gebracht. Aus dem Direktkontaktkühler werden gekühltes Gas und ein flüssiger Rückstrom abgezogen und als Rücklaufstrom weitergeleitet.
- [0002]** Ein derartiger Prozess wird beispielsweise bei der Kühlung komprimierter Luft eingesetzt, insbesondere zur Vorkühlung von Luftzerlegungsanlagen. Dies betrifft sowohl Tieftemperaturverfahren als auch nicht kryogene Trennprozesse, zum Beispiel mit Adsorptions- oder Membrantechnik. Verfahren und Vorrichtungen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft sind zum Beispiel aus Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985, Kapitel 4 (Seiten 281 bis 337) bekannt. Beispiele für Luftzerlegungsanlagen mit Direktkontaktkühler finden sich in Wagner, Air separation technology today, 5th symposium to be arranged by LINDE AG in Munich, 25.-27.06.86, Article A (Fig. 1a) und Wagner, Entwicklung der Luftzerlegertechnologie, Linde-Symposium Luftzerlegungsanlagen 1980, 'Artikel A (Bild 11).
- [0003]** Bei der Vorkühlung von Einsatzluft für eine Luftzerlegung wird die Luft stromaufwärts des Hauptwärmetauschers beziehungsweise einer Reinigungsvorrichtung abgekühlt, beispielsweise von 50 bis 150°C auf 5 bis 40°C, vorzugsweise von 90 bis 100°C auf 8 bis 12°C. Als Kühlflüssigkeit wird in der Regel Kühlwasser eingesetzt, das in vielen Fällen in einem Kühlwasserkreislauf geführt wird. Häufig ist dieser Kühlwasserkreislauf in ein größeres Kühlwassersystem eingebunden, das auch für andere Prozesse Kühlwasser liefert. In einem solchen Kühlwassersystem sind Vor- und Rücklauftemperatur vorgegeben, das heißt in dem Direktkontaktkühler muss eine bestimmte Temperaturdifferenz zwischen erstem Kühlflüssigkeitsstrom und Rücklaufstrom erreicht werden. Bisher wird dies durch eine entsprechende Dimensionierung des Mengenstroms des ersten Kühlflüssigkeitsstroms erreicht.
- [0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein derartiges Verfahren wirtschaftlich günstiger zu gestalten.
- [0005]** Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Temperatur des Rücklaufstroms geregelt wird, indem ein zweiter Kühlflüssigkeitsstrom, dessen Temperatur niedriger als diejenige des Rückstroms ist, in den flüssigen Rücklaufstrom eingeleitet wird. Ein Teil der zur Verfügung stehenden Kühlflüssigkeit nimmt also nicht oder zumindest nicht vollständig an dem direkten Wärmeaustausch mit dem zu kühlenden Gas teil.
- [0006]** Dies wirkt auf den ersten Blick kontraproduktiv, da die entsprechende Kühlkapazität scheinbar verschenkt wird. Im Rahmen der Erfindung hat sich jedoch herausgestellt, dass bei konventionellen Kühlverfahren der eingangs genannten Art häufig wesentlich größere

Kühlflüssigkeitsmengen über den Direktkontaktkühler gefahren werden, als hinsichtlich der gewünschten Abkühlung des Gases erforderlich ist. Bei der Erfindung ist es nun möglich, die über den Direktkontaktkühler gefahrene Kühlflüssigkeitsmenge unabhängig von den Vorgaben für Vor- und Rücklauftemperatur einzustellen. Dabei wird eine erhöhte Temperatur im Rückstrom aus dem Direktkontaktkühler bewirkt. Die vorgegebene Rücklauftemperatur wird dennoch erreicht, indem kalte Kühlflüssigkeit aus dem zweiten Kühlflüssigkeitsstrom zugeschmiert wird.

[0007] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird also die Flüssigkeitsbelastung des Direktkontaktkühlers und gegebenenfalls vorgeschalteter Druckerhöhpumpen entsprechend geringer. Diese Bauteile und die dazugehörigen Leitungen können entsprechend kleiner gebaut werden. In den Pumpen kann gleichzeitig Antriebsenergie eingespart werden. Die an sich energetisch ungünstige Vermischung von warmer und kalter Kühlflüssigkeit wird durch diese Vorteile bei Weitem überkompensiert.

[0008] Als Kühlflüssigkeit kann beispielsweise Wasser eingesetzt werden.

[0009] Der Direktkontaktkühler kann grundsätzlich als Sprühzonenkühler ausgebildet sein. In der Regel weist er jedoch Einbauten in Form von Stoffaustauschelementen auf, insbesondere von Siebböden, Füllkörpern und/oder geordneten Packungen.

[0010] Vorzugsweise wird bei dem Verfahren ein integriertes Kühlflüssigkeitssystem genutzt, aus dem der erste und der zweite Kühlflüssigkeitsstrom stammen und in das der Rücklaufstrom zurückgeleitet wird. In dem Kühlflüssigkeitssystem werden die Rücklaufströme mehrerer Verbraucher zusammengefasst, in einer Flüssigkeitskühleinrichtung, beispielsweise einem Kühlurm oder einem Verdunstungskühler abgekühlt und anschließend den Verbrauchern wieder als Vorlauf zur Verfügung gestellt. Aus diesem Kühlwassersystem stammen der erste und in der Regel auch der zweite Kühlflüssigkeitsstrom.

[0011] Grundsätzlich kann der zweite Kühlflüssigkeitsstrom aus jeder Quelle für Kühlflüssigkeit stammen, deren Temperatur entsprechend niedrig ist, insbesondere von anderen Verbrauchern des Kühlflüssigkeitssystems, zum Beispiel den Zwischenkühlern und/oder Nachkühlern eines Gasverdichters, in dem das zu kühlende Gas verdichtet wird. Um den Prozess im Direktkontaktkühler besonders unabhängig vom übrigen Kühlflüssigkeitsstrom zu machen, ist es jedoch günstig, wenn der erste Kühlflüssigkeitsstrom und ein zweiter Kühlflüssigkeitsstrom aus einem Haupt-Kühlflüssigkeitsstrom abgezweigt werden, wobei dieser Haupt-Kühlflüssigkeitsstrom insbesondere keine weiteren Kühlflüssigkeitsverbraucher versorgt.

[0012] Vorzugsweise wird die Temperatur des Rücklaufstroms durch Einstellung der Mengen des ersten und des zweiten Kühlflüssigkeitsstroms eingestellt. Die Einstellung der Mengen der beiden Kühlflüssigkeitsstrome

kann dabei von Hand, durch eine automatische Regelung der Mischartemperatur oder als feste Einstellung eines vorher bestimmten Verhältnisses beziehungsweise vorher bestimmter absoluter Mengen vorgenommen werden.

[0013] Wenn der erste Kühlflüssigkeitsstrom separat von dem zweiten Kühlflüssigkeitsstrom durch eine oder mehrere Kühlflüssigkeitspumpen geleitet wird, können die Pumpen und die mit ihnen verbundenen Leitungen entsprechend klein dimensioniert werden.

[0014] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Kühlung eines Gases gemäß den Patentanspruch 6 sowie Verfahren und Vorrichtungen zur Gaszerlegung, insbesondere zur Tieftemperatur-Luftzerlegung gemäß den nachfolgenden Ansprüchen.

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

[0016] Über Leitung 1 wird Gas in den unteren Bereich eines Direktkontaktkühlers 2 eingeleitet, in dem Beispiel unmittelbar oberhalb des Sumpfs. Der Direktkontaktkühler weist zwei Stoffaustauschabschnitte 3, 4 auf, die jeweils mit Siebböden, Füllkörpern oder geordneten Pakkungen ausgestattet sind. Die Flüssigkeitsverteiler oberhalb dieser Abschnitte sind nicht dargestellt. Am Kopf des Direktkontaktkühlers tritt über Leitung 5 gekühltes Gas aus.

[0017] Das zu kühlende Gas 1 stammt vorzugsweise aus einem Einsatzgasverdichter (nicht dargestellt), der unter Umständen einen Nachkühler aufweist, in dem ein Teil der Verdichtungswärme mittels indirekten Wärmeaustauschs abgeführt wird; im Ausführungsbeispiel ist ein solcher Nachkühler jedoch nicht vorgesehen. Hier tritt das Gas 1 mit einer Temperatur von 90 bis 100°C in den Direktkontaktkühler 2 ein und das gekühlte Gas 5 strömt unter 8 bis 12°C wieder aus.

[0018] Über Leitung 6 wird ein Haupt-Kühlflüssigkeitsstrom von einem Kühlflüssigkeitssystem unter einer vorbestimmten Vorlauftemperatur von vorzugsweise 15 bis 45°C, beispielsweise etwa 30°C geliefert. Mindestens ein Teil wird als erster Kühlflüssigkeitsstrom 7, 8 mittels einer zum Beispiel elektrisch getriebenen Pumpe 9 auf den unteren Abschnitt 3 des Direktkontaktkühlers 2 aufgegeben. Diese Kühlflüssigkeit tritt in dem Direktkontaktkühler 2, 3 in direkten Wärmeaustausch mit dem Gas aus Leitung 1. Sie wird dabei angewärmt und als Rückstrom 10 aus dem Direktkontaktkühler abgezogen. Der Rückstrom fließt über eine Rücklaufleitung 11 zurück in das Kühlflüssigkeitssystem.

[0019] Zuvor wird er gemäß der Erfindung mit einem zweiten Kühlflüssigkeitsstrom 12, 13 vermischt, dessen Temperatur niedriger ist. Der zweite Kühlflüssigkeitsstrom wird in dem Beispiel aus dem Haupt-Kühlflüssigkeitsstrom 6 abgezweigt. Die Rücklauftemperatur in der Leitung 11 (vorzugsweise 25 bis 55°C, zum Beispiel etwa 40°C) wird über die Durchflussmengen des ersten Kühlflüssigkeitsstroms (vorzugsweise 30 bis 60°C, zum Bei-

spiel etwa 45°C) und des zweiten Kühlflüssigkeitsstroms (vorzugsweise 15 bis 45°C, zum Beispiel etwa 30°C) durch entsprechende Einstellung der Ventile 15, 14 eingestellt. Die Einstellung der Mengen der beiden Kühlflüssigkeitsstrome kann dabei von Hand, durch eine automatische Temperaturregelung oder als feste Einstellung eines vorher bestimmten Verhältnisses beziehungsweise vorher bestimmter absoluter Mengen vorgenommen werden. Gegebenenfalls kann das Abflussventil 17 für

5 den Rückstrom 10 in diese Regelung einbezogen werden.

[0020] Auf diese Weise ist es möglich, unabhängig von den Vorgaben des Kühlflüssigkeitssystems über Leitung 8 nur die Menge an Kühlflüssigkeit in den Direktkontaktkühler einzuleiten, die für die Gaskühlung in dem Abschnitt 3 tatsächlich benötigt wird. Die von dem Kühlflüssigkeitssystem vorgegebene Rücklauftemperatur wird unabhängig davon über die Zumischung 13 in den Rückstrom 10 erreicht.

[0021] Der obere Abschnitt 4 des Direktkontaktkühlers ist für das erfindungsgemäße Verfahren nicht wesentlich und kann grundsätzlich weggelassen werden. In dem Ausführungsbeispiel dient er zur weiteren Abkühlung des Gases mittels eines dritten Kühlflüssigkeitsstroms 16, der insbesondere durch Frischwasser oder durch Kaltwasser aus einem Verdunstungskühler oder einer Kälteanlage gebildet werden kann.

[0022] In dem Ausführungsbeispiel wird das Gas durch atmosphärische Luft gebildet. Die gekühlte Luft 5 wird in einer adsorptiven Reinigungseinrichtung behandelt und tritt anschließend in die Coldbox einer Tieftemperatur-Trenneinrichtung ein. Dort wird sie in einem Hauptwärmetauscher auf etwa Taupunkt abgekühlt und in die Trennsäule beziehungsweise in eine oder mehrere der Trennsäulen des Destilliersäulen-Systems der Trenneinrichtung eingeleitet.

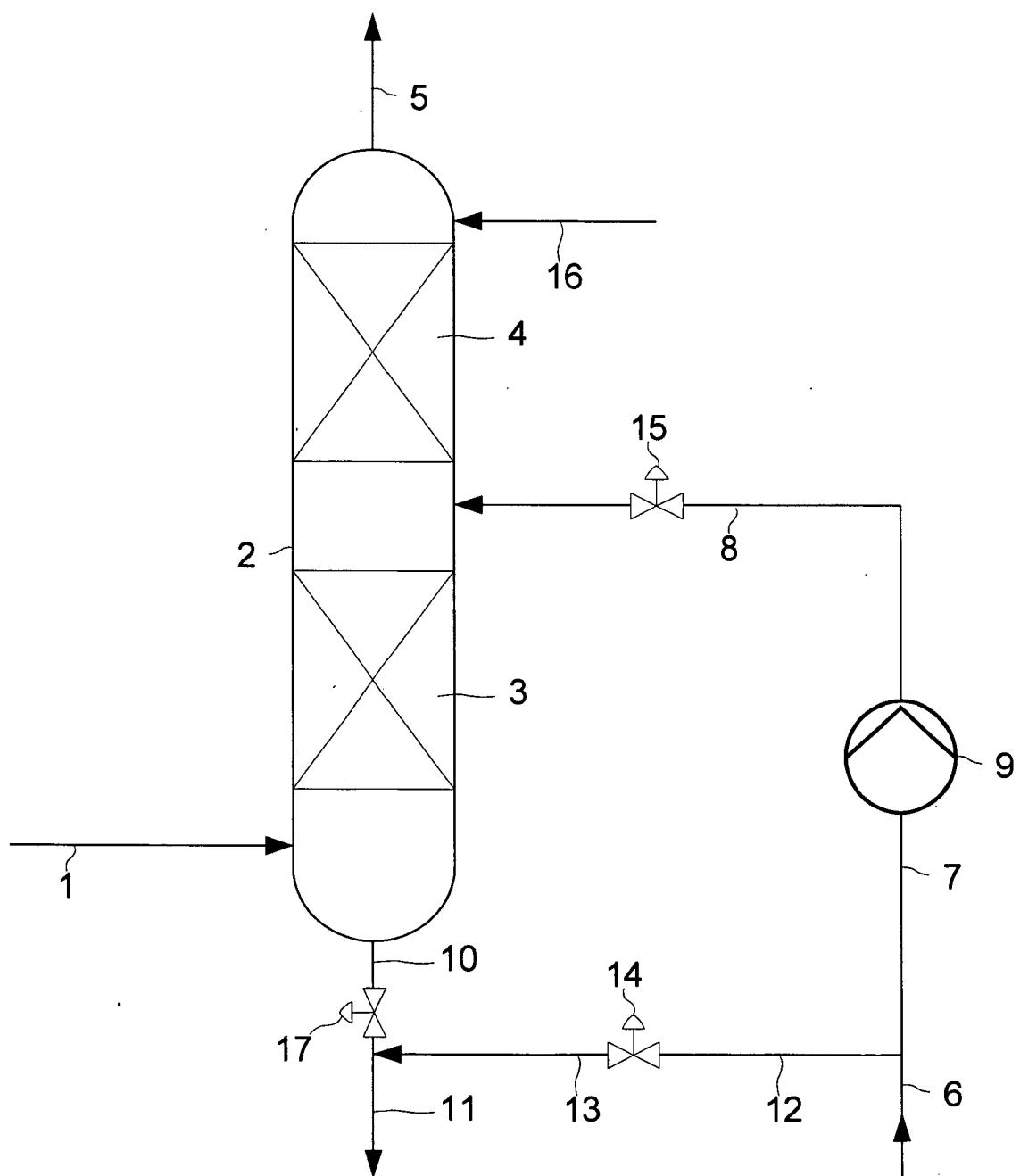
[0023] Die Kühlflüssigkeit wird durch Wasser gebildet.

[0024] In einer konkreten Anwendung des Ausführungsbeispiels wurde die Temperatur des Rückstroms 10 im Vergleich zu einem Verfahren ohne Zumischung (Ventil 14 geschlossen) um 5 K erhöht. Die Menge des ersten Kühlflüssigkeitsstroms 7, 8 konnte dabei um etwa 40 % vermindert werden. Hierdurch ist es möglich, den Direktkontaktkühler im Querschnitt um etwa 10 % zu verkleinern und etwa 40 % der Pumpenleistung in 9 einzusparen.

[0025] Alternativ zu der Abzweigung des zweiten Kühlflüssigkeitsstroms 13 aus dem Kühlflüssigkeitssystem kann der Rückstrom 10 mit einem anderen relativ kalten Kühlflüssigkeitsstrom vermischt werden, beispielsweise mit einem oder mehreren Rückströmen von den Zwischenkühlern eines oder mehrerer Gasverdichter. Hierbei wird im Rahmen der Erfindung ein relativ hoher Durchsatz an Kühlflüssigkeit durch die betreffenden Zwischenkühlern eingestellt, um eine entsprechend niedrige Temperatur vor der Vermischung mit dem Rückstrom aus dem Direktkontaktkühler zu erreichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kühlung eines Gases durch direkten Wärmeaustausch mit einer Kühlflüssigkeit, bei dem
- das Gas (1) in den unteren Bereich eines Direktkontaktkühlers (2) eingeführt wird,
- ein erster Kühlflüssigkeitsstrom (8) oberhalb der Stelle der Einleitung (1) des Gases in den Direktkontaktkühler (2) eingeleitet wird,
- gekühltes Gas (5) oberhalb der Stelle der Einleitung (1) des Gases aus dem Direktkontaktkühler (2) entnommen wird und
- aus dem unteren Bereich des Direktkontaktkühlers (2) ein flüssiger Rückstrom (10) abgezogen und als Rücklaufstrom (11) weitergeleitet wird,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Temperatur des Rücklaufstroms geregelt wird, indem mindestens zeitweise ein zweiter Kühlflüssigkeitsstrom (13), dessen Temperatur niedriger als diejenige des flüssigen Rückstroms (10) ist, in den Rücklaufstrom eingeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rücklaufstrom (11) einem integrierten Kühlflüssigkeitssystem zugeleitet wird, das eine Mehrzahl von Verbrauchern mit kalter Kühlflüssigkeit versorgt und aus dem der erste und gegebenenfalls der zweite Kühlflüssigkeitsstrom entnommen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Kühlflüssigkeitsstrom (7, 8) und der zweite Kühlflüssigkeitsstrom (12, 13) aus einem Haupt-Kühlflüssigkeitsstrom (6) abgezweigt werden und der zweite Kühlflüssigkeitsstrom (12, 13) an dem Direktkontaktkühler (2) vorbeigeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Rücklaufstroms (11) durch Einstellung (14, 15) der Mengen des ersten und des zweiten Kühlflüssigkeitsstroms eingestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Kühlflüssigkeitsstrom (7, 8) separat von dem zweiten Kühlflüssigkeitsstrom durch eine oder mehrere Kühlflüssigkeitspumpen (9) geleitet wird.
6. Vorrichtung zur Kühlung eines Gases durch direkten Wärmeaustausch mit einer Kühlflüssigkeit
- mit einem Direktkontaktkühler,
- mit Mitteln zur Einleitung von Gas in den unteren Bereich des Direktkontaktkühlers,
- mit Mitteln zur Einleitung einer ersten Kühlflüssigkeitsstrom in den Direktkontaktkühler oberhalb der Stelle der Einleitung des Gases,
- mit Mitteln zum Abziehen von gekühltem Gas aus dem Direktkontaktkühler oberhalb der Stelle der Einleitung des Gases und
- mit Mitteln zum Abziehen eines flüssigen Rückstroms aus dem unteren Bereich des Direktkontaktkühlers,
- gekennzeichnet durch**
- Mittel zur Zumischung eines zweiten Kühlflüssigkeitsstroms, dessen Temperatur niedriger als diejenige des Rückstroms ist, in den flüssigen Rückstrom, **durch**
- eine Rücklaufleitung für das Gemisch aus zweitem Kühlflüssigkeitsstrom und Rückstrom und
- **durch** eine Regeleinrichtung zur Regelung der Temperatur des Rücklaufstroms **durch** Einstellung der Mengen des ersten und/oder des zweiten Kühlflüssigkeitsstroms.
7. Verfahren zur Gaszerlegung, insbesondere zur Luftzerlegung, bei dem ein Einsatzgas verdichtet, in dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 gekühlt und einer Trenneinrichtung zugeführt wird.
8. Verfahren zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft, bei dem Einsatzluft verdichtet, in dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 gekühlt und einer Reinigungseinrichtung und anschließend einem Destilliersäulen-System mit mindestens einer Trennsäule zugeführt wird.
9. Vorrichtung zur Gaszerlegung, insbesondere zur Luftzerlegung, mit einem Einsatzgasverdichter, dessen Austritt mit einer Vorrichtung zur Kühlung gemäß Anspruch 6 verbunden ist und mit einer Trenneinrichtung, deren Eintritt mit dem Austritt der Vorrichtung zur Kühlung verbunden ist.
10. Vorrichtung zur Tieftemperatur-Zerlegung von Luft mit einem Hauptluftverdichter, dessen Austritt mit einer Vorrichtung zur Kühlung gemäß Anspruch 6 verbunden ist und mit einer Trenneinrichtung, deren Eintritt über eine Reinigungseinrichtung mit dem Austritt der Vorrichtung zur Kühlung verbunden ist.





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 017, Nr. 027 (M-1355), 19. Januar 1993 (1993-01-19) -& JP 04 251181 A (NIPPON SANSO KK), 7. September 1992 (1992-09-07) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-10	INV. F25J3/04 F28D21/00
A	DE 101 15 258 A1 (LINDE AG) 18. Juli 2002 (2002-07-18) * Anspruch 7; Abbildung 5 *	1,3-10	
A	EP 1 284 402 A (THE BOC GROUP, INC) 19. Februar 2003 (2003-02-19) * Absatz [0017]; Abbildungen *	2	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 18, 5. Juni 2001 (2001-06-05) -& JP 01 107082 A (HITACHI LTD), 24. April 1989 (1989-04-24) * Zusammenfassung *	7-10	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr. 18, 5. Juni 2001 (2001-06-05) -& JP 01 067587 A (NIPPON SANSO KK), 14. März 1989 (1989-03-14) * Zusammenfassung *	7-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25J F28D
2 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		15. Mai 2006	Göritz, D
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			

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

EP 06 00 1111

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.

15-05-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 04251181	A	07-09-1992	JP	3191161 B2	23-07-2001
DE 10115258	A1	18-07-2002		KEINE	
EP 1284402	A	19-02-2003		KEINE	
JP 01107082	A	24-04-1989		KEINE	
JP 01067587	A	14-03-1989		KEINE	