

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 389 672 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

18.02.2004 Patentblatt 2004/08(51) Int Cl.7: **F01K 25/08, F25J 3/04**(21) Anmeldenummer: **03017887.5**(22) Anmeldetag: **05.08.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

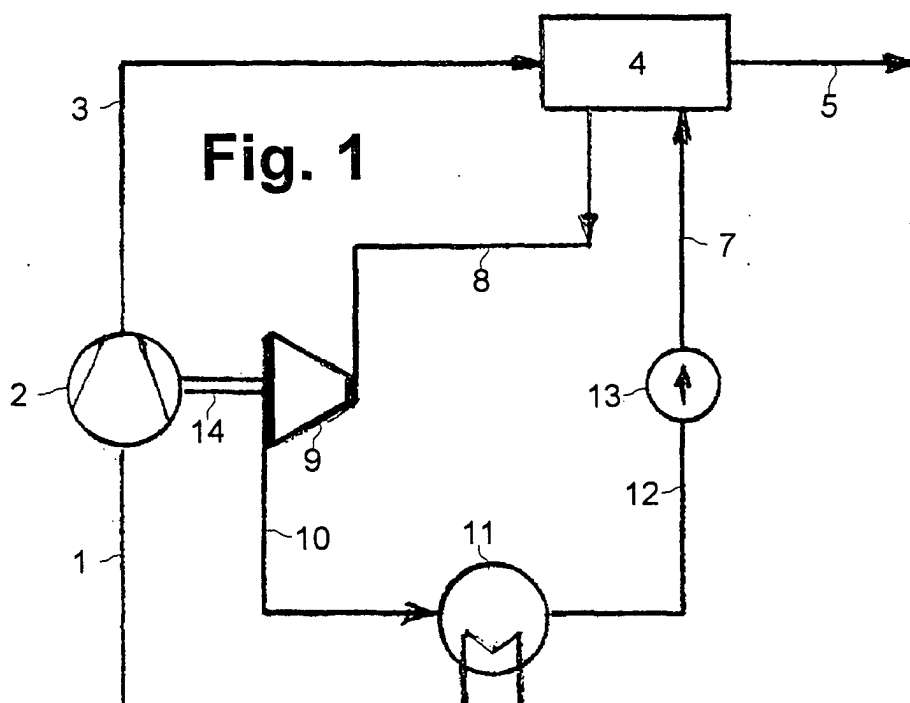
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft
65189 Wiesbaden (DE)**(72) Erfinder: **Voit, Jürgen****86938 Schondorf a.A. (DE)**(30) Priorität: **16.08.2002 DE 10238435**(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen eines verdichteten Gasstroms**

(57) Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zum Erzeugen eines verdichteten Gasstroms (5). Der Gasstrom (1) wird in mindestens einer ersten Verdichterstufe (2) verdichtet und anschließend durch indirekten Wärmeaustausch in einem ersten Verdampfer (4) gegen ein verdampfendes Kältemittel (7) abgekühlt. Das

Kältemittel wird in einem Kältekreislauf (8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13) geführt, in dem es stromabwärts des ersten Verdampfers (4) mindestens zum Teil entspannt (9), kondensiert (11), rückverdichtet (13) und erneut dem ersten Verdampfer (4) zugeleitet wird. Die Entspannung (9) des Kältemittels in dem Kältekreislauf wird arbeitsleistend durchgeführt.

**EP 1 389 672 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines verdichteten Gasstroms, bei dem der Gasstrom in mindestens einer ersten Verdichterstufe verdichtet und anschließend durch indirekten Wärmeaustausch in einem ersten Verdampfer gegen ein verdampfendes Kältemittel abgekühlt wird, wobei das Kältemittel in einem Kältekreislauf geführt wird, in dem es stromabwärts des ersten Verdampfers mindestens zum Teil entspannt, kondensiert, rückverdichtet und erneut dem ersten Verdampfer zugeleitet wird.

[0002] Bei dem Gasstrom kann es sich beispielsweise um atmosphärische Luft handeln, die unter erhöhtem Druck benötigt wird. Die Druckluft kann einem anschließenden Prozess zugeführt werden, beispielsweise einer Luftzerlegungsanlage.

[0003] Verfahren der eingangs genannten Art sind beispielsweise aus JP 10267527 A und EP 1016840 bekannt.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein derartiges Verfahren anzugeben, das energetisch günstiger ist.

[0005] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Entspannung des Kältemittels in dem Kältekreislauf arbeitsleistend durchgeführt wird. Auf diese Weise kann aus der Abwärme der Verdichtung des Gasstroms Energie zurückgewonnen werden. Die Energie kann dabei mechanisch auf einen Energieverbraucher (zum Beispiel einen Verdichter) oder an einen Generator übertragen werden.

[0006] Die arbeitsleistende Entspannung kann ein- oder mehrstufig durchgeführt werden. Es ist auch möglich mehrere Entspannungsmaschinen parallel zu schalten (Mehr-Turbinen-Verfahren).

[0007] Bei einstufiger Verdichtung des Gasstroms stellt der erste Verdampfer den Nachkühler der Verdichtung dar. Bei mehrstufiger Verdichtung ist es günstig, nicht nur eine Nachkühlung hinter der letzten Stufe durchzuführen, sondern auch zwischen zwei aufeinander folgenden Stufen, vorzugsweise zwischen jedem Paar von aufeinander folgenden Stufen, eine Zwischenkühlung in je einem Verdampfer vorzunehmen. Alle Verdampfer werden parallel von dem im Kältekreislauf verdichteten Kältemittel beaufschlagt. Der Kältemittelstrom wird stromabwärts der Verdampfer wieder vereinigt und mindestens zum Teil, vorzugsweise vollständig, der arbeitsleistenden Entspannung zugeführt.

[0008] Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zum Erzeugen eines verdichteten Gasstroms gemäß den Patentansprüchen 4 bis 6 sowie die Anwendung des Verfahrens beziehungsweise der Vorrichtung zur Erzeugung eines verdichteten Luftstroms (Anspruch 7), speziell für eine Luftzerlegungsanlage, insbesondere eine Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage (Anspruch 8).

[0009] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert, die in den Zeichnungen schematisch dargestellt sind. Hierbei zeigen:

- Figur 1 ein Ausführungsbeispiel mit einstufiger Verdichtung des Gasstroms,
- Figur 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel mit dreistufiger Verdichtung des Gasstroms und
- Figur 3 die Anwendung der Erfindung zur Kühlung eines sonstigen Prozessstroms.

[0010] Ein zu verdichtender Gasstrom 1, der beispielsweise durch atmosphärische Luft gebildet wird, die zuvor in einem Filter von Feststoffteilchen befreit wurde, wird in **Figur 1** einem einstufigen Verdichter 2 ("erste Verdichterstufe") zugeführt und dort auf den gewünschten Enddruck komprimiert. Das verdichtete Gas 3 wird einem Verdampfer 4 ("erster Verdampfer") zugeleitet, in dem es durch indirekten Wärmeaustausch abgekühlt wird, vorzugsweise auf etwa Umgebungstemperatur. Der abgekühlte Hochdruck-Gasstrom 5 wird einem Verbraucher, beispielsweise einer Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage, oder einem Druckgas-Netzwerk zugeführt.

[0011] In dem Verdampfer 4 wird ein flüssiges Kältemittel 6 aus einem Kältekreislauf 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 verdampft. Das verdampfte Kältemittel 8 wird in einer Entspannungsmaschine, die vorzugsweise als Expansionsturbine ausgebildet ist, arbeitsleistend entspannt und anschließend über Leitung 11 einem Kondensator 11 durch indirekten Wärmeaustausch, beispielsweise mit Kühlwasser, verflüssigt. Das kondensierte Niederdruck-Kältemittel wird in einer Pumpe 13 rückverdichtet und schließlich wieder dem Verdampfer 4 zugeführt.

[0012] Die bei der arbeitsleistenden Entspannung 9 erzeugte mechanische Energie wird in dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 mittels mechanischer Kopplung 14 auf den Verdichter 2 übertragen. Falls dies nicht zum Antrieb des Verdichters 2 ausreicht, kann dieser zusätzlich mit einem Motor verbunden sein (nicht dargestellt).

[0013] In **Figur 2** wird der Gasstrom 1 in drei Stufen 2a, 2b, 2c verdichtet. Stromabwärts jeder Verdichterstufe 2a, 2b, 2c wird der Gasstrom 3a, 3b, 3c in je einem Verdampfer (Zwischenkühlen 4a und 4b und Nachkühler 4c) abgekühlt. Der Kältekreislauf 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 entspricht im Wesentlichen demjenigen von Figur 1. Allerdings wird das flüssige Hochdruck-Kältemittel 7 in drei Teilströme 7a, 7b, 7c für jeden der Verdampfer 4a, 4b, 4c verzweigt. Das verdampfte Kältemittel 8a, 8b, 8c wird vor der arbeitsleistenden Entspannung 9 wieder vereinigt (Leitung 8).

[0014] Die bei der arbeitsleistenden Entspannung 9 erzeugte mechanische Energie wird in dem Ausführungsbeispiel der Figur 2 in elektrische Energie umgewandelt. Die Entspannungsmaschine ist daher mit einem Generator 15 gekoppelt.

[0015] In **Figur 3** ist dargestellt, wie die Erfindung allgemein zur Nutzung der Prozesswärme eines exother-

men Prozesses 30 eingesetzt werden kann. Dabei kann es sich um jede Art von Verfahren oder Vorrichtung handeln, die Wärme erzeugt und ein zu kühlendes Fluid 33 bildet.

[0016] Das zu kühlende Fluid wird analog zu dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 unter hoher Temperatur einem Verdampfer 4 ("erster Verdampfer") zugeleitet, in dem es durch indirekten Wärmeaustausch abgekühlt wird. Das abgekühlte Fluid 35 wird dem Verdampfer 4 unter niedrigerer Temperatur entnommen.

[0017] In dem Verdampfer 4 wird ein flüssiges Kältemittel 6 aus einem Kältekreislauf 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13 verdampft. Das verdampfte Kältemittel 8 wird in einer Entspannungsmaschine, die vorzugsweise als Expansionsturbine ausgebildet ist, arbeitsleistend entspannt und anschließend über Leitung 11 einem Kondensator 11 durch indirekten Wärmeaustausch, beispielsweise mit Kühlwasser, verflüssigt. Das kondensierte Niederdruck-Kältemittel wird in einer Pumpe 13 rückverdichtet und schließlich wieder dem Verdampfer 4 zugeführt.

[0018] Die bei der arbeitsleistenden Entspannung 9 erzeugte mechanische Energie kann durch jede bekannte Methode abgeführt werden, beispielsweise durch einen Generator oder eine dissipative Bremse (z. B. Ölbremse). In dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 wird sie mittels mechanischer Kopplung 44 auf einen Verdichter 32 übertragen, in dem ein Arbeitsfluid 31 auf einen erhöhten Druck gebracht wird. Das Hochdruck-Fluid 33 kann dem Prozess 30 zugeführt oder unabhängig von diesem genutzt werden.

[0019] Als Kältemittel kann bei der Erfindung - unabhängig vom spezifischen Ausführungsbeispiel - jedes geeignete Medium eingesetzt werden, beispielsweise Neopentane, Isopentane, Polar 1, Acetaldehyde, Ethylamin, Ethylenoxid und/oder H₂O.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines verdichteten Gasstroms (5), bei dem der Gasstrom (1) in mindestens einer ersten Verdichterstufe (2, 2a, 2b, 2c) verdichtet und anschließend durch indirekten Wärmeaustausch in einem ersten Verdampfer (4, 4a, 4b, 4c) gegen ein verdampfendes Kältemittel (7, 7a, 7b, 7c) abgekühlt wird, wobei das Kältemittel in einem Kältekreislauf (8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13) geführt wird, in dem es stromabwärts des ersten Verdampfers (4, 4a, 4b, 4c) mindestens zum Teil entspannt (9), kondensiert (11), rückverdichtet (13) und erneut dem ersten Verdampfer (4, 4a, 4b, 4c) zugeleitet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entspannung (9) des Kältemittels in dem Kältekreislauf arbeitsleistend durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasstrom in mindestens zwei aufeinander folgenden Verdichterstufen, der ersten

(2a, 2b) und einer zweiten Verdichterstufe (2b, 2c), verdichtet wird, wobei der erste Verdampfer (4a, 4b) stromaufwärts der zweiten Verdichterstufe (2b, 2c) angeordnet ist und der Gasstrom (3b, 3c) stromabwärts der zweiten Verdichterstufe (2b, 2c) durch indirekten Wärmeaustausch in einem zweiten Verdampfer (4b, 4c) gegen verdampfendes Kältemittel (7b, 7c) aus dem Kältekreislauf abgekühlt wird und wobei der zweite Verdampfer (4b, 4c) kältemittelseitig parallel zum ersten Verdampfer (4a, 4b) geschaltet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasstrom (1) in mehr als zwei aufeinander folgenden Verdichterstufen (2a, 2b, 2c) verdichtet wird, wobei der Gasstrom (3a, 3b, 3c) zwischen jeweils zwei Verdichterstufen (2a/2b, 2b/2c) und stromabwärts der letzten Verdichterstufe (2c) durch indirekten Wärmeaustausch in je einem Verdampfer (4a, 4b, 4c) gegen verdampfendes Kältemittel (7a, 7b, 7c) aus dem Kältekreislauf abgekühlt wird, wobei diese Verdampfer (4a, 4b, 4c) kältemittelseitig parallel zum ersten Verdampfer geschaltet sind.
4. Vorrichtung zum Erzeugen eines verdichteten Gasstroms (5), bei dem der Gasstrom (1) mit mindestens einer ersten Verdichterstufe (2, 2a, 2b, 2c), deren Eintritt mit einer Quelle für den zu verdichtenden Gasstrom verbunden (1) ist und deren Austritt mit einem Verdampfer (4, 4a, 4b, 4c) für den indirekten Wärmeaustausch gegen ein verdampfendes Kältemittel (7, 7a, 7b, 7c) verbunden ist, wobei der Verdampfer kältemittelseitig in einen Kältekreislauf (8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 13) zur Entspannung (9), Kondensation (11), Rückverdichtung (13) und Rückführung (7, 7a, 7b, 7c) zum ersten Verdampfer (4, 4a, 4b, 4c) des Kältemittels (8) eingebunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kältekreislauf eine Entspannungsmaschine (9) zur arbeitsleistenden Entspannung des Kältemittels aufweist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch** mindestens zwei aufeinander folgende Verdichterstufen zur Verdichtung des Gasstroms (1), die erste (2a, 2b) und eine zweite Verdichterstufe (2b, 2c), wobei der Austritt des ersten Verdampfers (4a, 4b) mit dem Eintritt der zweiten Verdichterstufe (2b, 2c) verbunden (3a, 3b) und der Austritt der zweiten Verdichterstufe (2b, 2c) mit einem zweiten Verdampfer (4b, 4c) verbunden (3b, 3c) ist und wobei der zweite Verdampfer (4b, 4c) kältemittelseitig parallel zum ersten Verdampfer (4a, 4b) geschaltet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **gekennzeichnet durch** mehr als zwei aufeinander folgende Verdichterstufen (2a, 2b, 2c) zur Verdichtung des Gas-

stroms (1), wobei zwischen jeweils zwei Verdichterstufen (2a/2b, 2b/2c) und stromabwärts der letzten Verdichterstufe (2c) je ein Verdampfer (4a, 4b, 4c) zur Abkühlung des Gasstroms (3a, 3b, 3c) gegen verdampfendes Kältemittel (7a, 7b, 7c) aus dem Kältekreislauf angeordnet ist und wobei diese Verdampfer (4a, 4b, 4c) kältemittelseitig parallel zum ersten Verdampfer geschaltet sind.

7. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 und/oder der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6 zur Erzeugung eines verdichteten Luftstroms.
8. Anwendung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der verdichtete Luftstrom einer Luftzerlegungsanlage, insbesondere einer Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage, zugeführt wird.

20

25

30

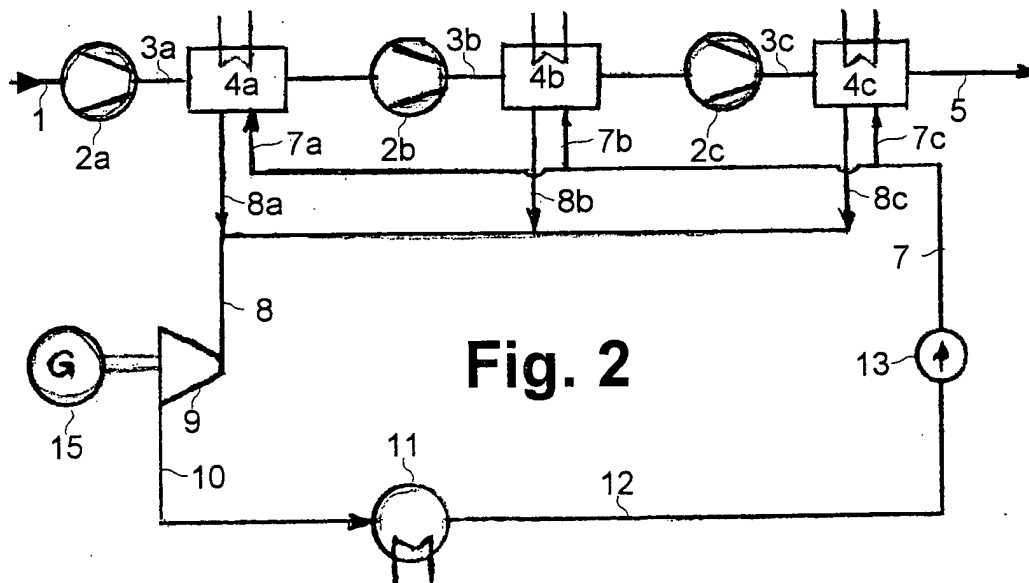
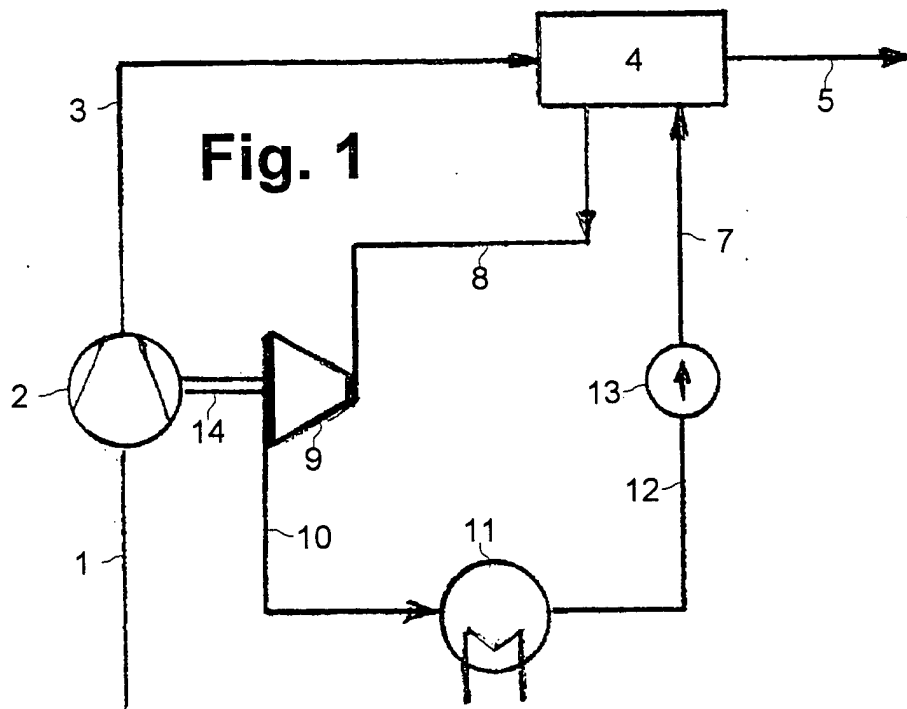
35

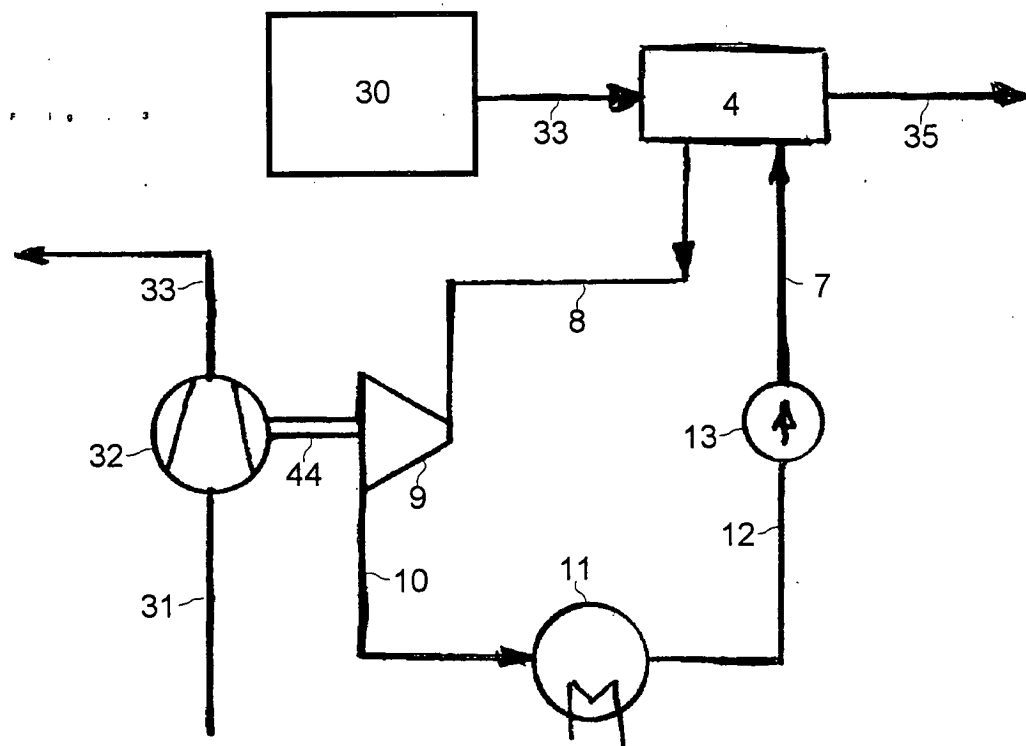
40

45

50

55







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 03 01 7887

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 4 342 201 A (ISHII HIROSHI) 3. August 1982 (1982-08-03) * Spalte 3, Zeile 58 - Spalte 6, Zeile 29 * * Spalte 7, Zeile 5 - Spalte 8, Zeile 29 * * Spalte 9, Zeile 41 - Spalte 9, Zeile 63 * * Spalte 10, Zeile 33 - Spalte 11, Zeile 20; Abbildungen 4,5,8,13,15 *	1-8	F01K25/08 F25J3/04
X	US 5 461 861 A (WENZEL HARALD) 31. Oktober 1995 (1995-10-31) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,4,7,8	
A	EP 1 016 775 A (ORMAT IND LTD) 5. Juli 2000 (2000-07-05) * Zusammenfassung; Abbildung *	1-8	
A	EP 1 174 590 A (ORMAT IND LTD) 23. Januar 2002 (2002-01-23) * das ganze Dokument *	1-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F01K F25J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 25. November 2003	Prüfer Zerf, G
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 : mündliche 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 03.82 (p04C03)

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

EP 03 01 7887

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

25-11-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4342201 A	03-08-1982	JP 56115896 A	11-09-1981
		DE 3105418 A1	17-12-1981
		FR 2476240 A1	21-08-1981
US 5461861 A	31-10-1995	DE 4234393 C1	16-09-1993
		AT 161072 T	15-12-1997
		CA 2107300 A1	08-04-1994
		CN 1087402 A ,B	01-06-1994
		DE 59307815 D1	22-01-1998
		EP 0592059 A1	13-04-1994
		ES 2112963 T3	16-04-1998
		JP 7071242 A	14-03-1995
EP 1016775 A	05-07-2000	US 6571548 B1	03-06-2003
		AU 760676 B2	22-05-2003
		AU 6547099 A	06-07-2000
		EP 1016775 A2	05-07-2000
EP 1174590 A	23-01-2002	BR 0102935 A	05-03-2002
		CA 2353152 A1	17-01-2002
		CN 1335451 A	13-02-2002
		EP 1174590 A2	23-01-2002
		US 2002047267 A1	25-04-2002

EPO FORM P0461

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