

(19)



(11)

**EP 4 170 186 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**26.04.2023 Patentblatt 2023/17**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F04D 29/58<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **21203945.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04D 29/4213; F04D 17/10; F04D 29/5846;  
F04D 29/705**

(22) Anmeldetag: **21.10.2021**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  

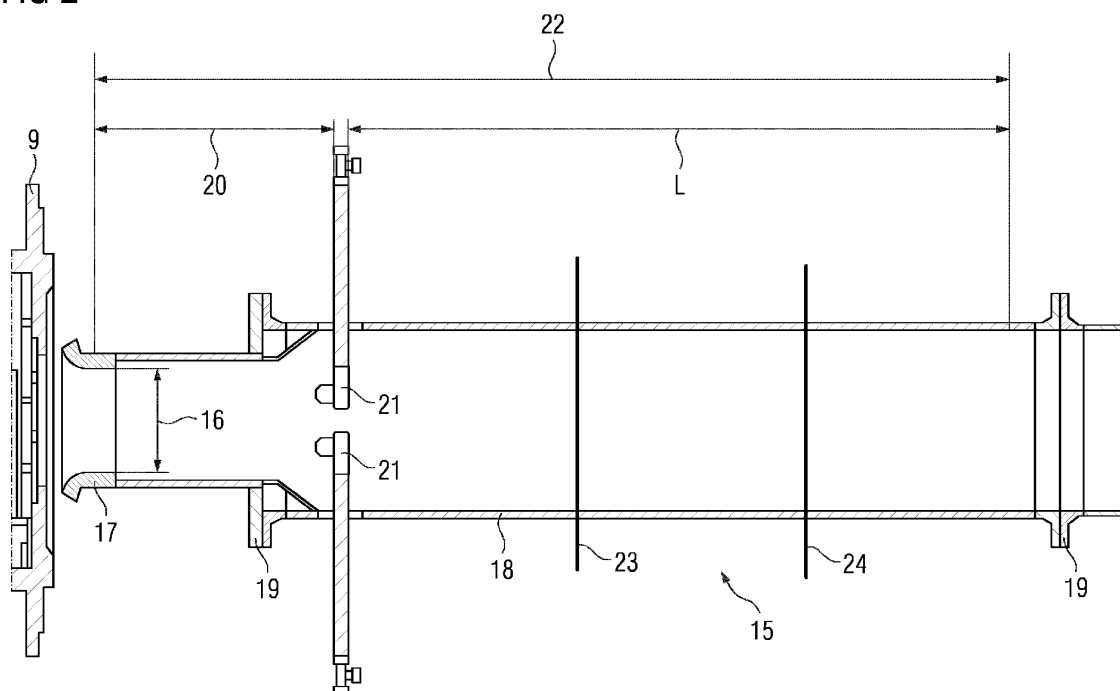
- **El-Haissouk, Bouchaib**  
**47057 Duisburg (DE)**
- **Hermes, Viktor**  
**47051 Duisburg (DE)**
- **Rheims, Jörg**  
**47803 Krefeld (DE)**
- **Spanel, Axel**  
**47228 Duisburg (DE)**
- **Woiczinski, Christian**  
**47138 Duisburg (DE)**
- **Yildiz, Atilla**  
**47447 Moers (DE)**

(71) Anmelder: **Siemens Energy Global GmbH & Co.  
KG**  
**81739 München (DE)**

**(54) VERDICHTER, INSBESONDERE RADIALVERDICHTER**

(57) Verdichter (1) umfassend einen Rotor, der sich entlang einer Rotationsachse (3) erstreckt, ein Gehäuse (9), wobei das Gehäuse (9) um den Rotor angeordnet ist, wobei das Gehäuse (9) eine axiale Zuströmung (4) und stromabwärts der axialen Zuströmung (4) eine erste Verdichtungsstufe und weiter stromabwärts der ersten

Verdichtungsstufe eine radiale Abströmung (5) für ein Prozessfluid aufweist, wobei die radiale Abströmung (5) durch das Gehäuse (9) führt, ferner ein Laufrad (2), das auf dem Rotor angeordnet ist, mit einer Einspritzvorrichtung (15) zur Einspritzung einer Flüssigkeit in die axiale Zuströmung (4).

**FIG 2****EP 4 170 186 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Verdichter, insbesondere einen Radialverdichter.

**[0002]** In heutigen Verdichtern, insbesondere Radialverdichtern werden Stufenwirkungsgrade von etwa 90% erreicht, was als physikalische Grenze angesehen wird. Es ist möglich den Wirkungsgrad zu erhöhen, indem eine Wassereinspritzung verwendet wird. Die Vorteile der Wassereinspritzung wurden bereits bei Gasturbinen erkannt, wo die Wassereinspritzung einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Leistung und des Wirkungsgrades beiträgt. Bei der Wassereinspritzung wird Wasser mit hohem Druck vor dem Verdichter oder zwischen den Stufen bei mehrstufigen Verdichtern eingespritzt. Das Wasser verdunstet während der Verdichtung und kühlt kontinuierlich das Gas, wie in dem Vergleichsprozess der isothermen Verdichtung. Dadurch kann der Wirkungsgrad um 1-2% gesteigert werden.

**[0003]** Im Bereich der Verdichtertechnologie wird die Wassereinspritzung in Rohgasverdichtern eingesetzt, wo das Wasser zwischen den Verdichterstufen eingespritzt wird, um die Austrittstemperatur des Mediums zwischen den einzelnen Stufen zu reduzieren, um eine Polymerisation des Mediums zu verhindern.

**[0004]** Obwohl die Vorteile, die durch das Einspritzen von verdampfbarer Flüssigkeit direkt in den Gasstrom eines Verdichters bekannt sind, sind allerdings auch einige Nachteile bekannt.

**[0005]** Problematisch ist der begrenzende Grad an Verdampfung der in den Verdichtergasstrom eingespritzten Flüssigkeit erzielt wird. Wenn die Flüssigkeit in ein Gebiet niedriger Geschwindigkeit des Verdichters eingespritzt wird, kann es sein, dass das Aufbrechen oder Zerstäuben der Flüssigkeit in sehr kleine Tröpfchen nicht erreicht wird. Sehr kleine Tröpfchen sind notwendig, um einen hohen Grad an Verdampfung zu erzielen, weil der Oberflächeninhalt eines solchen Tröpfchens in Bezug auf das Volumen des Tröpfchens groß ist und das Tröpfchen so leicht Wärme absorbieren und verdampfen kann.

**[0006]** Große Flüssigkeitströpfchen, die auf innere Verdichterteile, wie das Laufrad, auftreffen, führen zu der Gefahr einer starken Erosion.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten Verdichter, insbesondere Radialverdichter anzugeben.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Verdichter umfassend einen Rotor, der sich entlang einer Rotationsachse erstreckt, ein Gehäuse, wobei das Gehäuse um den Rotor angeordnet ist, wobei das Gehäuse eine axiale Zuströmung und stromabwärts der axialen Zuströmung eine erste Verdichtungsstufe und weiter stromabwärts der ersten Verdichtungsstufe eine erste radiale Abströmung für ein Prozessfluid aufweist, wobei die erste radiale Abströmung durch das Innengehäuse führt, ferner ein Laufrad, das auf dem Rotor angeordnet ist, mit einer Einspritzvorrichtung zur Einspritzung einer Flüssigkeit in die axiale Zuströmung.

**[0009]** Die von dem Hauptanspruch abhängigen Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

**[0010]** Im Zusammenhang mit der Erfindung bedeuten Ausdrücke wie axial, radial, tangential oder Umfangsrichtung jeweils einen Bezug zu der Achse des Rotors bzw. der Rotationsachse. Eine Verdichtungsstufe bedeutet hierbei die Verdichtung eines bestimmten Massenstroms mittels eines oder mehrerer Verdichterlaufräder. Entscheidend bei dem erfindungsgemäßen Gebrauch des Begriffs "Verdichterstufe" oder "Verdichtungsstufe" ist die in einem ununterbrochenen Strömungspfad in dem Verdichter stattfindende Verdichtung, ohne, dass der zu verdichtende Massenstrom oder ein Teilstrom davon aus dem Verdichter abgeleitet wird und ggf. anderen Prozessschritten unterzogen wird. Dies bedeutet auch, dass eingangs einer Verdichtungsstufe das zu verdichtende Prozessfluid mittels einer Einströmung in das Gehäuse des Verdichters eingeleitet wird und ausgangs einer Verdichtungsstufe zumindest ein Teil - in der Regel der gesamte Massenstrom des Prozessfluids - wieder aus dem Gehäuse der entsprechenden Verdichtungsstufe mittels einer Abströmung ausgeleitet wird.

**[0011]** Erfindungsgemäß wird ein Gemisch als Flüssigkeit verwendet.

**[0012]** Durch die Beimischung von Methanol (Siedepunkt 65°C) oder Ethanol (Siedepunkt 78°C) kann eine zielgenaue Verdunstung im Verdichtungsprozess eingestellt werden. Entlang der Verdichtungsstrecke werden mit der Temperaturerhöhung verschiedene Anteile des Gemisches verdunsten und Wärme aufnehmen. Dadurch kann eine niedrigere Temperatur erzielt werden, als wenn man nur mit einer einphasigen Flüssigkeit arbeitet.

**[0013]** Eine weitere Verbesserung besteht darin, eine höhere Siedetemperatur durch geeignete Mischungspartner herzustellen, wenn es dem Verdichtungsprozess zuträglich ist. Außerdem könnte das Mischen innerhalb des zu verdichtenden Mediums erfolgen, wenn die Mischungsenthalpie negativ ist und eine zusätzliche (Mischungs-)Kühlung erzielt werden soll.

**[0014]** Mit der Erfindung wird zudem das Ziel verfolgt, sich an eine isotherme Verdichtung anzunähern, die zu einem hohen Wirkungsgrad führt.

**[0015]** Mit der erfindungsgemäßen Verdampfung einer Flüssigkeit, wie z.B. Wasser oder Flüssiggas, kann der Volumenstrom der Strömung reduziert werden. Bei einem gegebenen Querschnitt sinken damit die Geschwindigkeit und die Strömungsverluste.

**[0016]** Somit kann die Verdampfung dazu genutzt werden, Verdichter kompakter auszulegen, ohne der negativen Folgen der Kompaktheit auf die Leistung des Verdichters.

**[0017]** In einer vorteilhaften Weiterbildung ist eine Einspritzung in der Spiralstufe (letzte Stufe einer Prozessstufe) besonders wirkungsvoll.

**[0018]** In weiteren vorteilhaften Weiterbildungen wird eine Einspritzvorrichtung auch in Einläufen und Rück-

führstufen vorgeschlagen. In Abhängigkeit vom Betriebspunkt sollte die Menge der Flüssigkeit geregelt werden, um einen optimalen Zustand nahe der Sättigung sicherzustellen und Flüssigkeitsansammlung zu vermeiden.

**[0019]** In einer vorteilhaften Weiterbildung liegt die Menge des Wassers etwa bei 2 Gew.-%. Hierbei reduziert sich der Gesamtvolumenstrom inkl. Verdampfem, zugefügtem Wasser um etwa 8% was die Verluste eines Diffusors und einer Spirale um etwa 15% reduzieren sollte.

**[0020]** Es kann entweder ein Gas in flüssigem Aggregatzustand eingespritzt werden oder ein anderes Medium wie z.B. Wasser, Methanol oder Ethanol, oder ein Gemisch aus mehreren Komponenten.

**[0021]** Das eingespritzte Medium wird so ausgewählt, dass seine Verdampfungstemperatur niedriger liegt als die Temperatur am Laufradaustritt der nachfolgenden Verdichtungsstufe ohne Flüssigkeitseinspritzung, bezogen auf den dort vorliegenden Enddruck.

**[0022]** Bei einem Gemisch mehrerer Flüssigkeiten muss diese Bedingung, für die am höchsten siedenden Komponente erfüllt sein. Andererseits kann die Verdampfungstemperatur (bei Gemischen: der am niedrigsten siedenden Komponente) niedriger sein als die Gas-temperatur an der Einspritzstelle.

**[0023]** Das eingespritzte Medium wird so gewählt, dass die Verdampfungstemperatur über der Temperatur des verdichteten Gases an der Einspritzstelle liegt und unterhalb der Temperatur nach der nachfolgenden Verdichterstufe, bezogen auf den Fall ohne Flüssigkeitseinspritzung.

**[0024]** Eine sehr gute interne Kühlung ist erreicht, wenn die Temperatur nach dem der Einspritzung folgenden Verdichtungsprozess über der Verdampfungstemperatur der Flüssigkeit liegt, bei Flüssigkeitsgemischen über der höchsten Verdampfungstemperatur der Einzelkomponenten. Für diesen Fall würde das Potenzial der inneren Kühlung ausgenutzt werden, da die hohe Enthalpie des Verdampfungsprozesses ausgenutzt wurde.

**[0025]** Durch eine aktive Dosierung der Flüssigkeitsmenge, wird die Flüssigkeitseinspritzung verbessert. Die Berechnung der Flüssigkeitsmenge erfolgt über die Temperatur und die relative Feuchte des angesaugten Mediums. Die Dosierung kann dann durch Zu- und Abschaltung von Düsen oder über die Pumpendrehzahl oder auch über eine By-Pass Regelung erfolgen.

**[0026]** Eine entscheidende Rolle spielt die Verweilzeit mit eingespritzter Flüssigkeit für die effektive Befeuchtung des Prozessfluids.

**[0027]** Erfindungsgemäß wird ein Mindestabstand zwischen einer Eindüsung und einem Laufradeintritt vom 3-fachen des Laufradeintrittsdurchmessers vorgeschlagen, um mittels Flüssigkeitseinspritzung eine effektive Reduzierung der Verdichterantriebsleistung zu erreichen.

**[0028]** Es hat sich gezeigt, dass ein Optimum erreichbar ist, wenn der Abstand zwischen Eindüsung und Laufradeintritt im Wesentlichen beim 10-fachen des Laufrad-

eintrittsdurchmessers liegt. Generell gilt der Zusammenhang, dass der Abstand der Eindüsung zum Laufradeintritt umso geringer sein kann, je feiner die eingebrachten Flüssigkeitströpfchen sind.

**[0029]** In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung wird eine Kaskadierung der Einspritzung in mehreren Einheiten mit definiertem Abstand zueinander vorgeschlagen. Auch hier sollte der Mindestabstand der letzten Kaskade nicht unterschritten werden. Die Einspritzdüsen in der Kaskade können mit Blick in Strömungsrichtung versetzt zueinander angeordnet werden, um sich gegenseitig nicht zu stören. In kaskadierter Anordnung kann die eingespritzte Flüssigkeitsmenge pro Position reduziert werden.

**[0030]** Im Folgenden ist die Erfindung anhand spezieller Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert.

**[0031]** Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

**[0032]** Gleiche Bauteile oder Bauteile mit gleicher Funktion sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

**[0033]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Diese sollen die Ausführungsbeispiele nicht maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der in der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

**[0034]** Es zeigen:

Figur 1 einen Schnittdarstellung eines Radialverdichters gemäß dem Stand der Technik

Figur 2 einen Längsschnitt durch eine schematische Darstellung eines ersten erfindungsgemäßen Verdichters

**[0035]** Begriffe wie axial, radial, tangential oder Umfangsrichtung sind auf eine Achse X eines Rotors bezogen, wenn dies nicht anders angegeben ist.

**[0036]** FIG 1 zeigt eine bekannte radiale Strömungsmaschine in einer (vereinfachten) Schnittdarstellung. Bei der dargestellten Strömungsmaschine handelt es sich um einen Verdichter 1, insbesondere einen Radialverdichter.

**[0037]** Die Strömungsmaschine umfasst unter anderem ein radiales Laufrad 2, welches um eine Rotationsachse 3 rotierbar gelagert ist. Das Laufrad 2 weist eine axiale Zuströmung 4 sowie eine radiale Abströmung 5 auf.

**[0038]** Darüber hinaus umfasst das Laufrad 2 eine Nabe 6 sowie radial von der Nabe 6 abstehende Laufrad-

schaufeln 7. Zwischen den Laufradschaufeln 7 sind Strömungskanäle ausgebildet, welche von einem Fluid durchströmbar sind. Des Weiteren ist die Nabe 6 mit einer figürlich nicht dargestellten Welle des Verdichters 1 verbunden.

**[0039]** Außerdem weist das Laufrad 2 eine Radscheibe 8 auf, die einteilig mit der Nabe 6 ausgebildet ist und die Laufradschaufeln 7 miteinander verbindet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Laufrad 2 ein sogenanntes offenes Laufrad, also ein Laufrad ohne Deckscheibe. In einer alternativen (figürlich nicht dargestellten) Ausführungsform könnte das Laufrad 2 ein sogenanntes geschlossenes Laufrad sein, also ein Laufrad mit einer Deckscheibe.

**[0040]** Weiterhin umfasst der Verdichter 1 ein Gehäuse 9, in welchem das Laufrad 2 platziert ist. Ein Teil des Gehäuses 9 ist als Spiralgehäuse ausgebildet. Das heißt, das Gehäuse 9 weist einen Spiralgehäuseteil 10 mit einem spiralförmigen Hohlraum 11 auf.

**[0041]** Ferner weist der Verdichter einen ringförmigen, bezüglich der Rotationsachse 3 axialsymmetrischen Diffusor 12 auf, welcher als eine Hohlkammer bzw. als ein Kanal im Gehäuse 9 ausgebildet ist. Der Diffusor 12 ist um einen Umfang des Laufrads 2 herum angeordnet und ist als Radialdiffusor ausgebildet. Außerdem mündet der Diffusor 12 in den Spiralgehäuseteil 10 bzw. in dessen Hohlraum 11.

**[0042]** Darüber hinaus ist in FIG 1 ein Austrittsdurchmesser 13 des Laufrads 2 in Form eines Doppelpfeils kenntlich gemacht.

**[0043]** Des Weiteren weist der Diffusor 12 eine Mehrzahl von Diffusorschaukeln 14 auf. Das heißt, der Diffusor 12 ist ein beschauelter Diffusor. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist der Diffusor 12 sechs Diffusorschaukeln 14 auf von denen in FIG 1 lediglich zwei erkennbar sind. Grundsätzlich könnte der Diffusor 12 aber auch eine andere Anzahl von Diffusorschaukeln 14 aufweisen.

**[0044]** Der Verdichter 1 wird zum Verdichten eines Fluids, wie z.B. Luft, eingesetzt. Während des Betriebs des Verdichters 1 strömt das Fluid axial durch die axiale Zuströmung 4 in das Laufrad 2 bzw. in die durch die Laufradschaufeln 7 gebildeten Strömungskanäle ein. Das Fluid wird durch das Laufrad 2 in Rotation versetzt und verlässt das Laufrad 2 radial nach außen durch die radiale Abströmung 5.

**[0045]** Von dort strömt das aus dem Laufrad 2 austretende Fluid in den Diffusor 12. Der Diffusor 12 wandelt einen Teil der kinetischen Energie des Fluids in potenzielle Energie in Form von Druck um und führt das Fluid in den Hohlraum 11 des Spiralgehäuseteils 10.

**[0046]** Die Figur 2 zeigt einen Längsschnitt einer schematischen Darstellung eines Teils des Verdichters 1 mit einer erfindungsgemäßen Einspritzvorrichtung 15. Am linken Rand der Figur 2 ist ein Teil der axialen Zuströmung 4 zu erkennen. Mit dem Doppelpfeil ist ein Laufradeintrittsdurchmesser 16. Der Laufradeintritt 17 ist vor dem in Figur 2 nicht dargestellten Laufrad 2 angeordnet.

**[0047]** An den Laufradeintritt 17 ist ein Zuströmgehäuse 18 angeordnet, das über mehrere Flansche 19 miteinander verbunden ist.

**[0048]** In einem Abstand 20 ist eine Düse 21 in dem Zuströmgehäuse 18 angeordnet. Die Düse 21 ist zum Zuführen von Flüssigkeit ausgebildet. Dabei wird ein von rechts strömendes Prozessfluid in Richtung Verdichter 1 bewegt und mittels der Düsen 21 gelangt eine Flüssigkeit in das Prozessfluid.

**[0049]** Dabei ist die Verdampfungstemperatur der Flüssigkeit niedriger als die Temperatur des zu verdichtenden Prozessfluids nach der Einspritzung im Verdichtungsprozess.

**[0050]** Des Weiteren weist die Einspritzvorrichtung 15 eine nicht näher dargestellte Regelungseinrichtung, die derart ausgebildet ist, dass die Menge an eingespritzter Flüssigkeit regelbar ist.

**[0051]** Die Einspritzvorrichtung 15 ist hierbei derart ausgebildet, dass das zu verdichtenden Prozessfluid zunächst angesaugt wird und die Menge an eingespritzter Flüssigkeit in Abhängigkeit von Temperatur und relative Feuchte des angesaugten Prozessfluids erfolgt.

**[0052]** Wie in der Figur 2 zu sehen ist, ist die Einspritzvorrichtung 15 derart ausgebildet, dass die Einspritzung der Flüssigkeit innerhalb des zu verdichtenden Prozessfluids erfolgt.

**[0053]** Die Einspritzvorrichtung 15 kann mehrere Düsen 21 aufweisen (nicht dargestellt), die in der Strömungsrichtung des Prozessfluids hintereinander angeordnet sind.

**[0054]** Es hat sich gezeigt, dass die Wirkung der Einspritzung vorteilhaft ist, wenn der Abstand 20 zwischen der letzten Düse 21 vor dem Laufrad 2 und dem Laufradeintritt 17 das 3-fache vom Laufradeintrittsdurchmesser 16 beträgt.

**[0055]** Eine weitere vorteilhafte Wirkung zeigt sich, wenn der Abstand 20 zwischen der letzten Düse 21 vor dem Laufrad 2 und dem Laufradeintritt 17 das 0,5 bis 0,75-fache, vorzugsweise 0,66-fache vom Laufradeintrittsdurchmesser 16 beträgt.

**[0056]** Besonders effektiv wirkt die Einspritzvorrichtung 15, wenn der Abstand 20 zwischen der letzten Düse 21 vor dem Laufrad 2 und dem Laufradeintritt 17 das 10-fache 22 vom Laufradeintrittsdurchmesser 16 beträgt.

**[0057]** Eine weitere Möglichkeit die Wirksamkeit der Einspritzvorrichtung 15 zu verbessern, wird dadurch erreicht, dass mehrere Düsen in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet werden. Dadurch ist eine verbesserte Vermischung möglich. In der Figur 2 ist diese verbesserte Anordnung durch eine erste Linie 23 und eine zweite Linie 24 schematisch dargestellt.

**[0058]** Sowohl an der ersten Linie 23 als auch an der zweiten Linie 24 sind weitere (nicht dargestellte Düsen) angeordnet. Der Abstand zwischen den Düsen 21 und der Position, die dem 10-fachen Abstand 22 entspricht, ist die Länge L. Der Abstand zwischen der Düsen 21 und der weiteren Düsen an der Position an der ersten Linie 23 entspricht im Wesentlichen ein Drittel der Länge L.

**[0059]** Der Abstand zwischen den weiteren Düsen an der ersten Position 23 und der weiteren Düsen an der Position an der zweiten Linie 24 entspricht im Wesentlichen ein Drittel der Länge L.

**[0060]** Der Abstand zwischen den weiteren Düsen an der zweiten Position 24 und der Position, die dem 10-fachen Abstand 22 entspricht, ist im Wesentlichen ein Drittel der Länge L.

**[0061]** In der Figur 2 sind lediglich zwei weitere Positionen für weitere Düsen eingezeichnet. Denkbar sind noch weitere Düsen, die in einem Abstand zueinander angeordnet sind.

## Patentansprüche

### 1. Verdichter (1) umfassend

einen Rotor, der sich entlang einer Rotationsachse (3) erstreckt,  
ein Gehäuse (9),  
wobei das Gehäuse (9) um den Rotor angeordnet ist, wobei das Gehäuse (9) eine axiale Zuströmung (4) und stromabwärts der axialen Zuströmung (4) eine erste Verdichtungsstufe und weiter stromabwärts der ersten Verdichtungsstufe eine radiale Abströmung (5) für ein Prozessfluid aufweist,  
wobei die radiale Abströmung (5) durch das Gehäuse (9) führt,  
ferner ein Laufrad (2), das auf dem Rotor angeordnet ist,  
**gekennzeichnet durch**  
Einspritzvorrichtung (15) zur Einspritzung einer Flüssigkeit in die axiale Zuströmung (4).

2. Verdichter (1) nach Anspruch 1,  
wobei die Verdampfungstemperatur der Flüssigkeit niedriger ist als die Temperatur des zu verdichtenden Prozessfluids nach der Einspritzung im Verdichtungsprozess.

3. Verdichter (1) nach Anspruch 1 oder 2,  
mit einer Regelungseinrichtung, die derart ausgebildet ist, dass die Menge an eingespritzter Flüssigkeit regelbar ist.

4. Verdichter (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
wobei das zu verdichtenden Prozessfluid zunächst angesaugt wird und die Menge an eingespritzter Flüssigkeit in Abhängigkeit von Temperatur und relative Feuchte des angesaugten Mediums erfolgt.

5. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einspritzvorrichtung (15) derart ausgebildet ist, dass die Einspritzung der Flüssigkeit innerhalb des zu verdichtenden Mediums erfolgt.

6. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einspritzung der Flüssigkeit vor dem Laufrad (2) erfolgt.

7. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verdichter (1) eine Spiralstufe aufweist und die Einspritzung der Flüssigkeit in die Spiralstufe erfolgt.

8. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verdichter (1) einen Einlauf aufweist und die Einspritzung der Flüssigkeit in den Einlauf erfolgt.

9. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verdichter (1) eine Rückführstufe aufweist und die Einspritzung der Flüssigkeit in die Rückführstufe erfolgt.

10. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einspritzung der Flüssigkeit über mehrere Düsen (21) erfolgt.

11. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verdichter (1) einen Laufradeintritt (17) mit einem Laufradeintrittsdurchmesser (16) aufweist,  
wobei der Abstand (20) zwischen der letzten Düse (21) vor dem Laufrad (2) und dem Laufradeintritt (17) das 3-fache vom Laufradeintrittsdurchmesser (16) beträgt.

12. Verdichter (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Verdichter (1) einen Laufradeintritt (17) mit einem Laufradeintrittsdurchmesser (16) aufweist,  
wobei der Abstand (20) zwischen der letzten Düse (21) vor dem Laufrad (2) und dem Laufradeintritt (17) das 10-fache vom Laufradeintrittsdurchmesser (16) beträgt.

13. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Düsen (21) in axialer Richtung beabstandet zueinander angeordnet sind und eine kaskadierte Einspritzung bilden.

14. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Düsen (21) versetzt zueinander angeordnet sind.

15. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Menge an eingespritzter Flüssigkeit durch Zu- und Abschalten der Düsen (21) regelbar ist.

16. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Menge an eingespritzter Flüssigkeit durch die Drehzahl regelbar ist.

17. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Menge an eingespritzter Flüssigkeit über eine Bypassregelung erfolgt.
18. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einspritzvorrichtung (15) zur Einspritzung derart ausgebildet ist, dass ein Gemisch aus Wasser und Alkohol gespritzt werden kann. 5
19. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einspritzvorrichtung (15) zu Einspritzung derart ausgebildet ist, dass das Gemisch Wasser und Ethanol und / oder Wasser und Methanol aufweist. 10
20. Verdichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ausgebildet als Radialverdichter. 15
21. Radialverdichter nach Anspruch 20, wobei der Radialverdichter einstufig ausgebildet ist. 20
22. Radialverdichter nach Anspruch 20, wobei der Radialverdichter mehrstufig ausgebildet ist. 25

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

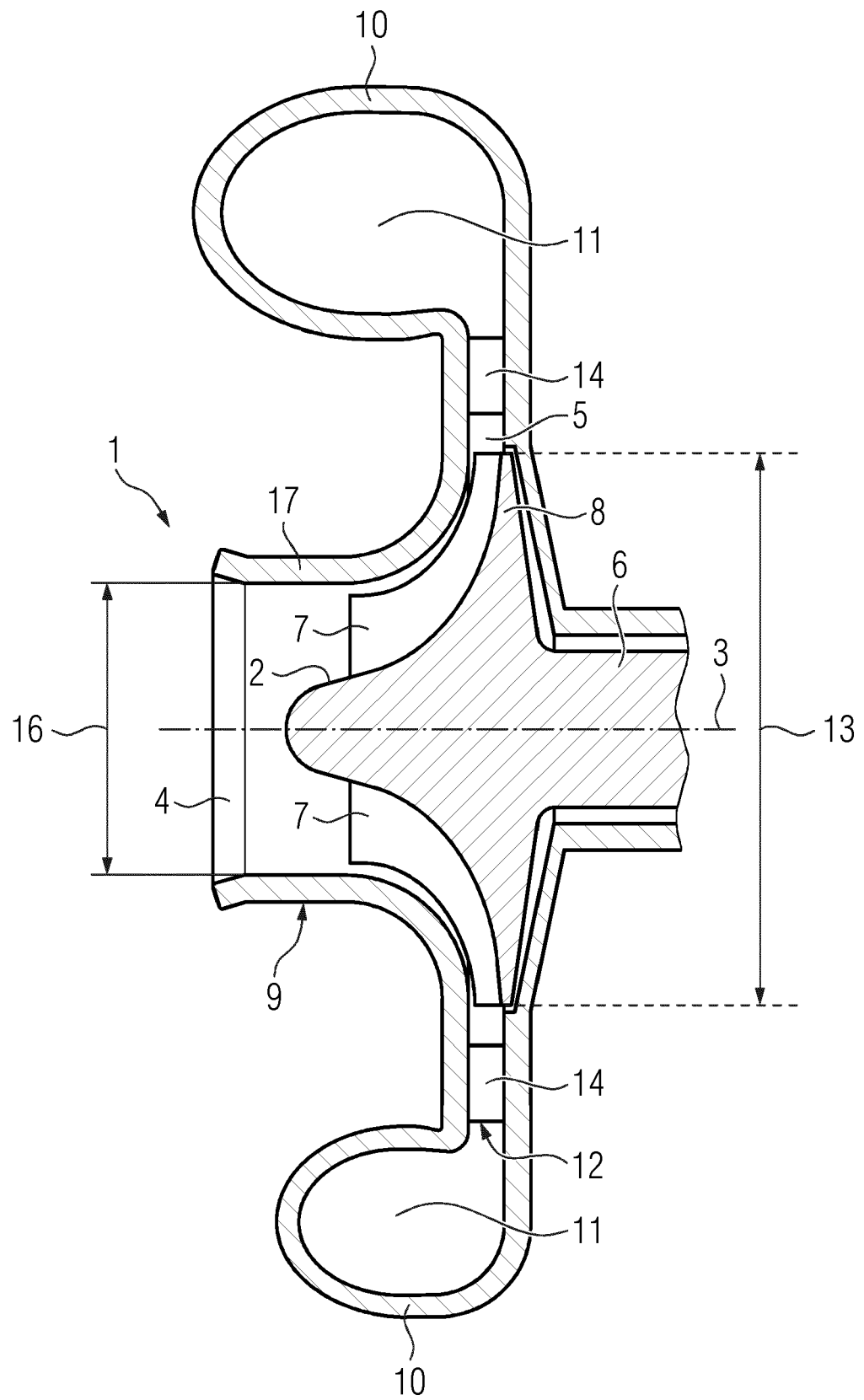
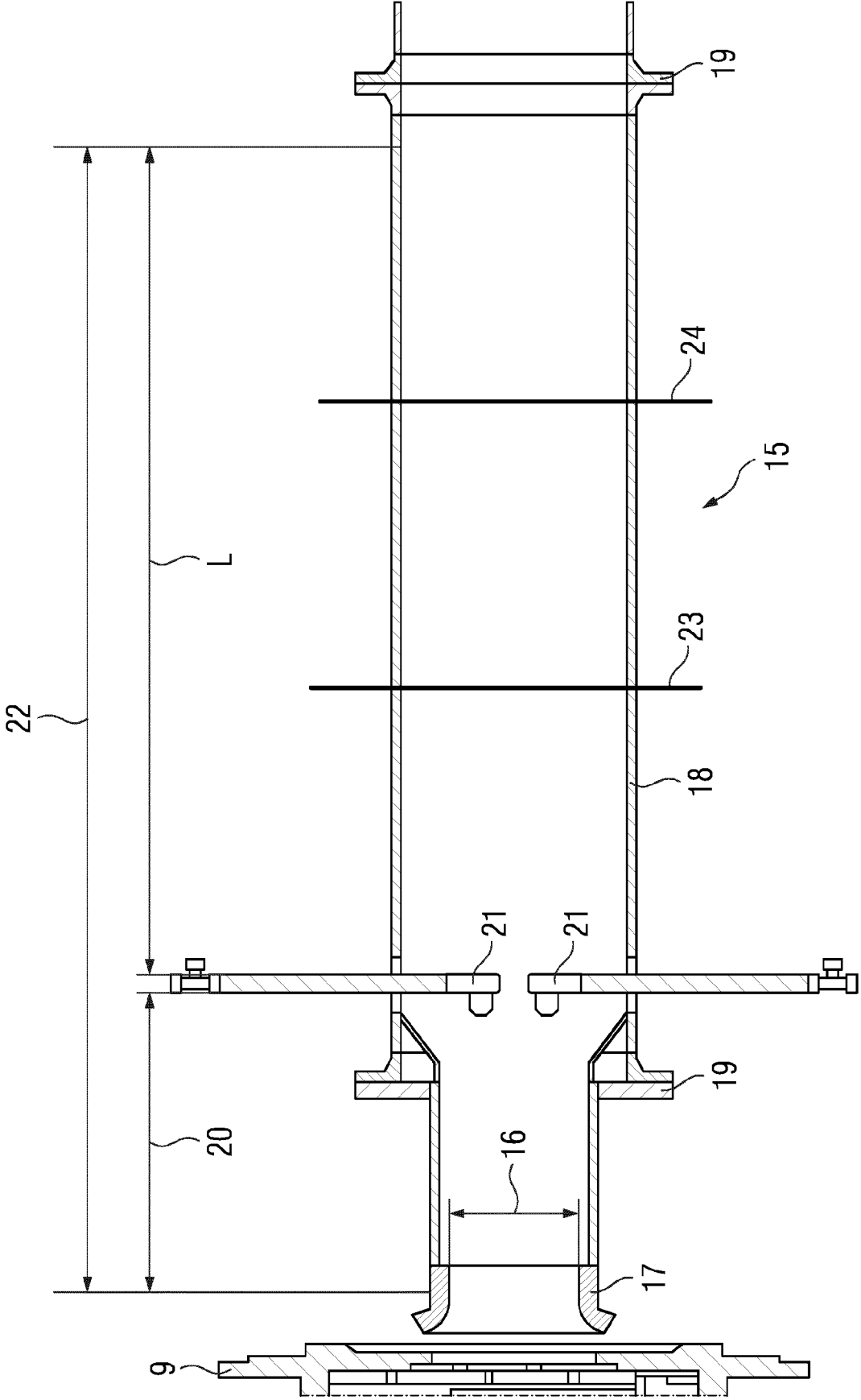


FIG 2





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 3945

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                     |                                                     |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch                                   | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2009 191635 A (IHI CORP; UNIV NAGOYA)<br>27. August 2009 (2009-08-27)            | 1-8,<br>10-16,<br>18-21                             | INV.<br>F04D29/58                  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | * Absatz [0011] - Absatz [0049] *<br>* Abbildungen *                                | 9,10,13,<br>14,22                                   |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -----                                                                               |                                                     |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2000 120596 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA<br>HEAVY IND) 25. April 2000 (2000-04-25)     | 1-8,11,<br>12,15-21                                 |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | * Absatz [0008] - Absatz [0025] *<br>* Abbildungen *                                | 9,10,13,<br>14,22                                   |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -----                                                                               |                                                     |                                    |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CN 107 559 239 B (UNIV BEIHANG)<br>26. März 2019 (2019-03-26)                       | 1-8,11,<br>12,15-21                                 |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | * Absatz [0022] - Absatz [0033] *<br>* Abbildungen *                                | 9,10,13,<br>14,22                                   |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -----                                                                               |                                                     |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | EP 3 441 621 A1 (SIEMENS AG [DE])<br>13. Februar 2019 (2019-02-13)                  | 9,22                                                |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | * Zusammenfassung *<br>* Absatz [0010] - Absatz [0026] *<br>* Abbildungen *         | 1-8,<br>10-21                                       | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (IPC) |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -----                                                                               |                                                     |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP 2011 111990 A (MITSUBISHI HEAVY IND<br>LTD) 9. Juni 2011 (2011-06-09)            | 9,22                                                | F04D                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | * Absatz [0008] - Absatz [0065] *<br>* Seiten -; Abbildungen *                      | 1-8,<br>10-21                                       |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -----                                                                               |                                                     |                                    |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |                                                     |                                    |
| Recherchenort<br><b>Den Haag</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     | Abschlußdatum der Recherche<br><b>22. März 2022</b> | Prüfer<br><b>Kolby, Lars</b>       |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                     |                                                     |                                    |

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

EP 21 20 3945

5 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.

22-03-2022

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|    | <b>JP 2009191635 A</b>                              | <b>27-08-2009</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| 15 | <b>JP 2000120596 A</b>                              | <b>25-04-2000</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
|    | <b>CN 107559239 B</b>                               | <b>26-03-2019</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
|    | <b>EP 3441621 A1</b>                                | <b>13-02-2019</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| 20 | <b>JP 2011111990 A</b>                              | <b>09-06-2011</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| 25 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 30 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                     |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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