



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

**EP 4 015 829 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.06.2022 Patentblatt 2022/25**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F04D 17/02 (2006.01) F04D 29/42 (2006.01)**  
**F04D 29/28 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20215308.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F04D 17/025; F04D 17/02; F04D 29/286;**  
**F04D 29/4253**

(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**

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

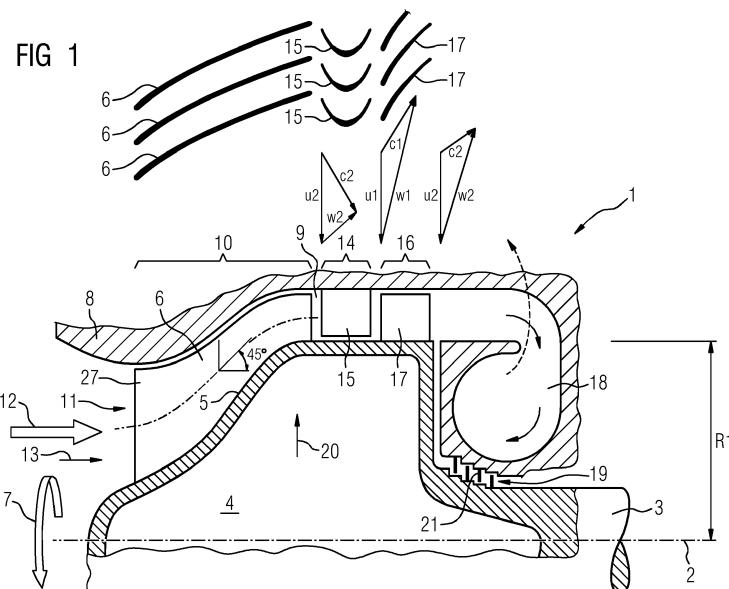
(72) Erfinder:  

- **Hartmann, Jörg Paul**  
**40489 Düsseldorf (DE)**
- **Jonen, Werner**  
**47051 Duisburg (DE)**

### (54) RADIALTURBOMASCHINE, INSbesondere VERDICHTER

(57) Verdichter (1) umfassend einen um eine Rotationsachse (2) drehbar gelagerten Rotor (3), einen um den Rotor (3) angeordneten Stator (8), wobei ein Strömungskanal (9) zwischen dem Stator (8) und dem Rotor (3) ausgebildet ist, mit einem Strömungsfluideinlass (11), der zum im Wesentlichen axialen Zuströmen eines Strömungsfluides in den Strömungskanal (11) ausgebildet ist, ferner umfassend einen ersten Verdichtungsbereich (10) zum Verdichten des Strömungsfluides, wobei der erste Verdichtungsbereich (10) Laufschaufeln (6) aufweist, wobei im ersten Verdichtungsbereich (10) eine Strömungsumlenkung des Strömungsfluides aus der im Wesentlichen axialen Richtung (13) in eine im wesentli-

chen radiale Richtung (20) erfolgt, wobei die radiale Richtung (20) und die axiale Richtung (13) sich auf die Rotationsachse (2) beziehen, ferner umfassend einen Umlenkbereich (14) zur Umlenkung des aus dem ersten Verdichtungsbereich (10) ausströmenden Strömungsfluides, wobei der Umlenkbereich (14) Leitschaufeln (15) aufweist, mit einem zweiten Verdichtungsbereich (16) zum weiteren Verdichten des aus dem Umlenkbereich (14) ausströmenden Strömungsfluides, ferner umfassend einen Abströmbereich (18), wobei das Strömungsfluid aus dem zweiten Verdichtungsbereich (16) in den Abströmbereich (18) strömt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Verdichter umfassend einen um eine Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, einen um den Rotor angeordneten Stator, wobei ein Strömungskanal zwischen dem Stator und dem Rotor ausgebildet ist, mit einem Strömungsfluideinlass, der zum im Wesentlichen axialen Zuströmen eines Strömungsfluides in den Strömungskanal ausgebildet ist, ferner umfassend einen ersten Verdichtungsbereich zum Verdichten des Strömungsfluides, wobei der erste Verdichtungsbereich Laufschaufeln aufweist, wobei im ersten Verdichtungsbereich eine Strömungsumlenkung des Strömungsfluides aus der im Wesentlichen axialen Richtung in eine im Wesentlichen radiale Richtung erfolgt, wobei die radiale Richtung und die axiale Richtung sich auf die Rotationsachse beziehen, ferner umfassend einen Umlenkbereich zur Umlenkung des aus dem ersten Verdichtungsbereichs ausströmenden Strömungsfluides, wobei der Umlenkbereich Leitschaufeln aufweist.

**[0002]** Verdichter sind Maschinen, die einem eingeschlossenen Gas mechanische Arbeit zuführen, wobei Verdichter zum Komprimieren von Gasen eingesetzt werden. Der Druck und die Dichte des Gases werden dabei erhöht. Ein anderer Begriff für Verdichter ist Kompressor.

**[0003]** Verdichter können unter anderem als so genannte Getriebeverdichter oder Radialverdichter ausgebildet werden. Es sind noch weitere Ausführungsformen von Verdichtern bekannt. So sind zum Beispiel Axialverdichter bekannt.

**[0004]** Neben den Verdichtern sind auch allgemein Turbomaschinen bekannt, die auch als Radialturbomaschinen ausgebildet sein können. Radialturbomaschinen sind entweder als Radialturboverdichter oder Radialturboexpander bekannt. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich - wenn nicht anders angegeben - auf die Ausführung als Verdichter. Die Erfindung ist für Expander bzw. Turbinen grundsätzlich genauso anwendbar, wie für Verdichter, wobei ein Radialturboexpander gegenüber einem Radialturboverdichter im Wesentlichen eine umgekehrte Strömungsrichtung des Strömungsfluides vorsieht.

**[0005]** Das globale Marktumfeld fordert Turbomaschinen mit niedrigen Investitionskosten. Zur Kostensenkung ist es besonders effektiv die Maschinen kompakter zu gestalten. Dabei kommt es insbesondere darauf an, den benötigten radialen oder axialen Bauraum zu reduzieren. Diese Maßnahme geht in der Regel mit einer Wirkungsgradverschlechterung einher.

**[0006]** Die Aufgabe einer Radialverdichterstufe ist es im Allgemeinen dem Strömungsfluid bei höchstmöglicher Effizienz Energie zuzuführen und diese in Druck umzuwandeln. Bei den meisten Strömungsmaschinen sind, um die angestrebte Druckerhöhung zu erreichen, mehrere Stufen bestehend aus Laufrad und Statorkomponenten notwendig. Es ist naheliegend, dass eine Strömungsmaschine umso günstiger gebaut werden kann,

je weniger Stufen für die angestrebte Druckerhöhung eingesetzt werden. Daher sollte die Energiedichte pro Stufe bei akzeptablen Effizienzwerten maximiert werden. Dies könnte beispielsweise durch die Erhöhung der Drehzahl bzw. Umfangsgeschwindigkeit erfolgen.

**[0007]** Allerdings könnten zu hohe Geschwindigkeiten zu nicht mehr akzeptablen Mach-Zahlen des Strömungsfluides führen. Des Weiteren könnten zu hohe Geschwindigkeiten die maximale mechanische Belastbarkeit der rotierenden Komponenten erreichen.

**[0008]** Davon ausgehend hat es sich die Erfindung zur Aufgabe gemacht, die Kompaktheit zu verbessern, ohne die Aerodynamik unverhältnismäßig zu verschlechtern.

**[0009]** Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Verdichter umfassend einen um eine Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, einen um den Rotor angeordneten Stator, wobei ein Strömungskanal zwischen dem Stator und dem Rotor ausgebildet ist, mit einem Strömungsfluideinlass, der zum im Wesentlichen axialen Zuströmen eines Strömungsfluides in den Strömungskanal ausgebildet ist, ferner umfassend einen ersten Verdichtungsbereich zum Verdichten des Strömungsfluides, wobei der erste Verdichtungsbereich Laufschaufeln aufweist, wobei im ersten Verdichtungsbereich eine Strömungsumlenkung des Strömungsfluides aus der im Wesentlichen axialen Richtung in eine im Wesentlichen radiale Richtung erfolgt, wobei die radiale Richtung und die axiale Richtung sich auf die Rotationsachse beziehen, ferner umfassend einen Umlenkbereich zur Umlenkung des aus dem ersten Verdichtungsbereichs ausströmenden Strömungsfluides, wobei der Umlenkbereich Leitschaufeln aufweist,

**[0010]** Verdichter können unter anderem als so genannte Getriebeverdichter oder Radialverdichter ausgebildet werden. Es sind noch weitere Ausführungsformen von Verdichtern bekannt. So sind zum Beispiel Axialverdichter bekannt.

**[0011]** Neben den Verdichtern sind auch allgemein Radialturbomaschinen bekannt, die auch als Radialturbomaschinen ausgebildet sein können. Radialturbomaschinen sind entweder als Radialturboverdichter oder Radialturboexpander bekannt. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich - wenn nicht anders angegeben - auf die Ausführung als Verdichter. Die Erfindung ist für Expander bzw. Turbinen grundsätzlich genauso anwendbar, wie für Verdichter, wobei ein Radialturboexpander gegenüber einem Radialturboverdichter im Wesentlichen eine umgekehrte Strömungsrichtung des Strömungsfluides vorsieht.

**[0012]** Das globale Marktumfeld fordert Turbomaschinen mit niedrigen Investitionskosten. Zur Kostensenkung ist es besonders effektiv die Maschinen kompakter zu gestalten. Dabei kommt es insbesondere darauf an, den benötigten radialen oder axialen Bauraum zu reduzieren. Diese Maßnahme geht in der Regel mit einer Wirkungsgradverschlechterung einher.

**[0013]** Die Aufgabe einer Radialverdichterstufe ist es im Allgemeinen dem Strömungsfluid bei höchstmöglicher Effizienz Energie zuzuführen und diese in Druck umzuwandeln. Bei den meisten Strömungsmaschinen sind, um die angestrebte Druckerhöhung zu erreichen, mehrere Stufen bestehend aus Laufrad und Statorkomponenten notwendig. Es ist naheliegend, dass eine Strömungsmaschine umso günstiger gebaut werden kann,

je weniger Stufen für die angestrebte Druckerhöhung eingesetzt werden. Daher sollte die Energiedichte pro Stufe bei akzeptablen Effizienzwerten maximiert werden. Dies könnte beispielsweise durch die Erhöhung der Drehzahl bzw. Umfangsgeschwindigkeit erfolgen.

**[0014]** Allerdings könnten zu hohe Geschwindigkeiten zu nicht mehr akzeptablen Mach-Zahlen des Strömungsfluides führen. Des Weiteren könnten zu hohe Geschwindigkeiten die maximale mechanische Belastbarkeit der rotierenden Komponenten erreichen.

**[0015]** Davon ausgehend hat es sich die Erfindung zur Aufgabe gemacht, die Kompaktheit zu verbessern, ohne die Aerodynamik unverhältnismäßig zu verschlechtern.

**[0016]** Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Verdichter umfassend einen um eine Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, einen um den Rotor angeordneten Stator, wobei ein Strömungskanal zwischen dem Stator und dem Rotor ausgebildet ist, mit einem Strömungsfluideinlass, der zum im Wesentlichen axialen Zuströmen eines Strömungsfluides in den Strömungskanal ausgebildet ist, ferner umfassend einen ersten Verdichtungsbereich zum Verdichten des Strömungsfluides, wobei der erste Verdichtungsbereich Laufschaufeln aufweist, wobei im ersten Verdichtungsbereich eine Strömungsumlenkung des Strömungsfluides aus der im Wesentlichen axialen Richtung in eine im Wesentlichen radiale Richtung erfolgt, wobei die radiale Richtung und die axiale Richtung sich auf die Rotationsachse beziehen, ferner umfassend einen Umlenkbereich zur Umlenkung des aus dem ersten Verdichtungsbereichs ausströmenden Strömungsfluides, wobei der Umlenkbereich Leitschaufeln aufweist,

**[0017]** Verdichter können unter anderem als so genannte Getriebeverdichter oder Radialverdichter ausgebildet werden. Es sind noch weitere Ausführungsformen von Verdichtern bekannt. So sind zum Beispiel Axialverdichter bekannt.

**[0018]** Neben den Verdichtern sind auch allgemein Radialturbomaschinen bekannt, die auch als Radialturbomaschinen ausgebildet sein können. Radialturbomaschinen sind entweder als Radialturboverdichter oder Radialturboexpander bekannt. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich - wenn nicht anders angegeben - auf die Ausführung als Verdichter. Die Erfindung ist für Expander bzw. Turbinen grundsätzlich genauso anwendbar, wie für Verdichter, wobei ein Radialturboexpander gegenüber einem Radialturboverdichter im Wesentlichen eine umgekehrte Strömungsrichtung des Strömungsfluides vorsieht.

**[0019]** Das globale Marktumfeld fordert Turbomaschinen mit niedrigen Investitionskosten. Zur Kostensenkung ist es besonders effektiv die Maschinen kompakter zu gestalten. Dabei kommt es insbesondere darauf an, den benötigten radialen oder axialen Bauraum zu reduzieren. Diese Maßnahme geht in der Regel mit einer Wirkungsgradverschlechterung einher.

**[0020]** Die Aufgabe einer Radialverdichterstufe ist es im Allgemeinen dem Strömungsfluid bei höchstmöglicher Effizienz Energie zuzuführen und diese in Druck umzuwandeln. Bei den meisten Strömungsmaschinen sind, um die angestrebte Druckerhöhung zu erreichen, mehrere Stufen bestehend aus Laufrad und Statorkomponenten notwendig. Es ist naheliegend, dass eine Strömungsmaschine umso günstiger gebaut werden kann,

schine bzw. Turbomaschine, währenddessen sich beispielsweise der Rotor der Maschine dreht und eine Übertragung von technischer Arbeit auf das Strömungsfluid oder von dem Strömungsfluid fort erfolgt.

**[0012]** Unter einer Laufschaufel versteht die Erfindung eine rotierende Beschaufelung. Eine derartig rotierende Beschaufelung kann als ein Laufrad ausgebildet sein, das beispielsweise auf eine Welle aufgeschrumpft ist. Alternativ ist es möglich, dass die Laufstufe aus einzelnen Schaufeln besteht, die entweder an einer Welle eines Rotors angebracht sind oder sogar einstückig mit dem Rotor bzw. der Welle ausgebildet sind.

**[0013]** Unter einer Leitschaufel versteht die Erfindung eine statische Beschaufelung. Eine derartig statische Beschaufelung kann als ein Leitschaufelkranz ausgebildet sein, das beispielsweise auf dem Innenbereich eines Gehäuses angebracht ist.

**[0014]** Mit der Erfindung wird vorgeschlagen im Grunde eine zweifache Verdichtung anstelle einer einzelnen Verdichtung durchzuführen. Erfindungsgemäß wird hier ein Stufenkonzept vorgeschlagen, mit dem es möglich ist, die Energiedichte pro Stufe deutlich zu erhöhen. Mit der im Strömungskanal angeordneten zweiten Verdichtung kann die zugeführte Energie bei konstanten Drehzahlen insgesamt erhöht werden.

**[0015]** Mit der Erfindung ist es somit möglich, für eine gegebene Verdichtungsaufgabe die Anzahl der erforderlichen Stufen zu reduzieren. Außerdem kann der radiale Bauraum erfindungsgemäß verkleinert werden.

**[0016]** Gemäß der Erfindung bietet sich besonders an, die axiale Anströmung mit verstellbarem Eintrittsleitgitter auszubilden. Somit könnte eine bekannte überhängende Getriebeverdichterstufe durch eine Kombination aus Radial- und Axialstufe auf einem Ritzelwellenende zusammen mit einer sehr kompakten Spirale bzw. Sammelgehäuse ersetzt werden.

**[0017]** Gemäß der Erfindung ist die Radialstufe derart ausgebildet, dass das Radialaufrad nicht radial, sondern axial abströmt und ohne den typischen Radialdiffusor unmittelbar zu dem Leitrad der ersten Axialstufe strömt.

**[0018]** Die Axialstufe ist derart ausgebildet, dass das Leitrad eine reine Umlenkbashaufelung besitzt und die nachfolgende Rotorbeschaufelung mit einem hohen Gegendrall beaufschlagt. Dadurch wird erreicht, dass die spezifische Strömungsarbeit der Kombistufe etwa zweimal so hoch sein kann wie die vergleichbare einzelne Radialstufe bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit. Gemäß der Erfindung kann der Verdichter für Gasanwendungen bei kleineren Molekulargewichten wie zum Beispiel bei Wasserstoff Gas, Erdgas oder Ähnlichem eingesetzt werden.

**[0019]** Die Rotorbeschaufelung kann austrittsseitig so ausgelegt werden, dass ein gewisser Restdrall für die Verwendung einer kompakten Spirale verbleibt oder aber eine drallfreie Abströmung für ein Austrittsgehäuse resultiert.

**[0020]** Die Laufschaufeln können integraler Bestandteil des Rotors sein, was durch additive Fertigungsme-

thoden erreicht werden kann.

**[0021]** Erfindungsgemäß wird somit ein Stufenkonzept vorgeschlagen, welches, wenn die Mach-Zahlen im Strömungsgebiet sehr gering sind und die mechanische Belastbarkeit die Drehzahl limitiert, die Energiedichte pro Stufe deutlich erhöhen kann.

**[0022]** Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Untersprüchen angegeben.

**[0023]** In einer ersten vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Leitschaufeln derart ausgebildet sind, dass eine Änderung einer Geschwindigkeitskomponente des Strömungsfluides in der Umfangsrichtung erfolgt.

**[0024]** In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist der zweite Verdichtungsbereich weitere, zweite Laufschaufeln auf, die auf dem Rotor angeordnet sind.

**[0025]** In einer vorteilhaften Weitergestaltung der Erfindung ist der Abströmbereich spiralförmig ausgebildet.

**[0026]** In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung erfolgt im ersten Verdichtungsbereich eine Ablenkung des Strömungsfluides aus der axialen Richtung in eine radiale Richtung. Nach dieser Ablenkung erfolgt wiederum eine Umlenkung des Strömungsmediums aus der radialem in die axiale Richtung, so dass das Strömungsmedium aus dem ersten Verdichtungsbereich im Wesentlichen in axialer Richtung abströmt.

**[0027]** In dieser Ausführungsform der vorteilhaften Weiterbildung sind der Umlenkbereich und der zweite Verdichtungsbereich axial hintereinander angeordnet.

**[0028]** In einer alternativen Ausführungsform ist der Umlenkbereich und der zweite Verdichtungsbereich in einem mehrstufigen Einwellenverdichter angeordnet.

**[0029]** In einer alternativen Ausführungsform ist vorteilhafterweise der erste Verdichtungsbereich derart ausgebildet, dass das Strömungsfluid aus einer axialen Richtung in eine radiale Richtung abgelenkt wird und aus dem ersten Verdichtungsbereich radial abströmt.

**[0030]** Somit wird vorgeschlagen, statt einem klassischen Stufenkonzept bestehend aus Laufrad und nachfolgenden Statoren auf der Rückseite des Laufrades im Strömungskanal, wo klassischerweise die Rückführbeschaufelung positioniert ist, eine weitere rotierende Schaufelreihe zu positionieren, die dann den zweiten Verdichtungsbereich bildet. Auf diese Weise kann den Strömungsfluid in einem weiteren Teil des Strömungskanals Energie zugeführt werden. Dies erhöht die insgesamt in der Stufe zugeführte Energie bei konstanter Drehzahl.

**[0031]** Um an beschriebener Stelle eine Beschaufelung, welche dem Strömungsfluid Energie zuführt, vorsehen zu können, muss die Strömung vorher umgelenkt werden. Dies ist, wie beim klassischen Stufenkonzept für das nächste Laufrad, notwendig, um dem Strömungsfluid abermals Energie zuführen zu können.

**[0032]** Entgegen einer klassischen Rückführbeschaufelung lenkt dabei die Beschaufelung nicht auf eine drallfreie Strömung von  $0^\circ$  um, sondern auf einen im Wesentlichen dem Drall der Anströmung entsprechenden Ge-

grendall. Aerodynamisch ist dies durch eine Dickenge-  
staltung der Schaufel möglich welche eine Verzögerung  
während der Umlenkung vermeidet.

**[0033]** Der hinter der Umlenkbefestigung vorliegen-  
de Gegendrall kann dann in einer stromab liegenden  
zweiten Schaufelreihe, welche ein Teil des Laufrades  
sein kann, also mit der ersten Schaufelreihe verbunden  
ist, genutzt werden, um dem Strömungsfluid weitere En-  
ergie zuzuführen.

**[0034]** Durch eine geschickte Wahl des Abströmwin-  
kels in Verbindung mit der Umfangsgeschwindigkeit am  
Schaufelaustritt kann dabei des Weiteren eine drallfreie  
Zuströmung für das nächste Laufrad erzeugt werden.

**[0035]** In dieser alternativen Ausführungsform erfolgt  
die Umlenkung des Strömungsfluides im Umlenkbereich  
im Wesentlichen um 180°.

**[0036]** Im Folgenden ist die Erfindung anhand spezi-  
eller Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf  
Zeichnungen näher erläutert.

**[0037]** Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merk-  
male und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Wei-  
se, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutli-  
cher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden  
Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusam-  
menhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

**[0038]** Gleiche Bauteile oder Bauteile mit gleicher  
Funktion sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekenn-  
zeichnet.

**[0039]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden  
nachfolgend anhand der Zeichnungen beschrieben. Die-  
se sollen die Ausführungsbeispiele nicht maßstäblich  
darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläute-  
rung dienlich, in thematisierter 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.

**[0040]** Es zeigen:

Figur 1 eine erfindungsgemäße Radalturbomaschi-  
ne,

Figur 2 eine erfindungsgemäße Radalturbomaschi-  
ne in zwei alternativen Ausführungsformen,

Figur 3 eine Radalturbomaschine gemäß dem Stand  
der Technik,

Figur 4 eine erfindungsgemäße Radalturbomaschi-  
ne in alternativer Ausführungsform.

**[0041]** Die Figur 1 zeigt einen schematischen Längs-  
schnitt entlang einer x-Achse in eines erfindungsgemä-  
ßen Verdichters 1. die Figur 1 zeigt lediglich einen Aus-  
schnitt des Verdichters 1. Der in Figur 1 gezeigte Ver-  
dichter 1 kann auch als Radalturboverdichter bezeichnet  
werden. Der Verdichter 1 umfasst einen um eine Rotati-  
onsachse 2 drehbar gelagerten Rotor 3.

**[0042]** Der in Figur 1 gezeigte Verdichter kann auch in

einem Getriebeverdichter an einer Stufenposition ange-  
wendet werden.

**[0043]** Der Rotor 3 weist einen Hohlraum 4 auf. An  
einer Rotoroberfläche 5 des Rotors 3 sind Laufschaufeln  
6 angeordnet. Diese Laufschaufeln 6 sind in einer Um-  
fangsrichtung 7 regelmäßig angeordnet und bilden einen  
sogenannten Impeller 27.

**[0044]** Um den Rotor 3 ist ein Stator 8 angeordnet.  
Zwischen dem Stator 8 und dem Rotor 3 ist dadurch ein  
Strömungskanal 9 ausgebildet. Zwischen dem Stator 8  
und dem Rotor 3 ist ein erster Verdichtungsbereich 10  
ausgebildet.

**[0045]** Dieser Verdichtungsbereich 10 umfasst einen  
Strömungsfluideinlass 11 durch den im Betrieb ein Pro-  
zessfluid oder ein Strömungsfluid strömt. Diese Strö-  
mung wird durch den Pfeil 12 symbolisch dargestellt. In  
der Figur 1 strömt das Strömungsfluid aus einer im We-  
sentlichen axialen Richtung 13, d.h. im Wesentlichen pa-  
rallel zur Rotationsachse 2 in den Strömungseinlass 11  
hinein. Dort erfährt das Strömungsfluid eine Umlenkung  
von der axialen Richtung 13 in eine radiale Richtung 20.  
Dabei muss die Umlenkung von der axialen Richtung 13  
in die radiale Richtung 20 nicht zwingend um 90° erfol-  
gen. Wie in der Figur 1 zu sehen ist, kann die Umlenkung  
weniger als 90° sein. Die in Figur 1 gezeigte Umlenkung  
liegt bei ca. 45°.

**[0046]** Nach der Umlenkung in die radiale Richtung 20  
erfolgt wieder eine Umlenkung in die axiale Richtung 13,  
wobei nach dem Austritt nach der Laufschaufel 6 die Strö-  
mung im Wesentlichen parallel zur Rotationsachse 2 ver-  
läuft. Also im Wesentlichen in die axiale Richtung 13.

**[0047]** In Strömungsrichtung gesehen nach der Lauf-  
schaufel 6 strömt das Strömungsfluid durch einen Umlen-  
kbereich 14, der durch Leitschaufeln 15 gebildet ist,  
die innerhalb des Stators 8 in Umfangsrichtung 7 ange-  
ordnet sind. Das Strömungsfluid wird dadurch umge-  
lenkt.

**[0048]** Nach dem Umlenkbereich 14 strömt das Strö-  
mungsfluid durch einen zweiten Verdichtungsbereich 16.  
Dieser Verdichtungsbereich 16 wird mit weiteren Lauf-  
schaufeln 17 auf der Rotoroberfläche 5 gebildet.

**[0049]** Nach dem zweiten Verdichtungsbereich 16  
strömt das Strömungsfluid in einen spiralförmigen Ab-  
strömbereich 18. In diesem spiralförmigen Abströmb-  
reich 18 wird das Strömungsfluid in die Umfangsrichtung  
7 umgelenkt. Das Strömungsfluid strömt anschließend  
aus dem Stator 8 heraus (nicht dargestellt).

**[0050]** An den Rotor 2 ist eine Antriebsmaschine dreh-  
momentübertragend gekoppelt. Die Antriebsmaschine  
ist in der Figur 1 nicht dargestellt. Durch die Antriebsma-  
schine wird dem Strömungsfluid Energie übertragen, so-  
dass im ersten Verdichtungsbereich 10 das Strömungs-  
fluid verdichtet wird, d. h. der Druck erhöht wird. Der  
Druck des Strömungsfluides wird im weiteren Verlauf im  
Verdichter 1 durch den Umlenkbereich 14 und den zwei-  
ten Verdichtungsbereich 16 weiter erhöht.

**[0051]** Die Laufschaufeln 6 im ersten Verdichtungsbe-  
reich 10 und die Laufschaufeln 17 im zweiten Verdich-

tungsbereich 16 sind entsprechend ausgebildet. Der radiale Bauraum des in der Figur 1 gezeigten Verdichters 1 wird dadurch reduziert.

**[0052]** Die in der Figur 1 gezeigte Ausführungsform des Verdichters 1 ist mit einem Radius R1 ausgebildet, wobei dieser Radius R1 der Abstand von der Rotationsachse 2 zur Rotoroberfläche 5 nach der Laufschaufel 17 darstellt. Wie in der Figur 1 zu sehen, wird der Rotor 3 derart ausgebildet, dass der Radius 3 verkleinert wird, so dass in Strömungsrichtung gesehen der spiralförmige Abströmbereich 18 in Richtung Rotationsachse 2 angeordnet ist. Zwischen dem Stator 8 und dem Rotor 3 ist eine Dichtung 21, beispielsweise eine Labyrinthdichtung 19 ausgebildet.

**[0053]** In der Figur 1 sind Geschwindigkeitsdreiecke dargestellt. Zu sehen sind die Laufschaufeln 6, die Leitschaufeln 15 und die Laufschaufeln 17 (in schematischer Weise dargestellt). Ebenso sind die Geschwindigkeitsdreiecke in diesen Bereichen (erster Verdichtungsbereich 10, Umlenkbereich 14 und zweiter Verdichtungsbereich 16) dargestellt.

**[0054]** Im Umlenkbereich 14 sind die Leitschaufeln 15 derart ausgebildet, dass eine Änderung einer Geschwindigkeitskomponente des Strömungsfluides in der Umfangsrichtung 7 erfolgt, wobei die Umfangsrichtung 7 sich auf die Rotationsachse 2 bezieht.

**[0055]** Die Figur 2 zeigt zwei Ausführungen einer alternativen Ausführungsform der Erfindung. Dabei ist die zweite Variante gestrichelt dargestellt. Der in Figur 2 dargestellte Verdichter 1 ist im Wesentlichen gleich ausgebildet wie der Verdichter 1 aus Figur 1. Der Unterschied zwischen dem Verdichter 1 aus Figur 1 und dem Verdichter 1 aus Figur 2 liegt in der Ausführung des Abströmbereiches 18.

**[0056]** In der ersten Variante ist der Abströmbereich nach unten (zum Rotor 2) hin gerichtet. Dieser radialförmig nach innen ausgebildete erste Abströmbereich 22 ist ähnlich zu dem Abströmbereich 18 aus der Figur 1, außer, dass der hohlförmige Rotor 2 derart ausgebildet ist, dass der erste Abströmbereich 22 zwischen den zweiten Laufschaufeln 17 und der Rotationsachse 2 liegt. Der erste Abströmbereich 22 ragt somit bis zum Umlenkbereich 14.

**[0057]** Wenn der verfügbare Bauraum nicht für die innenliegende Spirale ausreicht, bietet sich gemäß einer zweiten Variante auch eine nach außen gewickelte Spirale konstruktiv an, wie in Figur 2 gestrichelt dargestellt.

**[0058]** Die Figur 3 zeigt eine als Verdichter 1 ausgebildete Radialverdichterstufe eines mehrstufigen Radialwellenverdichters gemäß dem Stand der Technik. Der Verdichter 1 gemäß Figur 3 umfasst einen Rotor 3 und einen Stator 8. Zwischen dem Rotor 3 und dem Stator 8 ist ein Strömungskanal 9 ausgebildet, wobei der Strömungskanal 9 das Strömungsfluid im ersten Verdichtungsbereich 10 aus der axialen Richtung 11 in die radiale Richtung 20 umlenkt.

**[0059]** Anschließend wird das Strömungsfluid aus der radialem Richtung 20 wieder in die axiale Richtung 11

und dann wieder in die radiale Richtung 20 umgelenkt. Das Strömungsfluid wird somit um 180° umgelenkt, wobei es anschließend durch Leitschaufeln 26 strömt und dort der Drall durch Umlenkung entzogen wird.

**[0060]** Anschließend strömt das Strömungsfluid im Wesentlichen in axialer Richtung 11 zu einem Abströmbereich, der in der Figur 3 nicht näher dargestellt ist.

**[0061]** Die Figur 4 zeigt eine alternative Ausführungsform eines erfundungsgemäßen Verdichters 1 und basiert auf der Ausführungsform gemäß Figur 3. Der in Figur 4 gezeigte Verdichter 1 umfasst einen Rotor 3 und einen um den Rotor 3 angeordneten Stator 8. Der Unterschied des Verdichters 1 aus der Figur 3 zu dem Verdichter 1 aus den Figuren 1 und 2 ist der, dass im ersten Verdichtungsbereich 10 die Strömungsrichtung des Strömungsfluides im Wesentlichen aus der axialen Richtung 13 in die radiale Richtung 20 umgelenkt wird. Dies erfolgt im Wesentlichen dadurch, dass der mit Laufschaufeln 6 ausgebildete Impeller 27 derart ausgebildet ist, dass eine Ablenkung des Strömungsfluides von der axialen Richtung 13 in die radiale Richtung 20 erfolgt. Ein weiterer Unterschied ist, dass der Umlenkbereich 14 derart ausgebildet ist, dass das Strömungsfluid von der radialen Richtung 20 in die axiale Richtung 11 und anschließend wieder in die radiale Richtung 20 umgelenkt wird. Das Strömungsfluid wird mit anderen Worten einmal um 180° in Bezug auf die Rotorachse umgelenkt.

**[0062]** Nach dem Umlenkbereich 14 strömt das Strömungsfluid in den zweiten Verdichtungsbereich 16, der in einer radialen Richtung 20 ausgebildet ist. Im Umlenkbereich 14 sind Leitschaufeln 15 angeordnet. Diese Leitschaufeln 15 sind derart ausgebildet, dass eine Umlenkung des Strömungsfluides in Umfangsrichtung erfolgen kann.

**[0063]** Der zweite Verdichtungsbereich 16 ist derart ausgebildet, dass das Strömungsfluid aus einer radialen Richtung 20 in eine im Wesentlichen axiale Richtung 11 umgelenkt und dabei der Drall entzogen wird.

**[0064]** Im Anschluss an den Verdichtungsbereich 16 strömt das Strömungsfluid dem Laufrad der nächsten Stufe zu.

**[0065]** Der Rotor 3 ist solide (ohne Hohlraum) ausgeführt. In einer alternativen Ausführungsform kann der Rotor 3 mit einem Hohlraum 4 ausgebildet werden.

**[0066]** Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Varianten können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzmfang der Erfindung zu verlassen.

## Patentansprüche

- 55 1. Verdichter (1)  
umfassend  
einen um eine Rotationsachse (2) drehbar gelagerten Rotor (3),

- einen um den Rotor (3) angeordneten Stator (8), wobei ein Strömungskanal (9) zwischen dem Stator (8) und dem Rotor (3) ausgebildet ist,  
 mit einem Strömungsfluideinlass (11), der zum im Wesentlichen axialen Zuströmen eines Strömungsfluides in den Strömungskanal (11) ausgebildet ist, ferner umfassend einen ersten Verdichtungsbereich (10) zum Verdichten des Strömungsfluides,  
 wobei der erste Verdichtungsbereich (10) Laufschaufeln (6) aufweist,  
 wobei im ersten Verdichtungsbereich (10) eine Strömungsumlenkung des Strömungsfluides aus der im Wesentlichen axialen Richtung (13) in eine im wesentlichen radiale Richtung (20) erfolgt, wobei die radiale Richtung (20) und die axiale Richtung (13) sich auf die Rotationsachse (2) beziehen,  
 ferner umfassend einen Umlenkbereich (14) zur Umlenkung des aus dem ersten Verdichtungsbereichs (10) ausströmenden Strömungsfluides,  
 wobei der Umlenkbereich (14) Leitschaufeln (15) aufweist,  
**gekennzeichnet durch** einen zweiten Verdichtungsbereich (16) zum weiteren Verdichten des aus dem Umlenkbereich (14) ausströmenden Strömungsfluides,  
 ferner umfassend einen Abströmbereich (18), wobei das Strömungsfluid aus dem zweiten Verdichtungsbereich (16) in den Abströmbereich (18) strömt.
2. Verdichter (1) nach Anspruch 1,  
 wobei die Leitschaufeln (15) derart ausgebildet sind, dass eine Änderung einer Geschwindigkeitskomponente des Strömungsfluides in der Umfangsrichtung (7) erfolgt, wobei die Umfangsrichtung (7) sich auf die Rotationsachse (2) bezieht.
3. Verdichter (1) nach Anspruch 1 oder 2,  
 wobei der zweite Verdichtungsbereich (16) zweite Laufschaufeln (17) aufweist, die auf dem Rotor (3) angeordnet sind.
4. Verdichter (1) nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
 wobei der Abströmbereich (18) in Umfangsrichtung (7) gesehen spiralförmig ausgebildet ist.
5. Verdichter (1) nach Anspruch 4,  
 wobei die radiale Erstreckung des spiralförmigen Abströmbereichs (18) kleiner ist als der Teilradius des Rotors (3) nach dem zweiten Verdichtungsbereich (16).
6. Verdichter (1) nach Anspruch 5,  
 wobei der spiralförmige Abströmbereich (18) derart ausgebildet ist, dass dieser ganz oder teilweise in radialer Richtung (20) gesehen zwischen dem zweiten Verdichtungsbereich (16) und der Rotationsachse (2) angeordnet ist.
7. Verdichter (1) nach einem der Ansprüche 1 - 6, wobei der erste Verdichtungsbereich (10) derart ausgebildet ist, dass eine Umlenkung des Strömungsfluides von zunächst einer axialen Richtung (13) in eine radiale Richtung (20) erfolgt und danach von der radialen Richtung (20) wieder im Wesentlichen in eine axiale Richtung (13).
8. Verdichter (1) nach Anspruch 7,  
 wobei der erste Verdichtungsbereich (10) derart ausgebildet ist, dass ein durch den ersten Verdichtungsbereich (10) strömendes Strömungsfluides axial im Wesentlichen abströmt und anschließend zu dem Umlenkbereich (14) strömt, wobei der Umlenkbereich (14) und der zweite Verdichtungsbereich (16) im Wesentlichen axial hintereinander angeordnet sind.
9. Verdichter (1) nach einem der Ansprüche 1 - 8, wobei der erste Verdichtungsbereich (10) derart ausgebildet ist, dass eine Umlenkung des Strömungsfluides aus der im Wesentlichen axialen Richtung (13) in eine im Wesentlichen radiale Richtung (20) erfolgt.
10. Verdichter (1) nach Anspruch 9,  
 wobei der Umlenkbereich (14) derart ausgebildet ist, dass die Strömungsführung des Strömungsfluides im Wesentlichen um 180° in Bezug auf die Rotationsachse umgelenkt wird und radial in den zweiten Verdichtungsbereich (16) strömt.
11. Verdichter (1) nach Anspruch 10,  
 wobei die Umlenkbeschauflung (15) das Fluid von Mitdrall auf Gegendrall umlenkt.
12. Verdichter (1) nach Anspruch 11,  
 wobei der zweite Verdichtungsbereich (16) derart ausgebildet ist, dass das Strömungsfluid aus einer radialen Richtung (20) in eine im Wesentlichen axiale Richtung (13) umgelenkt wird.

FIG 1

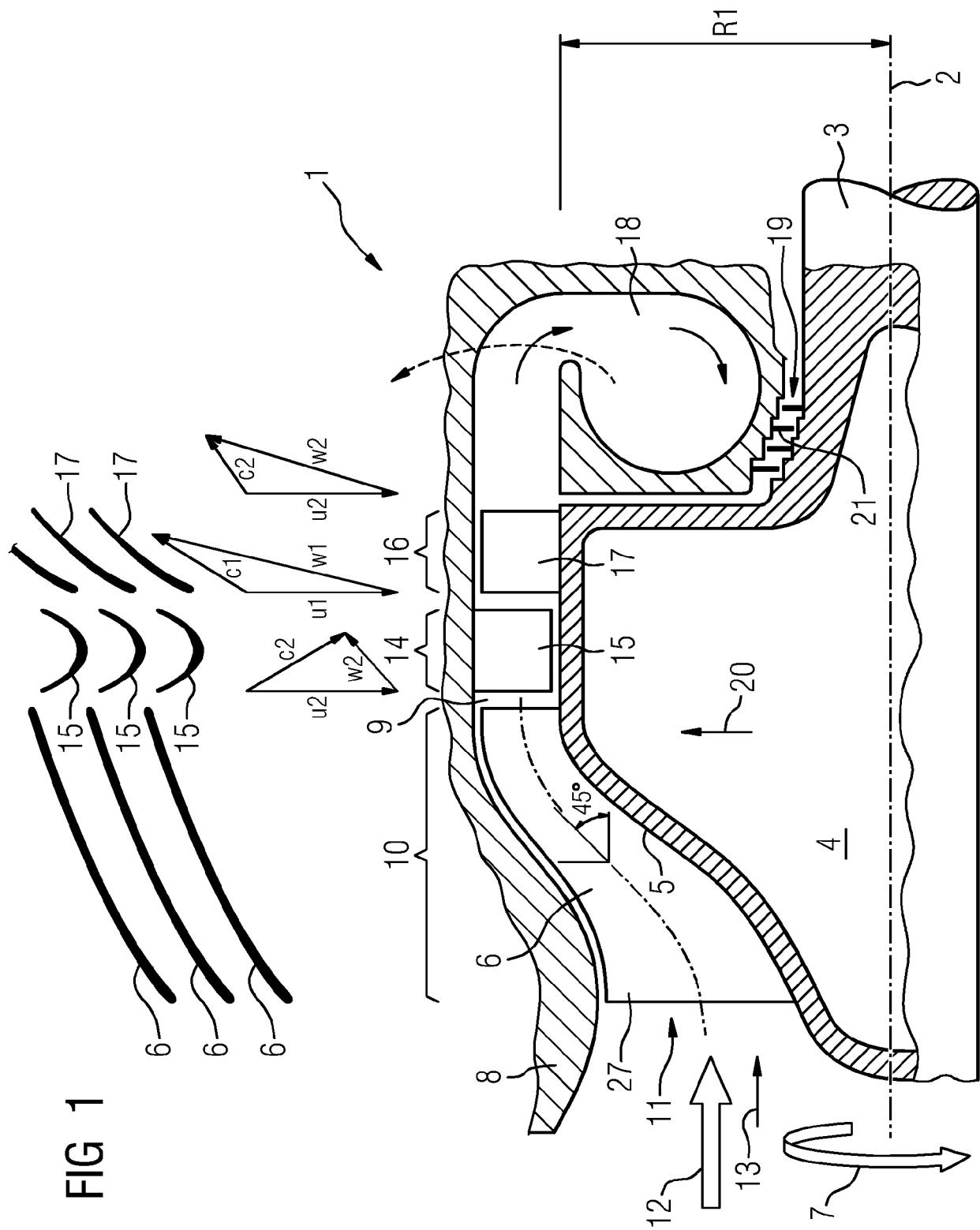
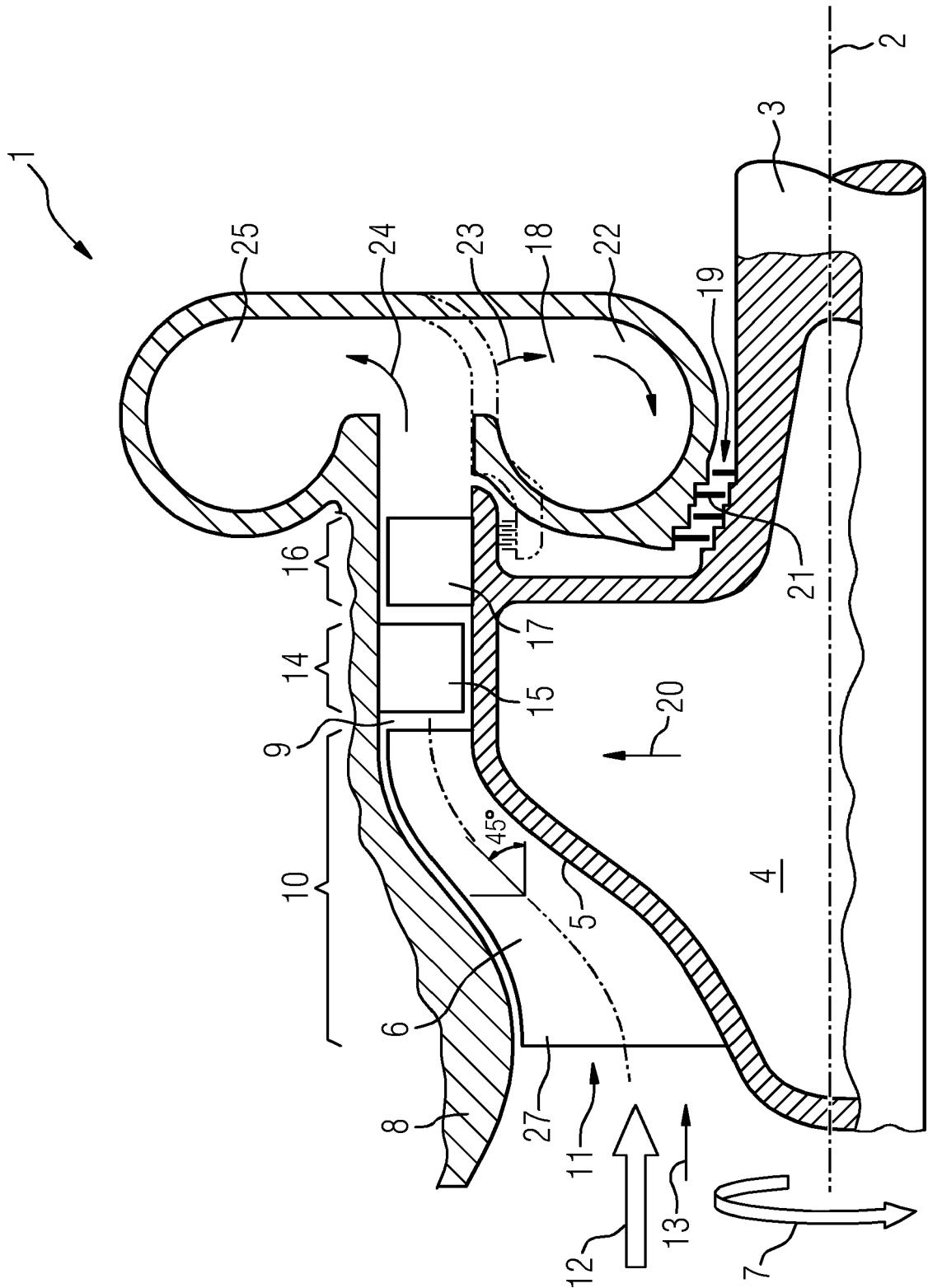
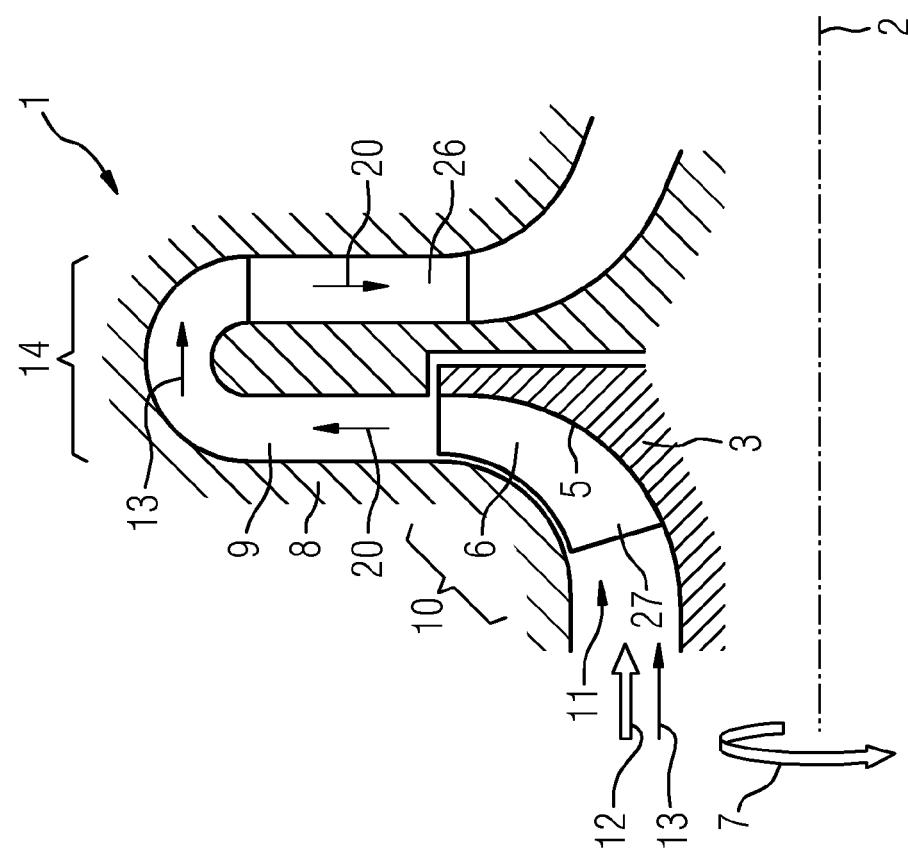


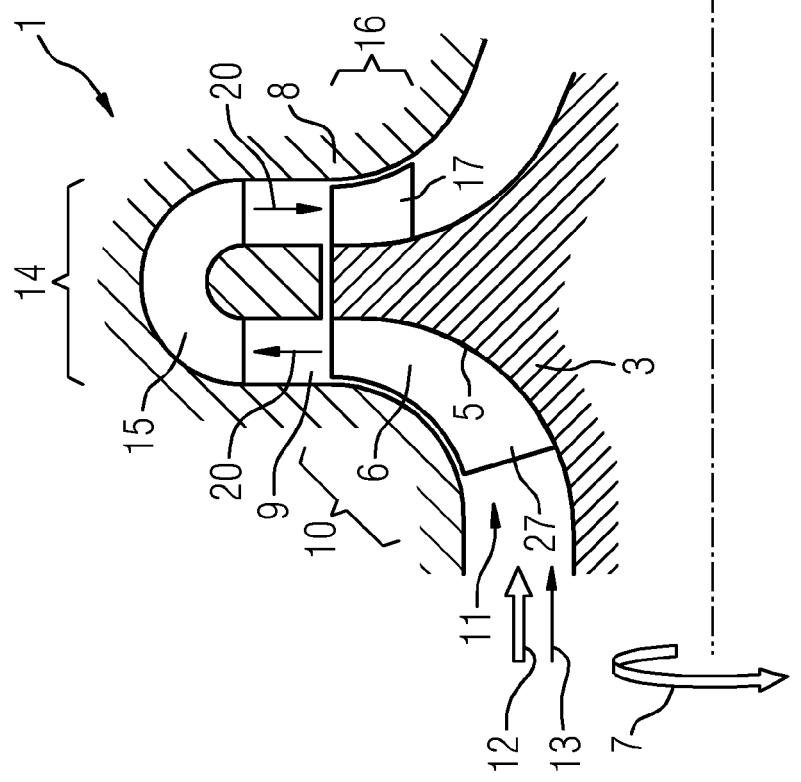
FIG 2



**FIG 3**  
Stand der Technik



**FIG 4**





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 20 21 5308

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	WO 2013/141912 A2 (CARRIER CORP [US]) 26. September 2013 (2013-09-26) * Absätze [0028], [0032] - [0036] * * Abbildungen 1,3,4 *	1-8	INV. F04D17/02
15 A	----- DE 195 23 661 A1 (MAYER HELMUT [DE]) 2. Januar 1997 (1997-01-02) * Spalte 1, Zeilen 3-10 * * Spalte 1, Zeile 48 - Spalte 2, Zeile 19 * * Spalte 3, Zeilen 28-34 * * Abbildungen 1,2 *	9-12 4-8	F04D29/42 F04D29/28
20 X	----- EP 3 633 202 A1 (DANFOSS AS [DK]) 8. April 2020 (2020-04-08) * Absätze [0026] - [0037] * * Abbildung 2 *	1-3,7,8	
25 A	----- EP 3 540 236 A1 (CARRIER CORP [US]) 18. September 2019 (2019-09-18) * Absatz [0037] * * Abbildung 2 *	1,5,6	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
30	-----		F04D F01D
35			
40			
45			
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 4. Mai 2021	Prüfer Gombert, Ralf
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument
55	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		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

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

EP 20 21 5308

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

04-05-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	WO 2013141912 A2	26-09-2013	KEINE	
15	DE 19523661 A1	02-01-1997	KEINE	
	EP 3633202 A1	08-04-2020	CN 110986403 A EP 3633202 A1 US 2020109879 A1	10-04-2020 08-04-2020 09-04-2020
20	EP 3540236 A1	18-09-2019	CN 110273858 A EP 3540236 A1 RU 2019106858 A US 2019285085 A1	24-09-2019 18-09-2019 14-09-2020 19-09-2019
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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