

(19)



(11)

EP 1 611 315 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.07.2015 Patentblatt 2015/31

(51) Int Cl.:
F01D 25/12 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04725711.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2004/050442

(22) Anmeldetag: **05.04.2004**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/090291 (21.10.2004 Gazette 2004/43)

(54) **TURBOMASCHINE**

TURBOMACHINE

TURBOMACHINE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

- **NORMAN, Darran**
RH 13 6RH Horsham (GB)
- **ROTHBRUST, Matthias**
CH-8953 Dietikon (CH)

(30) Priorität: **07.04.2003 CH 6282003**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.01.2006 Patentblatt 2006/01

(74) Vertreter: **Alstom Technology Ltd**
CHTI Intellectual Property
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden (CH)

(73) Patentinhaber: **ALSTOM Technology Ltd**
5400 Baden (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C- 507 129 DE-C- 675 253
US-A- 2 402 841 US-A- 2 650 794
US-A1- 2001 022 933 US-B1- 6 523 346

(72) Erfinder:
• **BUSEKROS, Armin**
CH-8049 Zürich (CH)

EP 1 611 315 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Turbomaschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Sie betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Turbomaschine.

Stand der Technik

[0002] Das Phänomen des sogenannten "Buckelns" des Läufers wie auch des Gehäuses von Turbomaschinen wie Gasturbinen und Dampfturbinen ist hinreichend bekannt. Es wird dadurch hervorgerufen, dass die grossen und massereichen Strukturen solcher Maschinen nach längerem Betrieb grosse Wärmemengen gespeichert haben. Beim Abkühlen stellt sich in den vergleichsweise grossen Strömungskanälen eine ausgeprägte vertikale Temperaturschichtung ein, welche zu ungleichmässigen Temperaturverteilungen in den statischen wie den rotierenden Bauteilen führt, was aufgrund der unterschiedlichen thermischen Dehnungen in einem Verzug von Gehäuse und Rotor und Abweichungen von der rotationssymmetrischen Sollgeometrie resultiert. Bei den unvermeidlich geringen Spaltmassen in modernen Turbomaschinen kommt es dadurch zum Blockieren des Rotors im Gehäuse, was zu Lasten der Startverfügbarkeit geht, und daneben die mechanische Integrität zu gefährden vermag. Bekannt sind daher beispielsweise aus der US 3,793,905 oder der US 4,854,120 Systeme zum Wellendrehe- oder auch zum sogenannten Wellenschalten. Dabei wird der Rotor einer Turbomaschine nach dem Abstellen mit einer gewissen Drehzahl weitergedreht. Dabei sind, wie beim bekannten Wellenschalten, geringe Drehzahlen im Bereich von 1/min oder weniger bevorzugt. Dies genügt einerseits, um die Kühlung des Rotors in Umfangsrichtung zu vergleichmässigen; andererseits ist die Drehzahl niedrig genug, um keine ausgeprägte Axialdurchströmung etwa des Heissgaspfades einer Gasturbine, mit damit verbundenem Kaltlufteintrag und Thermoschocks, zu provozieren.

[0003] Moderne Gasturbinen werden im hochtemperaturbelasteten Teil häufig mit zweischaligen Gehäusen ausgeführt. Dabei ist zwischen einem inneren Gehäuse und einem äusseren Gehäuse ein Ringraum ausgebildet, der im Betrieb häufig mit Kühlluft oder anderem Kühlmittel beaufschlagt wird. In dem Ringraum bildet sich nach dem Abstellen der Gasturbine ohne weitere Massnahmen ebenfalls eine vertikale Temperaturschichtung aus, die zu einem Verzug der Gehäuse führt.

[0004] Die DE 507 129 wie auch die WO 00/11324 schlagen vor, bei einem zweischaligen Gehäuse einer Turbine Mittel vorzusehen, um durch eine erzwungene Strömung innerhalb des Zwischenraums die stabile Temperaturschichtung zu stören. Dabei wird im wesentlichen vorgeschlagen ausserhalb des Ringraumes Fluid von einer Stelle des Ringraumes zu einer anderen Stelle

des Ringraumes zu fördern, wodurch eine Ausgleichsströmung innerhalb des Ringraumes induziert wird. Die Schriften geben dabei an, einen Überströmkanal bevorzugt ausserhalb des Maschinengehäuses anzuordnen, der zwei an unterschiedlichen Umfangspositionen des Gehäuses gelegene Stellen miteinander verbindet, und innerhalb dieses Überströmkanals ein Umwälzgebläse zum Antrieb der Ausgleichsströmung anzuordnen. Als tendenziell problematisch erweist sich in der Praxis der Antrieb des Umwälzgebläses. Eine Antriebswelle des Gebläses, welche von einem ausserhalb des Überströmkanals angeordneten Motor zum innerhalb angeordneten Gebläserad führt, muss unter Betriebsbedingungen zuverlässig abgedichtet werden. Aufgrund der herrschenden hohen Drücke, welche bei modernen Gasturbinen durchaus Werte um 30 bar und darüber erreichen können, und die bei Dampfturbinen noch höher sein können, und der Temperaturen, welche auch in der Kühlluft bereits bis 500°C erreichen können, ist diese Aufgabe nur mit hohem Aufwand zu lösen, und über eine lange Betriebsdauer besteht ein latentes Versagensrisiko.

[0005] Eine Turbomaschine nach dem Stand der Technik ist aus dem Dokument US 2650794 bekannt.

Darstellung der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Turbomaschine der eingangs erwähnten Art anzugeben, welche die Nachteile des Standes der Technik vermeidet.

[0007] Erfindungsgemäss wird dies durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 erreicht.

[0008] Kern der Erfindung ist es also, innerhalb des Überströmkanals einen Ejektor anzuordnen, durch den im Bedarfsfall eine Treibmittelströmung zum Antrieb der Strömung durch den Überströmkanal leitbar ist. Es ist daher also nicht notwendig, eine Durchführung eines beweglichen Bauteils durch die Wand des Überströmkanals abzudichten. Weil einerseits der Massenstrom des Treibmittels welches durch den Ejektor geleitet wird, deutlich geringer ist als der Auslegungsmassenstrom des Überströmkanals, und andererseits die Strömungsgeschwindigkeit durch den Ejektor ohnehin hoch sein soll, werden für die Zuleitung zum Ejektor mit Vorteil wesentlich kleinere Strömungsquerschnitte verwendet als für den Überströmkanal. Typischerweise beträgt der Auslegungsmassenstrom des Ejektors rund 8% bis 15%, insbesondere 10%, des Auslegungsmassenstroms des Überströmkanals. Damit kann die Ejektor-Zuströmleitung auf wesentlich einfachere Weise durch ein Rückschlag- und/oder ein Absperrorgan vom Volumen der Kavität isolieren lassen. Weiterhin, da die Ejektorströmung ja im Wesentlichen als Treibmittel dient, und ein externes Hilfsmedium eingesetzt werden kann, bestehen grosse Freiheiten bei der Wahl der geeigneten Antriebsquelle. So muss nicht zwangsläufig die Ejektorströmung von einem Gebläse angetrieben werden, sondern es kann durchaus auch beispielsweise Luft aus einem Druckluftsystem oder Dampf aus einem Kessel verwendet wer-

den. Weil das System im Anlagenstillstand, nach dem Abstellen der Turbomaschine, betrieben wird, herrscht beim Betrieb des Ejektors in der Kavität im Wesentlichen Umgebungsdruck. Damit sind noch nicht einmal hohe Anforderungen an den Vordruck des für die Ejektordurchströmung verwendeten Treibmittels zu stellen. Im Falle von Luft als Treibmittel des Ejektors werden und atmosphärischem Druck in der Kavität werden ohnehin bereits bei einem Vordruck des Treibmittels von rund 1,7 bar kritische Zustände im Ejektor erreicht. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Treibmittelquelle für den Ejektor so gewählt, dass der Vordruck des Treibmittels das 1,3 bis 3-fache, bevorzugt das 1,5 bis 2-fache, des Druckes in der Kavität beträgt. Es ist weiterhin bevorzugt, wenn das Volumen der Kavität durch die Strömung in der Überströmleitung rund 4 bis 8 mal, bevorzugt etwa 6 mal, pro Minute umgewälzt wird. In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Volumen der Kavität in rund 11 Sekunden einmal umgewälzt. Es hat sich gezeigt, dass diese Umwälzungsrate zu einer besonders guten Homogenisierung der Temperaturverteilung in der Kavität führt.

[0009] Bevorzugt wird die erfindungsgemässe Vorrichtung so betrieben, dass im Stillstand der Turbomaschine, insbesondere in einer der Ausserbetriebnahme folgenden Abkühlphase der Turbomaschine, ein Fluid als Treibmittel durch den Ejektor in den Überströmkanal geleitet wird, und dort eine Strömung antreibt, durch welche der Gasinhalt der Kavität umgewälzt wird. Damit wird durch den Ejektor ein Fluidmassenstrom der Kavität zugeführt, der pro Sekunde in bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung im Bereich von 0,5% bis 2% und ganz besonders bevorzugt rund 1% des Inhaltes der Kavität beträgt, dergestalt, dass der Inhalt der Kavität einmal im Bereich von 50 bis 200 Sekunden ausgetauscht wird. Damit liegt im Gegensatz zum Stand der Technik kein vollständig geschlossenes System vor. Als Treibmittel kann insbesondere Umgebungsluft oder Luft aus einem Hilfsluftsystem, beispielsweise Instrumentenluft, Anwendung finden. Dies kann durchaus vorteilhaft genutzt werden, um die Vergleichsmässigung der Temperaturverteilung zu unterstützen, und um die Abkühlphase zu verkürzen. Wenn Fluid an einer unten gelegenen Stelle der Gehäusekavität entnommen und durch die Ejektorzuströmung mit kalter Umgebungsluft vermischt wird, und diese vermischte Überströmung im oberen Teil der Kavität wieder eingebracht wird, so trägt dies zu einer zusätzlichen, durchaus erwünschten Kühlung in den oben gelegenen Gehäusesegmenten bei. Durch diese zusätzliche Kühlwirkung aufgrund der von aussen zugeführten Treibmittelströmung wird eine zusätzliche Abkühlung bewirkt, und zwar bei entsprechender konstruktiver Auslegung gerade dort, wo es erwünscht ist, nämlich im tendenziell eher zu heissen, oberen Teil. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird das Treibmittel des Ejektors vorgewärmt, dabei kann es zum Beispiel über oder durch weitere aufgeheizte Komponenten der Turbomaschine geleitet werden. Zum Ausgleich

muss selbstverständlich auch Medium aus der Kavität abströmen; dies erfolgt bevorzugt durch den Kühlmittelpfad der Turbomaschine.

[0010] Die Kavität ist insbesondere zwischen einem inneren und einem äusseren Gehäuse der Turbomaschine gebildet, so beispielsweise zwischen einer Brennraumwand und einem Aussengehäuse einer Gasturbine. In diesem Falle ist die Kavität mit einem im Wesentlichen ringförmigen Querschnitt, insbesondere als Torus, oder mit einem Querschnitt in Form eines Ringsegmentes ausgebildet. Der Überströmkanal ist mit Vorteil ausserhalb des Gehäuses der Turbomaschine angeordnet. Dies gewährleistet eine überragende Zugänglichkeit, und erleichtert die Nachrüstbarkeit bestehender Installationen. Mit Vorteil verbindet der Überströmkanal zwei im Wesentlichen an diagonal gegenüberliegenden Umfangspositionen der Kavität angeordnete Stellen miteinander. Die Mündungen des Überströmkanals sind ebenso mit Vorteil auf unterschiedlichen geodätischen Höhen der Kavität angeordnet, wobei das stromabwärtige Ende des Überströmkanals, zu dem der Ejektor die Strömung treibt, mit Vorteil an der höhergelegenen Stelle angeordnet ist. Diese Anordnung nutzt die Dichteunterschiede des Fluides innerhalb der Kavität. In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Mündungen des Überströmkanals an einer geodätisch höchstgelegenen und einer geodätisch am weitesten unten angeordneten Umfangsposition der Kavität angeordnet, wobei die Strömung in der Überströmleitung von unten nach oben, sozusagen vom "Boden" der Kavität zu deren "Dach", gerichtet ist. Damit wird im Betrieb der Vorrichtung vergleichsweise kühles Fluid aus dem unteren Teil der Kavität in den Überströmkanal gefördert, und dort mit dem Treibmittel des Ejektors vermischt, welches im Allgemeinen noch kühler ist. An der Stelle des Ausströmens in die Kavität, in deren oberem Teil, ist das Fluid wärmer, und weist daher eine geringere Dichte auf. In der Folge sinkt das eingebrachte kühlere Fluid ab, und induziert somit eine Ausgleichströmung in der Kavität. Diese Ausgleichströmung ist sogar in einem gewissen Masse selbstregelnd: Je grösser der Temperaturunterschied zwischen dem oberen Teil und dem unteren Teil der Kavität und des Turbomaschinengehäuses ist, um so grösser ist der Dichteunterschied, der die Strömung antreibt. Das heisst, je ungleichmässiger die Temperaturverteilung in der Kavität ist, umso stärker werden die Antriebskräfte welche eine Ausgleichsströmung zur Temperaturvergleichsmässigung induzieren.

[0011] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung mündet die Überströmleitung mit einer definierten Ausströmstrecke in der Kavität. Die Ausströmstrecke ist insbesondere so beschaffen, dass das ausströmende Medium wenigstens mit einer Geschwindigkeitskomponente in Umfangsrichtung der Kavität orientiert ist. Dies hat den Vorteil, dass die Strömung in der Kavität definierter ist. Mit Vorteil mündet die Ausströmstrecke, welche als Austritts-Leiteinrichtung wirkt, im Wesentlichen in Umfangsrichtung, oder derart, dass sie Aus-

strömrichtung um einen Winkel von weniger als 30°, bevorzugt weniger als 10°, in axialer Richtung gegen den Umfang der Kavität geneigt ist. In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Ausströmstrecke als Düse ausgeführt, so, dass sie als Ejektor wirkt, und das Fluid innerhalb der Kavität ebenfalls antreibt. Insbesondere in Verbindung mit einer axial angestellten definierten Ausströmrichtung und bei einer axial ausgedehnten Kavität sind die Mündungen des Überströmkanals in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung an unterschiedlichen axialen Positionen angeordnet. Die daraus resultierende schraubenförmige Durchströmung der Kavität bewirkt dann eine Vergleichsmässigung der Temperaturverteilung in axialer- wie in Umfangsrichtung.

[0012] In einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Kavität Öffnungen zur Ableitung von Fluid auf, durch welche Fluid aus der Kavität abströmen kann. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn Fluid von aussen herangeführt wird. Die Öffnungen sind bevorzugt symmetrisch am Umfang angeordnet, beispielsweise in Form eines Ringspaltes, ringsegmentförmiger Spalte, oder am Umfang verteilter Bohrungen. Die Öffnungen stehen beispielsweise mit dem Heissgaspfad einer Gasturbine in Fluidverbindung, so, dass in der Kavität befindliches Fluid, welches durch neu herangeführtes Fluid verdrängt wird, in den Heissgaspfad abströmen kann. Unter Heissgaspfad ist in diesem Zusammenhang der gesamte Strömungsweg vom Eintritt in die erste Turbinenleitreihe bis hin zum Abgasdiffusor zu verstehen. Insbesondere kann das Fluid über den Kühlluftpfad und die Kühlöffnungen, beispielsweise der ersten Turbinenleitreihe, in den Heissgaspfad abgeleitet werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0013] Die Erfindung soll nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert werden. Im Einzelnen zeigen

- Figur 1 einen Teil des thermischen Blockes einer Gasturbine;
- Figur 2 ein erstes Beispiel für die Ausführung der Gasturbine aus Figur 1 im Querschnitt;
- Figur 3 ein zweites Beispiel für die erfindungsgemässe Ausführung der Gasturbine aus Figur 1 im Querschnitt; und
- Figur 4 eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Erfindung.

[0014] Selbstverständlich stellen die folgenden Figuren nur illustrative Beispiele dar, und sind bei Weitem nicht in der Lage, alle dem Fachmann offenbaren Ausführungsformen der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, darzustellen.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0015] Die Erfindung soll im Kontext einer Turbomaschine erläutert werden. In Fig. 1 ist daher der thermische

Block einer Gasturbine dargestellt, wobei nur der oberhalb der Maschinenachse 10 befindliche Teil gezeigt ist. Bei der in Figur 1 dargestellten Maschine handelt es sich um eine Gasturbine mit sogenannter sequentieller Verbrennung, wie sie beispielsweise aus der EP 620362 bekannt ist. Obschon deren Funktionsweise für die Erfindung ohne primäre Bedeutung ist, sei diese der Vollständigkeit halber in groben Zügen erläutert. Ein Verdichter 1 saugt einen Luftmassenstrom an und verdichtet diesen auf einen Arbeitsdruck. Die verdichtete Luft strömt durch ein Plenum 2 in eine erste Brennkammer 3 ein. Dort wird eine Brennstoffmenge eingebracht und in der Luft verbrannt. Das entstehende Heissgas wird in einer ersten Turbine 4 teilentspannt, und strömt in eine zweite Brennkammer 5, eine sogenannte SEV-Brennkammer, ein. Dort zugeführter Brennstoff entzündet sich aufgrund der noch hohen Temperatur des teilentspannten Heissgases. Das nacherhitzte Heissgas wird in einer zweiten Turbine 6 weiter entspannt, wobei eine mechanische Leistung auf die Welle 9 übertragen wird. Im Betrieb herrschen bereits in den letzten Verdichterstufen, erst recht aber im Bereich der Brennkammern 3, 5 und in den Turbinen 4, 6 Temperaturen von mehreren 100 °C. Nach dem Abstellen einer solchen Maschine speichern die grossen Massen - beispielsweise eine Masse des Rotors 9 von 80 Tonnen - eine grosse Wärmemenge über eine längere Zeit. In den Strömungsquerschnitten der Maschine stellt sich wenigstens bei der üblichen Aufstellung einer Gasturbine mit waagerechter Maschinenachse während des Abkühlens im Stillstand eine ausgeprägte vertikale Temperaturschichtung ein. Diese führt dazu, dass sich die Unter- und Oberteile von Gehäuse und Rotor ungleich schnell abkühlen, wodurch es zu einem Verzug der Komponenten kommt, was als "Buckeln" bezeichnet wird.

[0016] Bei der als Beispiel dargestellten Gasturbine ist die Erfindung jeweils im Bereich der die Brennkammern 3, 5 umgebenden Kavitäten 2, 7 realisiert. Die Querschnittsdarstellung in Figur 2 ist stark schematisiert, und könnte sowohl einen Schnitt im Bereich der ersten Brennkammer 3 als auch im Bereich der zweiten Brennkammer 5 darstellen. Zwischen einem Aussengehäuse 11 der Gasturbine und einer Brennraumwand 12,13, welche auch als inneres Gehäuse verstanden werden kann, ist jeweils eine ringförmige Kavität 2, 7 ausgebildet. Nach dem Abstellen der Maschine wird Wärme, die in den Strukturen 9, 12, 13 gespeichert ist, zu einem erheblichen Teil über das äussere Gehäuse 11 abgeführt. Fluid in den Kavitäten 2, 7, neigt dabei aufgrund von Dichteunterschieden dazu, die angesprochene stabile Temperaturschichtung aufzubauen, welche zu vermeiden ja Aufgabe der Erfindung ist. Im dargestellten Beispiel für die Ausführung der Erfindung ist das Aussengehäuse mit einer Entnahmestelle 15 versehen, die mit einem ersten, stromaufwärtigen Ende einer Überströmleitung 14 verbunden ist. Das zweite, stromabwärtige Ende 16 der Überströmleitung mündet an einer der Entnahmestelle 15 im Wesentlichen Diagonal gegenüberliegenden Stelle

wieder in der Kavität. Zum Antrieb einer Durchströmung der Überströmleitung ist in der Überströmleitung eine Strahlpumpenanordnung 17 mit einem Ejektor angeordnet. Von einer an sich beliebigen Quelle für ein unter Druck stehendes Medium wird ein Treibmittelmassenstrom 18 zum Ejektor geführt und strömt dort mit einer vergleichsweise hohen Geschwindigkeit aus, wodurch weiteres in der Überströmleitung befindliches Fluid mitgerissen wird, und also eine Durchströmung der Überströmleitung induziert wird. Durch die Ausführung nach der Art einer Strahlpumpe beträgt der Massenstrom des mitgerissenen Fluides ein Mehrfaches des Treibmittelmassenstroms; typischerweise ist der Massenstrom der angetriebenen Strömung bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung rund das 10-fache des Treibmittelmassenstroms. Die Orientierung der Durchströmung von einem stromaufwärtigen Ende 15 zu einem stromabwärtigen Ende 16 ist durch die Orientierung des Ejektors vorgegeben. Im Ausführungsbeispiel ist die Mündung des stromaufwärtigen Endes an einer geodätisch am niedrigsten gelegenen Stelle angeordnet, und die Mündung des stromabwärtigen Endes 16 an einer geodätisch am höchsten gelegenen Stelle. Damit wird das kühlschte in der Kavität befindliche Fluid in die Überströmleitung 14 eingesaugt. Dieses wird mit dem Treibmittelmassenstrom 18 vermischt, welcher häufig nochmals kälter ist; beispielsweise kann es sich um über ein Fördergebläse oder einen Kompressor 20 herangeführte Umgebungsluft handeln. Damit aber weist das am stromabwärtigen Ende der Überströmleitung austretende Fluid eine grössere Dichte auf, als das Fluid an einer geodätisch oben in der Kavität gelegenen Stelle. In der Folge setzt eine Absinkbewegung in der Kavität ein, welche eine Ausgleichströmung 19 weiter intensiviert. Diese Intensivierung ist umso grösser, je grösser die Dichteunterschiede in der Kavität sind, also, je ausgeprägter die Temperaturschichtung ist. Damit ist das System auf eine Weise selbstregelnd, und die Ausgleichsströmung 19 ist umso intensiver, je ausgeprägter die Temperaturschichtung ist. Bevorzugt wird das Fluid in der Kavität einmal in rund 8 bis 15 Sekunden umgewälzt. Mit dem oben angegebenen Treibmittelmassenstrom resultiert, dass der Fluidinhalt in der Kavität alle 80 bis 150 Sekunden einmal gegen frisches über den Ejektor 17 zuströmendes Fluid ausgetauscht wird. Unter Umständen resultiert dies in einer unerwünscht schnellen Abkühlung der Maschinenstrukturen. Es ist dann selbstverständlich auch möglich, das Treibmittel des Ejektors vorzuwärmen, um diese Abkühlung zu verringern. Im Betrieb der Gasturbogruppe wird die erfindungsgemässe Vorrichtung mit Vorteil nicht betrieben. In der Kavität liegen dann Temperaturen im typischen Bereich von rund 350°C bis über 500°C vor, und der Druck liegt typischerweise bei 12 bar bis über 30 bar. Diese Bedingungen herrschen im Wesentlichen auch im Überströmkanal 14. Es ist daher ein wesentlicher Vorteil der Erfindung, dass im Gegensatz zum Stand der Technik im hinsichtlich Temperatur und Druck hochbelasteten Teil keine beweglichen Teile angeordnet sind,

und keine relativbeweglichen Teile wie eine Antriebswelle für ein Umwälzgebläse abgedichtet werden müssen. So kann ein Treibmittelgebläse 20 an einer hinsichtlich Druck und Temperatur gering belasteten Stelle angeordnet werden, was einerseits die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems erhöht und andererseits Aufwand und Kosten senkt. Alternativ kann das Treibmittel selbstverständlich auch von einem Druckluftsystem stammen. Zur Isolation der Treibmittelversorgung von den hohen Drücken und Temperaturen während des Betriebes der Gasturbogruppe sind ein Rückschlagorgan 23 und ein Absperorgan 24 angeordnet.

[0017] Die Ausführung gemäss Figur 3 unterscheidet sich vom vorangehenden Beispiel dadurch, dass am stromabwärtigen Ende der Überströmleitung 14 eine Strömungs-Leitvorrichtung 21 angeordnet ist, welche vorliegend als Düse ausgebildet ist, dergestalt, dass die austretende Strömung 22 ebenfalls in der Art eines Ejektors als Treibmittel für eine Zirkulationsströmung 19 in der Kavität 2, 7 wirkt. Damit kann eine gerichtete Strömung in der Kavität erzeugt werden.

[0018] Dies ist gerade auch dann vorteilhaft, wenn eine Konfiguration vorliegt, wie sie in Figur 4 dargestellt ist. In Figur 4 ist eine perspektivische Darstellung einer ringförmigen Kavität dargestellt. Die innere Begrenzung 12, 13 ist nur schematisch als Vollzylinder dargestellt. Zwischen dieser inneren Begrenzung und einem Aussenmantel 11 ist eine Kavität 2, 7 ausgebildet. In axialer Richtung verteilt sind drei durch den Aussenmantel 11 hindurchgeführte, in der Darstellung an sich nicht sichtbare Ejektoren 21 hindurchgeführt, welche schematisch durch gestrichelte Linien angedeutet sind. Die Ejektoren sind so angeordnet, dass die Orientierung der Ausblaserichtung des Treibmittels 22 in axialer Richtung um einen Winkel α gegen die durch eine strichpunktierte Linie U angedeutete Umfangsrichtung geneigt ist. Um insbesondere die primär angestrebte Umfangsströmung anzuregen, kann dieser Anstellwinkel α auf Werte unter 30°, insbesondere auf Werte kleiner als 10°, eingeschränkt werden. Es stellt sich in Folge eine nicht dargestellte schraubenförmige Durchströmung der Kavität ein, welche weiterhin ein sich gegebenenfalls einstellendes axiales Temperaturgefälle zu vermeiden hilft. Dies wird weiterhin unterstützt, wenn das stromabwärtige Ende und das stromaufwärtige Ende einer Überströmleitung an unterschiedlichen axialen Positionen angeordnet sind.

[0019] Die Erfindung ist keineswegs darauf beschränkt, in den am weitesten aussen liegenden Kavitäten 2, 7 verwendet zu werden. Die Erfindung kann sehr einfach ebenso für die Brennkammern 3, 5 oder und den zwischen den Gehäuseelementen 12, 13 und der Welle 9 gebildeten Raum realisiert werden.

[0020] Der Fachmann erkennt ohne Weiteres, dass die Anwendung der Erfindung keineswegs auf Gasturbinen beschränkt ist, sondern dass die Erfindung in einer Vielzahl weiterer Anwendungsfälle eingesetzt werden kann. Selbstverständlich ist die Anwendung der Erfindung auch nicht auf eine in Fig. 1 dargestellte Gasturbine mit

sequentieller Verbrennung beschränkt, sondern sie kann auch bei Gasturbinen mit nur einer oder mehr als zwei Brennkammern Anwendung finden. Insbesondere kann die Erfindung auch in Dampfturbinen realisiert werden.

Bezugszeichenliste

[0021]

1	Verdichter	10
2	Kavität, Plenum	
3	Brennkammer	
4	erste Turbine	
5	Brennkammer	
6	zweite Turbine	15
7	Kavität	
9	Welle	
10	Maschinenachse	
11	Aussengehäuse, Aussenmantel, äussere Wand	
12	inneres Gehäuse, innere Wand, Brennraumwand	20
13	inneres Gehäuse, innere Wand, Brennraumwand	
14	Überströmleitung	
15	Entnahmestelle, stromaufwärtiges Ende der Überströmleitung	
16	stromabwärtiges Ende der Überströmleitung	25
17	Ejektoranordnung	
18	Treibmittelströmung	
19	Ausgleichsströmung	
20	Treibmittelgebläse	
21	Strömungsleitvorrichtung, Ejektor	30
22	Austrittsströmung	
23	Rückschlagorgan	
24	Absperrorgan	
U	Umfangsrichtung	
α	Anstellwinkel gegen die Umfangsrichtung	35

Patentansprüche

1. Turbomaschine, welche wenigstens eine Kavität (2, 7) mit ringförmigem oder ringsegmentförmigem Querschnitt aufweist, wobei ein Überströmkanal (14) angeordnet ist, welcher zwei an unterschiedlichen Umfangspositionen gelegene Stellen der Kavität miteinander verbindet, wobei innerhalb des Überströmkanals ein Ejektor (17) zum Antrieb einer Strömung durch den Überströmkanal (14) von einem stromaufwärtigen Ende (15) zu einem stromabwärtigen Ende (16) des Überströmkanals angeordnet ist **dadurch gekennzeichnet, dass** an der stromabwärtigen Mündung (16) des Überströmkanals (14) eine Austritts-Leiteinrichtung (21) angeordnet ist, durch welche der Überströmkanal in der Kavität mündet und welche der austretenden Strömung (22) eine definierte Strömungsrichtung aufprägt. 40 45 50 55
2. Turbomaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausströmrichtung der Aus-

tritts-Leiteinrichtung im wesentlichen in Umfangsrichtung (U) der Kavität orientiert ist, und/oder mit einem Winkel (α) von weniger als 30°, bevorzugt weniger als 10°, gegen die Umfangsrichtung der Kavität in axialer Richtung geneigt ist. 5

3. Turbomaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Austritts-Leiteinrichtung (21) eine Düse ist. 10

4. Turbomaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überströmkanal außerhalb des Gehäuses (11) der Turbomaschine angeordnet ist. 15

5. Turbomaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überströmkanal an zwei im Wesentlichen diagonal gegenüberliegenden Stellen der Kavität in die Kavität mündet. 20

6. Turbomaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überströmkanal an zwei auf unterschiedlichen geodätischen Höhen angeordneten Positionen in die Kavität mündet. 25

7. Turbomaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Überströmkanal an einer höchstgelegenen und einer tiefstgelegenen Stelle der Kavität mündet. 30

8. Turbomaschine nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das stromabwärtige Ende des Überströmkanals an der höhergelegenen Stelle angeordnet ist. 35

9. Turbomaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mündungen des Überströmkanals an unterschiedlichen axialen Positionen des Überströmkanals angeordnet sind. 40

10. Turbomaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Kavität Öffnungen zur Abfuhr von Fluid aus der Kavität angeordnet sind. 45

11. Verfahren zum Betrieb einer Turbomaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem im Stillstand der Turbomaschine, insbesondere in einer einer Äußerbetriebnahme folgenden Abkühlungsphase, ein Fluid durch den Ejektor in den Überströmkanal einströmt, und damit eine Strömung in dem Überströmkanal antreibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömung über eine Austritts-Leiteinrichtung (21) aus dem Überströmkanal (14) in eine Kavität (2, 7) der Turbomaschine mit einer definierten 50 55

Strömungsrichtung einströmt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Massenstrom durch den Überströmkanal so bemessen ist, dass das Volumen der Kavität zwischen 4 mal und 8 mal, bevorzugt 6 mal, pro Minute umgewälzt wird. 5
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Massenstrom durch den Ejektor zwischen 8% und 15%, bevorzugt 10%, des Massenstroms durch den Überströmkanal beträgt. 10
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, aus der Kavität Fluid durch den Kühlmittelpfad der Turbomaschine abströmt. 15
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid vor der Zuströmung zum Ejektor aufgeheizt wird. 20

Claims

1. Turbomachine which has at least one cavity (2, 7) having an annular or ring-segment-shaped cross section, an overflow passage (14) being arranged which connects two points of the cavity to one another which are situated in different circumferential positions, an ejector (17) for driving a flow through the overflow passage (14) from an upstream end (15) to a downstream end (16) of the overflow passage being arranged inside the overflow passage, **characterized in that** a discharge guide device (21) through which the overflow passage opens out in the cavity and which imposes a defined flow direction on the discharging flow (22) is arranged at the downstream orifice (16) of the overflow passage (14). 25 30
2. Turbomachine according to Claim 1, **characterized in that** the outflow direction of the discharge guide device is oriented essentially in the circumferential direction (U) of the cavity and/or is inclined in the axial direction at an angle (α) of less than 30°, preferably less than 10°, relative to the circumferential direction of the cavity. 35 40 45
3. Turbomachine according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the discharge guide device (21) is a nozzle. 50
4. Turbomachine according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the overflow passage is arranged outside the casing (11) of the turbomachine. 55
5. Turbomachine according to either of the preceding claims, **characterized in that** the overflow passage opens into the cavity at two essentially diagonally

opposite points of the cavity.

6. Turbomachine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the overflow passage opens into the cavity in two positions arranged at different geodetic heights.
7. Turbomachine according to Claim 6, **characterized in that** the overflow passage opens out at a highest point and at a lowest point of the cavity.
8. Turbomachine according to Claim 6 or 7, **characterized in that** the downstream end of the overflow passage is arranged at the higher point.
9. Turbomachine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the orifices of the overflow passage are arranged in different axial positions of the overflow passage.
10. Turbomachine according to one of the preceding claims, **characterized in that** openings for drawing off fluid from the cavity are arranged in the cavity.
11. Method of operating a turbomachine according to one of the preceding claims, in which, when the turbomachine is at rest, in particular during a cooling phase following a shutdown, a fluid flows into the overflow passage through the ejector and thus drives a flow in the overflow passage, **characterized in that** the flow passes from the overflow passage (14) via a discharge guide device (21) into a cavity (2, 7) of the turbomachine with a defined flow direction.
12. Method according to Claim 11, **characterized in that** the mass flow through the overflow passage is proportioned in such a way that the volume of the cavity is circulated between 4 and 8 times, preferably 6 times, per minute.
13. Method according to Claim 11 or 12, **characterized in that** the mass flow through the ejector is between 8% and 15%, preferably 10%, of the mass flow through the overflow passage.
14. Method according to one of Claims 11 to 13, **characterized in that** fluid flows off from the cavity through the coolant path of the turbomachine.
15. Method according to one of Claims 11 to 14, **characterized in that** the fluid is heated before the inflow to the ejector.

Revendications

1. Turbomachine, présentant au moins une cavité (2, 7) de section transversale annulaire ou en forme de

- segment annulaire, un canal de débordement (14) étant prévu, lequel relie l'un à l'autre deux endroits de la cavité situés en des positions périphériques différentes, un éjecteur (17) pour l'entraînement d'un écoulement à travers le canal de débordement (14) depuis une extrémité amont (15) jusqu'à une extrémité aval (16) du canal de débordement étant disposé à l'intérieur du canal de débordement, **caractérisée en ce qu'un** dispositif de conduite de sortie (21) est disposé au niveau de l'embouchure aval (16) du canal de débordement (14), à travers lequel le canal de débordement débouche dans la cavité et lequel confère à l'écoulement sortant (22) un sens d'écoulement défini.
2. Turbomachine selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le sens d'évacuation de l'écoulement du dispositif de conduite de sortie est orienté essentiellement dans la direction périphérique (U) de la cavité, et/ou est incliné dans la direction axiale avec un angle (α) inférieur à 30°, de préférence inférieur à 10°, vers la direction périphérique de la cavité.
 3. Turbomachine selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le dispositif de conduite de sortie (21) est une buse.
 4. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le canal de débordement est disposé à l'extérieur du boîtier (11) de la turbomachine.
 5. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le canal de débordement débouche dans la cavité au niveau de deux endroits de la cavité essentiellement diagonalement opposés.
 6. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le canal de débordement débouche dans la cavité au niveau de deux positions disposées à des hauteurs géodésiques différentes.
 7. Turbomachine selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** le canal de débordement débouche au niveau d'un endroit le plus élevé et d'un endroit le plus profond de la cavité.
 8. Turbomachine selon la revendication 6 ou 7, **caractérisée en ce que** l'extrémité aval du canal de débordement est disposée au niveau de l'endroit plus élevé.
 9. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les embouchures du canal de débordement sont disposées au niveau de positions axiales différentes du canal de débordement.
 10. Turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des ouvertures sont disposées dans la cavité pour l'évacuation de fluide hors de la cavité.
 11. Procédé pour faire fonctionner une turbomachine selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, à l'arrêt de la turbomachine, en particulier dans une phase de refroidissement suivant un arrêt, un fluide afflue à travers l'éjecteur dans le canal de débordement, et entraîne ainsi un écoulement dans le canal de débordement, **caractérisé en ce que** l'écoulement afflue par le biais d'un dispositif de conduite de sortie (21) hors du canal de débordement (14) dans une cavité (2, 7) de la turbomachine avec un sens d'écoulement défini.
 12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le débit massique à travers le canal de débordement est dimensionné de telle sorte que le volume de la cavité soit recirculé entre 4 fois et 8 fois, de préférence 6 fois, par minute.
 13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** le débit massique à travers l'éjecteur vaut entre 8 % et 15 %, de préférence 10 %, du débit massique à travers le canal de débordement.
 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, **caractérisé en ce que** du fluide s'écoule de la cavité à travers le chemin de réfrigérant de la turbomachine.
 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, **caractérisé en ce que** le fluide est chauffé avant l'afflux vers l'éjecteur.

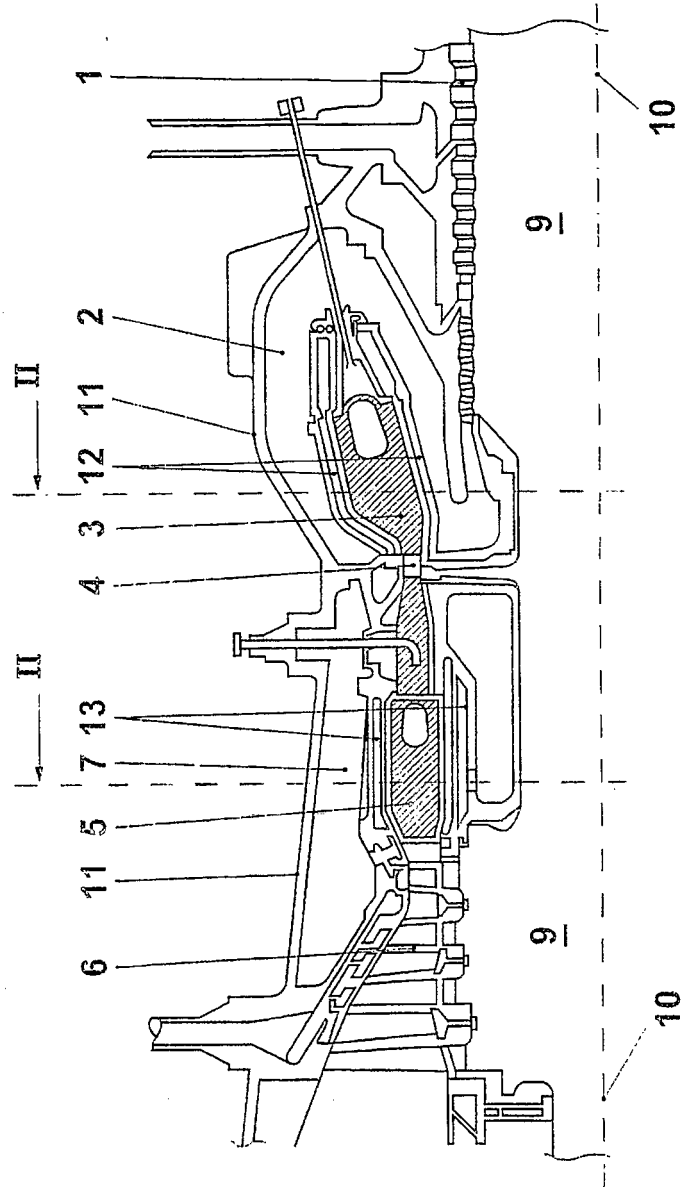
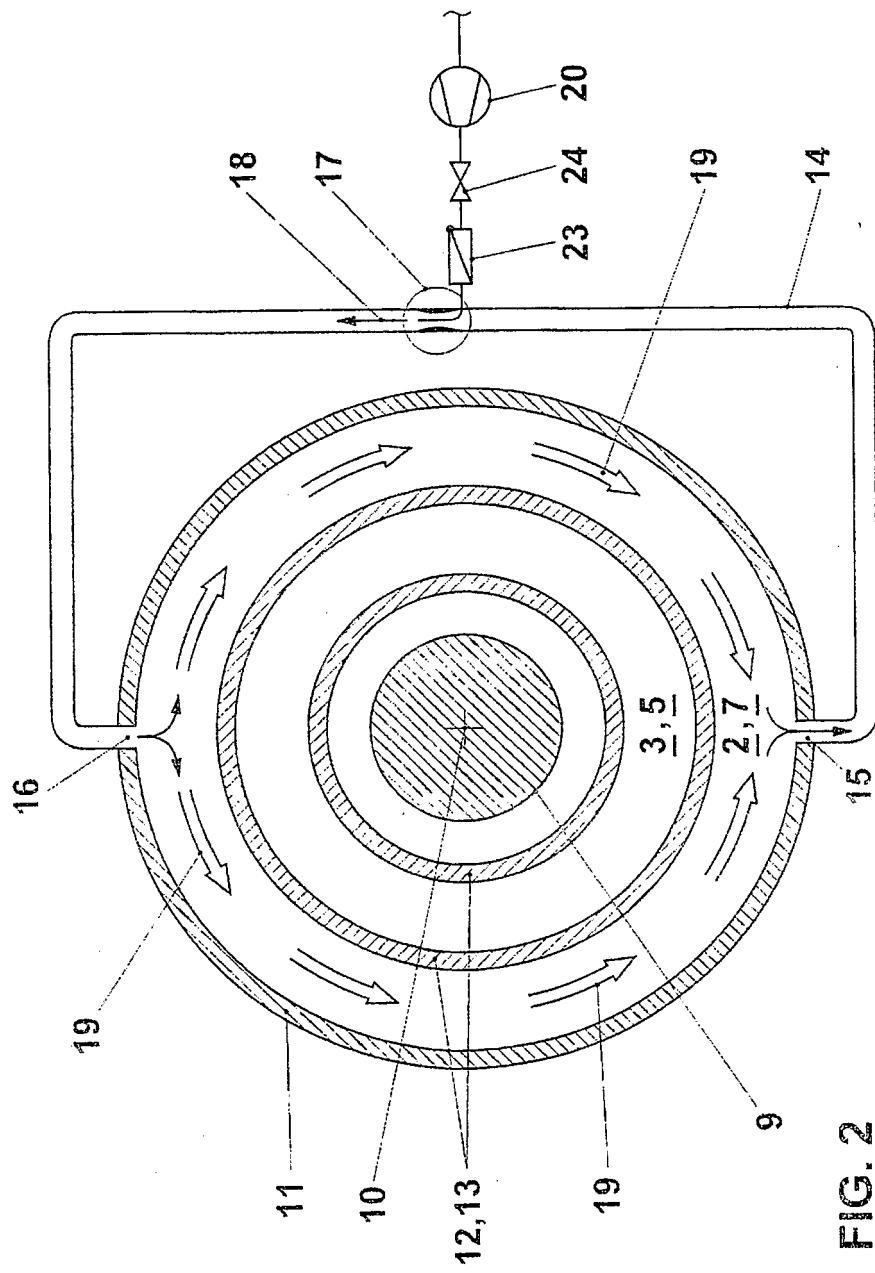


FIG. 1



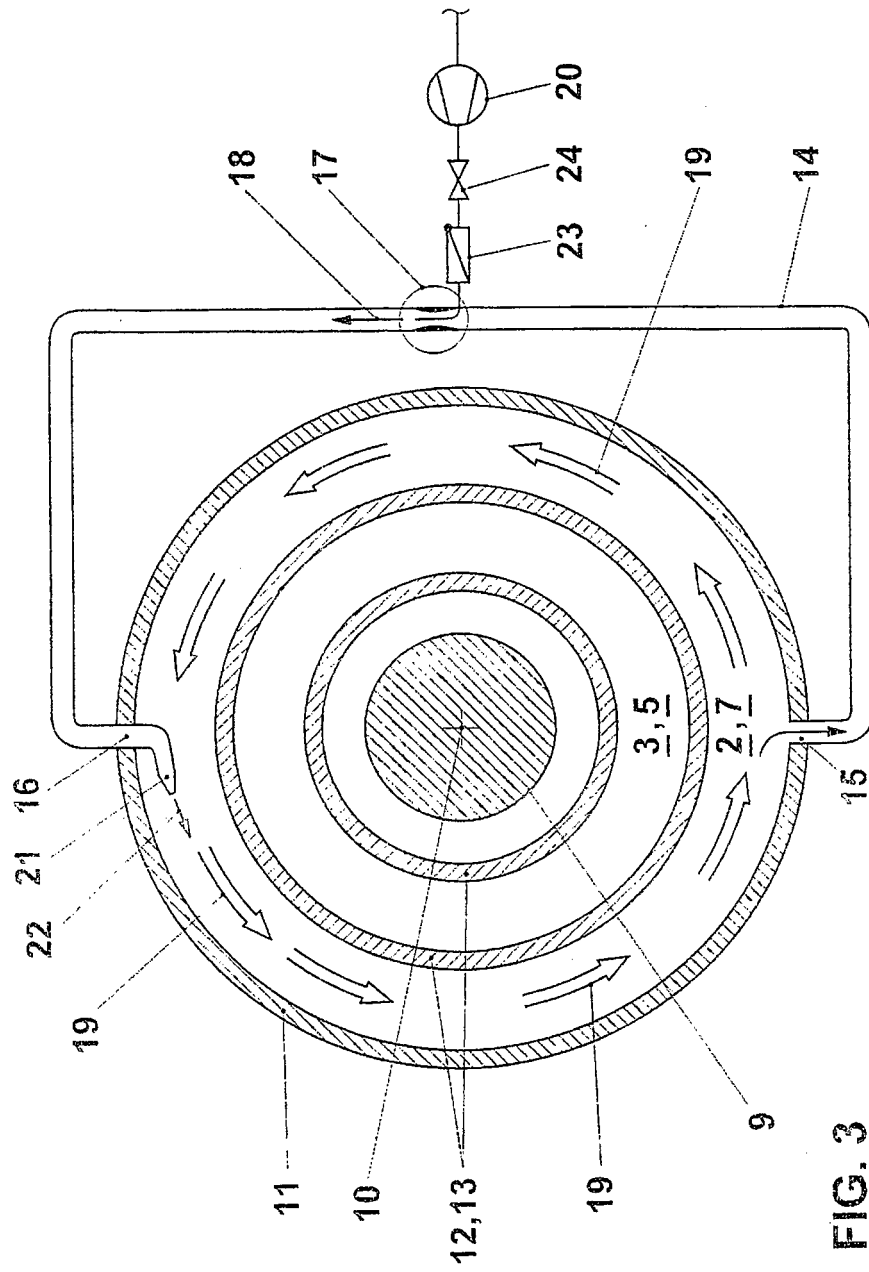


FIG. 3

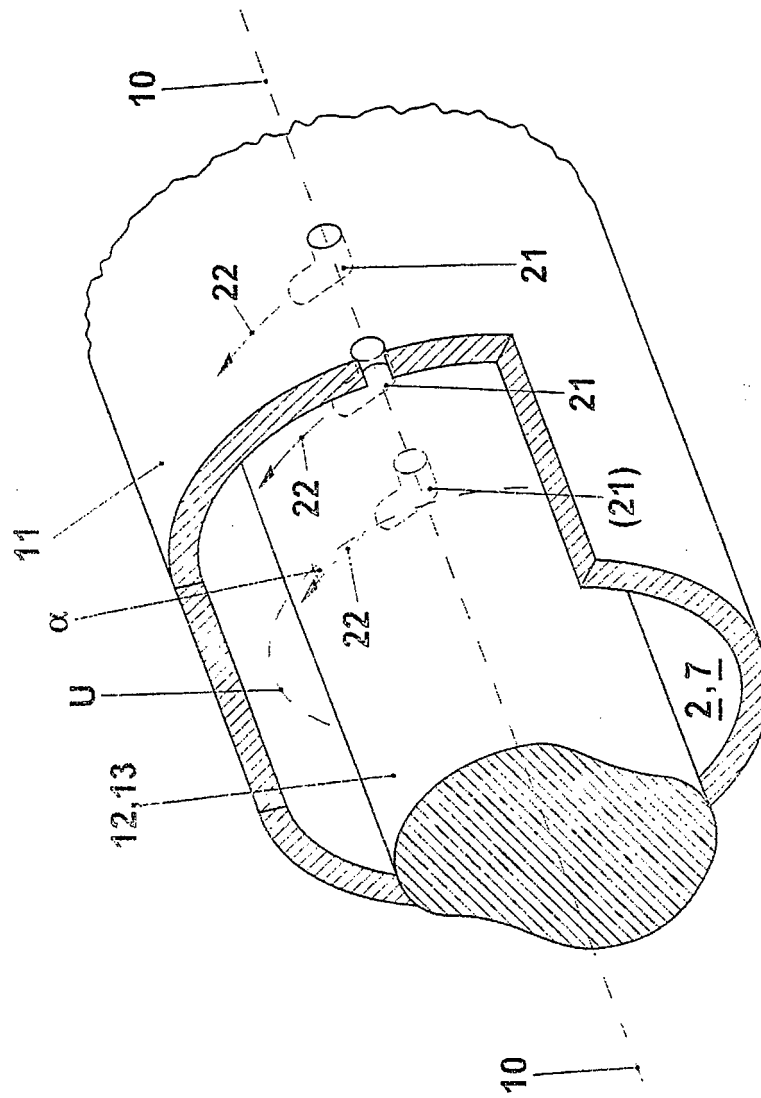


FIG. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 3793905 A [0002]
- US 4854120 A [0002]
- DE 507129 [0004]
- WO 0011324 A [0004]
- US 2650794 A [0005]
- EP 620362 A [0015]