

(72) Erfinder: **Wieghardt, Kai Dr.**
44869 Bochum (DE)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Dampf- und/oder Gasturbine, mit einer Laufschaufel tragenden Rotorwelle.

[0002] Rotoren der vorgenannten Art sind aus dem Stand der Technik an sich bekannt, weshalb es eines gesonderten druckschriftlichen Nachweises an dieser Stelle nicht bedarf.

[0003] Um den Rotor einer Strömungsmaschine in eine Drehbewegung zu versetzen, werden die an der Rotorwelle des Rotors angeordneten Laufschaufeln mit einem heißen Arbeitsgas beaufschlagt, welches beispielsweise im Falle einer Dampfturbine Dampf ist. Das den Rotor umströmende heiße Arbeitsgas bewirkt einen Wärmeeintrag in die Rotorwelle des Rotors, und zwar zum einen infolge eines direkten Kontaktes des heißen Arbeitsgases mit der Rotorwelle sowie zum anderen aufgrund der Erwärmung der an der Rotorwelle angeordneten Laufschaufeln.

[0004] Im Betrieb ist die Rotorwelle eines Rotors hohen Fliehkräften ausgesetzt, die mit steigender Temperatur der Rotorwelle zu hohen Tangentialspannungen und Kriechdehnungen führen können. Um mit dem Ziel einer Leistungs- und/oder Lebensdauersteigerung die auf die Rotorwelle einwirkende Materialbeanspruchung zu minimieren, ist es aus dem Stand der Technik dem Grunde nach bekannt, die Rotorwelle eines Rotors zu kühlen. Die zur Kühlung einer Rotorwelle bisher vorgeschlagenen Maßnahmen sind allerdings technisch aufwendig und/oder dazu ungeeignet, eine solche Kühlung der Rotorwelle zu bewirken, als dass hierdurch eine wirkliche Leistungs- und/oder Lebensdauersteigerung erreicht werden könnte.

[0005] So ist beispielsweise aus der EP-A 0 926 311 ein Rotor einer Strömungsmaschine bekannt geworden, dessen Rotorwelle nahe wenigstens eines Fußes einer an der Rotorwelle angeordneten Laufschaufel einen Hohlraum aufweist, der über wenigstens einen Durchführungs kanal mit dem rotorwellenseitig zugewandten Ende eines Fußes zu Kühlzwecken verbunden ist. Der Hohlraum ist zudem an ein Kühlsystem angeschlossen, mittels welchem der Hohlraum mit einem Kühlmedium versorgt wird.

[0006] Der mit der EP-A 0 926 311 vorgeschlagene Rotor ist in seiner konstruktiven Ausgestaltung äußerst aufwendig, da der in der Rotorwelle ausgebildete Hohlraum zum einen mit einem Kühlsystem sowie zum anderen mit einer der Anzahl der an der Rotorwelle angeordneten Laufschaufeln entsprechenden Anzahl an Durchtrittskanälen verbunden ist. Insofern ist die Herstellung eines solch ausgebildeten Rotors in nachteiliger Weise fertigungstechnisch aufwendig und nicht zuletzt kostenintensiv. Darüber hinaus wird die Stabilität der Rotorwelle aufgrund der Vielzahl der vorzusehenden Durchführungs kanäle beeinträchtigt. Ferner ist nicht zuletzt die mangelnde Effektivität der mit der EP-A 0 926

311 vorgeschlagenen Kühleinrichtung von Nachteil. Es findet nämlich vornehmlich eine Kühlung der Füße der an der Rotorwelle angeordneten Laufschaufeln statt. Der Hauptwärmeeintrag in die Rotorwelle geschieht jedoch nicht über die Laufschaufeln, sondern über das direkt an der Rotorwelle vorbeigeführte heiße Arbeitsgas. Der hierdurch bedingten Erwärmung der Rotorwelle kann die mit der EP-A 0 926 311 vorgeschlagene Kühleinrichtung nur bedingt entgegenwirken, weshalb es in nachteiliger Weise zu einer insgesamt nur unzufriedenstellenden Kühlung der Rotorwelle kommt.

[0007] Ausgehend vom vorerläuterten Stand der Technik ist es daher die Aufgabe der Erfindung, einen Rotor einer Strömungsmaschine zu schaffen, der die vorgenannten Nachteile überwindet und bei gleichzeitig einfachem Aufbau innerhalb eines erweiterten Anwendungsspektrums Verwendung finden kann.

[0008] Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung vorgeschlagen ein Rotor einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Dampf- und/oder Gasturbine, mit einer Laufschaufeln tragenden Rotorwelle, wobei die Rotorwelle einen zur die Rotorwelle umgebenden Atmosphäre abgeschlossenen Hohlraum aufweist, der sich in axialer Richtung der Rotorwelle in einem Bereich derselben erstreckt, der bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Rotors einen axialen Temperaturgradienten aufweist, und wobei der Hohlraum mit einem als Kühlmedium dienenden Fluid befüllt ist, das eine höhere Wärmekapazität als Luft aufweist.

[0009] Die Rotorwelle des erfindungsgemäßen Rotors weist einen Hohlraum auf, und zwar einen solchen, der zur Atmosphäre, die die Rotorwelle umgibt, abgeschlossen ist. "Abgeschlossen" im Sinne der Erfindung bedeutet, dass der Innenraum des Hohlraums an keine weiteren Zuführungs- oder Abführungsbohrungen und/oder Leitungen eines Kühlsystems angeschlossen ist, wie dies beim Rotor gemäß der EP-A 0 926 311 der Fall ist. Der Hohlraum nach dem erfindungsgemäßen Rotor stellt vielmehr einen Volumenraum dar, der mit einem als Kühlmedium dienenden Fluid befüllt ist, welches stets im Hohlraum verbleibt, das heißt ein Austausch des im Hohlraum befindlichen Fluids mit einem separat angeordneten Kühlsystem ist nicht vorgesehen. Allenfalls kann gemäß einem besonderen Vorteil der Erfindung eine Druckausgleichseinrichtung vorgesehen sein, wie sie im Weiteren noch beschrieben wird.

[0010] Die Besonderheit des erfindungsgemäßen Rotors liegt also in dem in der Rotorwelle ausgebildeten, abgeschlossenen Hohlraum, der mit einem als Kühlmedium dienenden Fluid befüllt ist, welches die den Hohlraum umgebenden, heißen Bereiche der Rotorwelle kühlt. Dabei erfolgt die Kühlung der Rotorwelle ausschließlich dadurch, dass das im abgeschlossenen Hohlraum befindliche Kühlmedium innerhalb des Hohlraumes zirkuliert und nicht etwa dadurch, dass ein Austausch des im Hohlraum befindlichen Kühlmediums mittels eines mit dem Hohlraum in strömungstechnischer Verbindung stehenden Kühlsystems vorgesehen wäre. Der er-

findungsgemäße Rotor erweist sich damit in seinem konstruktiven Aufbau als besonders einfach, was sowohl fertigungstechnisch als auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine vergleichsweise einfache Herstellung ermöglicht.

[0011] Erfindungsgemäß erstreckt sich der Hohlraum in axialer Richtung der Rotorwelle, und zwar in einem Bereich, der bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Rotors einen axialen Temperaturgradienten aufweist. Unter "axialen Temperaturgradienten" ist dabei das Temperaturgefälle in Längsrichtung der Rotorwelle gemeint, welches sich infolge des in Längsrichtung an der Rotorwelle vorbeiströmenden, heißen Arbeitsgases ergibt. Bei einer einflutigen Ausgestaltung des Rotors wird das heiße Arbeitsgas in Längsrichtung an der Rotorwelle vorbeigeführt, wobei sich das Arbeitsgas im Zuge der Vorbeiführung an der Rotorwelle abkühlt. Dies führt dazu, dass sich die Rotorwelle im Bereich des Einlasses des heißen Arbeitsgases stärker erwärmt als im Bereich des Auslasses des an der Rotorwelle vorbeigeführten Arbeitsgases. Zwischen Einlass- und Auslassbereich stellt sich also mit Bezug auf die Erwärmung der Rotorwelle ein Temperaturgefälle in Längsrichtung der Rotorwelle ein, das als axialer Temperaturgradient bezeichnet werden kann. Der erfindungsgemäß in der Rotorwelle ausgebildete Hohlraum erstreckt sich in axialer Richtung über vorzugsweise den gesamten Abschnitt der Rotorwelle, der infolge einer bestimmungsgemäßen Verwendung des Rotors einem axialen Temperaturgradienten unterfällt.

[0012] Das im Hohlraum befindliche Fluid wird radialaußenseitig infolge des Wärmeeintrags in die Rotorwelle erwärmt, was dazu führt, dass sich das Fluid ausdehnt, das heißt es verringert seine Dichte. In Richtung der Längsachse der Rotorwelle wird das Fluid radialaußenseitig aufgrund des in axialer Richtung verlaufenden Temperaturgradienten unterschiedlich stark erwärmt, das heißt es bildet sich in Entsprechung des axial verlaufenden Temperaturgradienten ein Dichtegefälle innerhalb des radialaußenseitig im Hohlraum befindlichen Fluids aus. Infolge des axialen Temperaturgradienten, das heißt des Temperaturgefälles und des sich hieraus ergebenden Dichteunterschiedes in axialer Richtung des sich radialaußenseitig im Hohlraum befindlichen Fluids entsteht eine Konvektionsströmung innerhalb des Hohlraums. Diese Konvektionsströmung hat eine automatische Zirkulation des sich im Hohlraum befindlichen Fluids zur Folge. Diejenigen Mengenanteile des Fluids, die eine vergleichsweise hohe Dichte aufweisen, werden aufgrund der hohen Zentrifugalbeschleunigung einer sich in Drehbewegung befindlichen Rotorwelle radial nach außen gedrückt. Dies hat zur Folge, dass sich diejenigen Teilmengen des Fluids, die aufgrund ihrer Erwärmung eine verringerte Dichte aufweisen, in Richtung zur Wellenachse der Rotorwelle befördert werden, wo sie entlang kälterer Bereiche der Rotorwelle vorbeigeführt und abgekühlt werden. Infolge der Abkühlung gewinnt das Fluid an Dichte und wird an der Hohlrauminnenwand

entlang aus den jeweils kälteren in die heißeren Bereiche der Rotorwelle befördert, wodurch eine Kühlwirkung infolge eines durch Konvektionswärme bedingten Zirkulationsstromes entsteht.

[0013] Als Kühlmedium dient erfindungsgemäß ein Fluid, das eine höhere Wärmekapazität als Luft aufweist. Als Fluid kommt insbesondere ein Gas, beispielsweise Wasserstoff oder ein Gasgemisch in Frage. Als Kühlmedium kann aber auch eine Flüssigkeit oder ein Flüssigkeitsgemisch eingesetzt werden. Ganz allgemein gilt, dass insbesondere kompressible Kühlmedien mit geringer Dichte von Vorteil sind, die gleichzeitig gute Wärmeübergangs- und/oder Kapazitäts-Eigenschaften aufweisen. Denkbar ist deshalb auch die Verwendung eines dampfförmigen Kühlmediums, wie zum Beispiel Wasserdampf, das im Kaltzustand in flüssiger und im Heißzustand in gasförmiger Phase vorliegt.

[0014] Die vorbeschriebene Ausgestaltung der Rotorwelle des erfindungsgemäßen Rotors bewirkt eine hervorragende Kühlung derselben. Die Konvektionsströmung des im Hohlraum der Rotorwelle befindlichen Fluids erfolgt aufgrund des außenumfangsseitig an der Rotorwelle anliegenden Temperaturgefälles automatisch, weshalb die Kühlung der Rotorwelle in vorteilhafter Weise autark, das heißt ohne Zufuhr oder Abfuhr eines Kühlmediums arbeitet. Die in die Rotorwelle integrierte Kühlung kühlt die Rotorwelle außenumfangsseitig ab, was es ermöglicht, den Rotor mit heißeren Arbeitsgasen zu beaufschlagen, als aus dem Stand der Technik bisher bekannt. Das Anwendungsspektrum des erfindungsgemäßen Rotors ist damit gegenüber aus dem Stand der Technik bekannten, herkömmlichen Rotoren erweitert, was mit Bezug auf den erfindungsgemäßen Rotor eine Leistungs- und/oder Lebensdauersteigerung in vorteilhafter Weise mit sich bringt.

[0015] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist innerhalb des Hohlraumes ein Verdrängungskörper in Form von Einbauten angeordnet. Durch diese Maßnahme lässt sich in Abhängigkeit der gewünschten Kühlleistung die Fluidmenge innerhalb des Hohlraumes verringern, so dass die durch das im Hohlraum befindliche Fluid auf den Rotor einwirkenden Fliehkräfte gering gehalten werden können. Die im Hohlraum befindliche Menge an Fluid kann also durch die Größe des optional im Hohlraum anzuordnenden Verdrängungskörpers eingestellt werden, wobei mit abnehmender Fluidmenge die auf den Rotor einwirkenden Fliehkräfte bei gleichzeitiger Abnahme der Kühlleistung verringert werden. Je nach Anwendungsfall ist also die Abwägung zwischen Kühlleistung einerseits und auf den Rotor einwirkende Fliehkräfte andererseits zu treffen.

[0016] Die im Hohlraum der Rotorwelle angeordneten Einbauten sind vorzugsweise wärmebeweglich gelagert. Etwaigen Verspannungen der Einbauten im Hohlraum durch unkontrollierte Wärmeausdehnung kann so entgegengewirkt werden. Zudem sind die Einbauten vorzugsweise aus einem porösen Material gebildet, wie zum Beispiel Keramik.

[0017] Erfindungsgemäß sind die Einbauten vorzugsweise rohrförmig ausgestaltet und selbsttragend. Sie verfügen an ihren jeweiligen Enden über geeignete radiale Öffnungen, um die Strömung des Fluids innerhalb des Hohlraumes nicht zu behindern.

[0018] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist der Hohlraum als Leitungssystem ausgebildet, welches sowohl radial als auch axial zur Rotorwelle verlaufende Bohrungen aufweist. So kann der Hohlraum beispielsweise durch ein Leitungssystem gebildet sein, das mehrere, radial verlaufende Bohrungen nahe der Außenoberfläche der Rotorwelle aufweist. Diese radialen Bohrungen sind über mehrere axial verlaufende Bohrungen strömungstechnisch mit einer oder mehreren weiteren radial verlaufenden Bohrungen verbunden, die beispielsweise im Bereich der Rotorwellenachse ausgebildet sind. Auf diese Weise entsteht ein geschlossenes Leitungssystem, durch welches das als Kühlmedium eingesetzte Fluid zwangsgeführt wird.

[0019] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung verfügt der Hohlraum über eine Druckausgleichseinrichtung. Das Vorsehen einer Druckausgleichseinrichtung kann insbesondere dann erforderlich werden, wenn das als Kühlmedium eingesetzte Fluid einen anderen Wärmeausdehnungskoeffizienten als der Rotorwellenwerkstoff aufweist. Eine solche Druckausgleichseinrichtung kann erfindungsgemäß auf zweierlei unterschiedliche Arten ausgebildet sein. Gemäß einer ersten Alternative kann vorgesehen sein, den Hohlraum mittels einer axialen Bohrung strömungstechnisch mit der die Rotorwelle umgebenden Atmosphäre zu verbinden. Um zu vermeiden, dass das im Hohlraum befindliche Fluid unkontrolliert über diese Axialbohrung an die die Rotorwelle umgebende Atmosphäre abgegeben wird, ist diese zum Zwecke des Druckausgleiches vorzusehende Axialbohrung atmosphärenseitig mit einem überdruckempfindlichen Verschlusskolben zu verschließen. Im Normalzustand ist die zum Zwecke des Druckausgleiches vorgesehene Axialbohrung also atmosphärenseitig dicht abgeschlossen. Kommt es infolge der Erwärmung des im Hohlraum angeordneten Fluids zu einem kritischen Druckanstieg innerhalb des Hohlraums, so öffnet sich der die Axialbohrung verschließende Verschlusskolben, was einen Druckausgleich bewirkt. Der Verschlusskolben kann federbelastet innerhalb der Axialbohrung angeordnet sein und insofern nach Art eines Überdruckventils fungieren.

[0020] Für den Fall, dass sich innerhalb des Hohlraumes ein Verdrängungskörper in Form von Einbauten befindet, kann gemäß einer zweiten alternativen Ausgestaltungsform der Druckausgleichseinrichtung vorgesehen sein, dass die den Verdrängungskörper bildenden Einbauten hohl ausgebildet sind und einen Druckausgleichsraum zur Verfügung stellen. Kommt es im Hohlraum zu einem kritischen Überdruck, so kann zur Absenkung des Drucks Fluid in die hohl ausgebildeten Einbauten einströmen. Sinkt der Druck innerhalb des Hohlraumes wieder, so kann die von den Einbauten aufgenom-

mene Fluidmenge zurück an den Hohlraum abgegeben werden. Diese Ausgestaltung der Druckausgleichseinrichtung ist bevorzugt, da es keiner axialen Bohrung zur strömungstechnischen Verbindung des Hohlraumes mit der der Rotorwelle umgebenden Atmosphäre bedarf.

[0021] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist vorgesehen, dass die Rotorwelle über zwei Hohlräume der vorgenannten Art verfügt, die mittels einer Trennwand voneinander separiert sind. Die Ausbildung zweier Hohlräume bietet sich insbesondere bei einer zweiflutigen Ausgestaltung der Rotorwelle an.

[0022] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

Fig. 1 in schematischer Seitenansicht einen erfindungsgemäßen Rotor mit einer einflutigen Rotorwelle und

Fig. 2 in einer schematischen Seitenansicht einen erfindungsgemäßen Rotor mit einer zweiflutigen Rotorwelle.

[0023] Fig. 1 zeigt in schematischer Seitenansicht einen erfindungsgemäßen Rotor 1. Der in Fig. 1 dargestellte Rotor 1 verfügt über eine Rotorwelle 2, die um die Wellenachse 3 drehbar gelagert ist. Die Rotorwelle 2 trägt in der Fig. 1 nicht dargestellte Laufschaufeln, wobei die Rotorwelle 2 zwecks Anordnung der Laufschaufeln umlaufende Nuten 4 trägt, von denen in Fig. 1 beispielhaft zwei gezeigt sind. Im montierten Zustand des Rotors 1 greifen in diese umlaufende Nuten 4 die Füße der in Fig. 1 nicht dargestellten Laufschaufeln ein.

[0024] Bei einer bestimmungsgemäßen Verwendung des Rotors 1 werden die Laufschaufeln und damit auch die Rotorwelle 2 mit einem heißen Arbeitsgas beaufschlagt, welches über den Eintritt 5 in den Rotor 1 eingeleitet wird. Das über den Eintritt 5 in den Rotor 1 gelangende heiße Arbeitsgas durchströmt den Rotor 1 in Längsrichtung 8 der Rotorwelle 2, und zwar mit Bezug auf die Zeichnungsebene nach Fig. 1 von rechts nach links. Der Strömungsweg des heißen Arbeitsgases ist in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 7 gekennzeichnet. Nach einem Durchströmen des Rotors 1 verlässt das heiße Arbeitsgas den Rotor 1 am Austritt 6.

[0025] Infolge der Durchströmung des Rotors 1 mit einem heißen Arbeitsgas erwärmt sich die Rotorwelle 2. Die Erwärmung der Rotorwelle 2 im Bereich des Eintritts 5 ist am größten, wohingegen die Erwärmung der Rotorwelle 2 im Bereich des Austritts 6 am geringsten ist. Über den Strömungsweg 7 ergibt sich also in axialer Richtung der Rotorwelle 2, das heißt in Längsrichtung 8, und zwar mit Bezug auf die Zeichnungsebene nach Fig. 1 von rechts nach links ein Temperaturgefälle zwischen Eintritt 5 einerseits und Austritt 6 andererseits. Die Rotorwelle 2 wird also mit Bezug auf ihre Längserstreckung unterschiedlich erwärmt, so dass sich ausgehend vom Eintritt 5 in Richtung auf den Austritt 6 ein axialer Temperatur-

gradient einstellt.

[0026] Erfindungsgemäß verfügt die Rotorwelle 2 über einen Hohlraum 9. Dieser Hohlraum 9 ist mit einem als Kühlmedium dienenden Fluid befüllt, welches beispielsweise gasförmig sein kann. Als gasförmiges Fluid kommt insbesondere Wasserstoff in Betracht.

[0027] Das im Hohlraum 9 befindliche Fluid wird an der radial außenliegenden Begrenzungswand des Hohlraums 9 erwärmt, und zwar in Abhängigkeit des in die Rotorwelle 2 erfolgten Temperatureintrages. Infolge der Erwärmung dehnt sich das im Hohlraum 9 befindliche Fluid aus, was zu einer Verringerung der Dichte der erwärmten Fluidmengenanteile führt. Dabei stellt sich aufgrund des an der Rotorwelle 2 anliegenden, axialen Temperaturgradienten ein Dichteunterschied in dem im Hohlraum 9 befindlichen Fluid ein, und zwar entlang der Innenoberfläche der den Hohlraum 9 zur die Rotorwelle 2 umgebenden Atmosphäre abgrenzenden Wandung. Aufgrund des Temperaturgefälles und des sich hieraus ergebenden Dichteunterschiedes in dem im Hohlraum 9 befindlichen Fluid stellt sich eine Konvektionsströmung, das heißt eine Fluidströmung 10 automatisch ein. Im einzelnen dehnt sich das im heißen Bereich der Rotorwelle 2 befindliche Fluid aus, das heißt es verringert seine Dichte und wird durch die hohe Zentrifugalbeschleunigung zur Wellenachse 3 und dort entlang in kältere Bereiche der Wellenachse 2, in denen sich Wärmesenken 15 befinden, befördert. In den Wärmesenken 15, die sich im Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 stirnseitig des Hohlraumes 9 befinden, kühlt sich das im Hohlraum 9 befindliche Fluid ab, gewinnt an Dichte und wird an der Hohlrauminnenwand entlang aus den jeweils kälteren in die heißeren Bereiche befördert, wodurch eine automatische Kühlzirkulation mit Kühlwirkung für die radialaußenseitig liegende Wand des Hohlraumes 9 entsteht.

[0028] Fig. 2 zeigt in einer schematischen Seitenansicht einen Rotor mit einer zweiflutigen Rotorwelle 2. Im Unterschied zur Ausgestaltungsform nach Fig. 1 wird die Rotorwelle 2 bzw. werden die an der Rotorwelle 2 angeordneten und in Fig. 2 nicht gezeigten Laufschaufeln mit einem heißen Arbeitsgas beaufschlagt, welches über den Eintritt 5 in den Rotor 1 gelangt. Das über den Eintritt 5 in den Rotor 1 gelangende heiße Arbeitsgas wird in zwei Teilströme aufgeteilt, wobei mit Bezug auf die Zeichnungsebene nach Fig. 2 ein Teilstrom ausgehend vom Eintritt 5 von rechts nach links und ein Teilstrom ausgehend vom Eintritt 5 von links nach rechts strömt. Das den Rotor 1 durchströmende heiße Arbeitsgas verlässt denselben mit Bezug auf die Zeichnungsebene nach Fig. 2 sowohl links- als auch rechtsseitig über die Austritte 6.

[0029] In Entsprechung der zweiflutigen Ausgestaltung der Rotorwelle 2 verfügt diese über zwei Hohlräume 9, in denen sich zum Zwecke der Kühlung der Rotorwelle 2 jeweils ein Fluid befindet. Die beiden Hohlräume 9 sind durch eine Trennwand 17 voneinander separiert, weshalb der in der Zeichnungsebene nach Fig. 2 linke Hohlraum 9 zur Kühlung der Rotorwelle 2 im linken Bereich und der mit Bezug auf die Zeichnungsebene nach Fig. 2

rechte Hohlraum 9 zur Kühlung der Rotorwelle 2 im rechten Bereich dient.

[0030] Die in der Rotorwelle 2 ausgebildeten Hohlräume 9 können je nach Anwendungsfall unterschiedlich ausgebildet sein, was die in Fig. 2 dargestellte Rotorwelle 2 exemplarisch zeigt. So ist der mit Bezug auf die Zeichnungsebene nach Fig. 2 linke Hohlraum 9 als Leitungssystem 18 ausgebildet. Dieses Leitungssystem 18 ist aus Radialbohrungen 13 sowie Axialbohrungen 14 gebildet, die für das im Hohlraum 9 befindliche Fluid ein geschlossenes Kreislaufsystem zur Verfügung stellen. In diesem Kreislaufsystem wird das im Hohlraum 9 befindliche Fluid zwangsgeführt. Die Funktionsweise der Kühlung entspricht auch bei dieser Ausgestaltung des Hohlraumes 9 derjenigen, wie sie zuvor anhand von Fig. 1 beschrieben ist. Auch hier wird der Bereich 16 der Rotorwelle 2, der einem axialen Temperaturgradienten unterliegt, gekühlt.

[0031] Der in der Zeichnungsebene nach Fig. 2 rechte Hohlraum 9 ist zum Zwecke der anschaulichen Darstellung der Erfindung in anderer Weise ausgebildet, als der mit Bezug auf die Zeichnungsebene nach Fig. 2 linke Hohlraum 9. Der mit Bezug auf die Zeichnungsebene nach Fig. 2 rechte Hohlraum 9 entspricht in seiner Ausgestaltung demjenigen Hohlraum 9 nach Fig. 1. Im Unterschied zur Ausgestaltung nach Fig. 1 sind im rechten Hohlraum 9 nach Fig. 2 zwei Einbauten 11 angeordnet, die als Verdrängungskörper dienen. Auf diese Weise kann die Menge an im Hohlraum 9 befindlichen Fluid reduziert werden, was die durch das Fluid initiierten und auf den Rotor 1 einwirkenden Fliehkräfte reduzieren hilft. Die Einbauten 11 bestehen aus einem porösen Material und sind vorzugsweise mittels wärmebeweglicher Lagerungen 12 innerhalb des Hohlraums 9 angeordnet. Wie aus Fig. 2 zu erkennen ist, entsteht durch die im Hohlraum 9 angeordneten Einbauten 11 eine Art Leitungssystem, durch welches das im Hohlraum 9 befindliche Fluid hindurchströmt. Zum Zwecke eines möglicherweise erforderlich werdenden Druckausgleiches können die Einbauten 11 auch zumindest teilweise hohl ausgeführt sein und einen Volumenraum zum Zwecke des Druckausgleiches zur Verfügung stellen. Steigt der Druck innerhalb des Hohlraumes 9 über ein kritisches Maß, so strömt das im Hohlraum 9 befindliche Fluid zumindest teilweise in die von den Einbauten 11 bereitgestellten Druckausgleichsvolumina. Im Falle einer Druckverminderung können dann die von den Einbauten 11 aufgenommenen Mengenanteile des im Hohlraum 9 befindlichen Fluids an den Hohlraum 9 zurück abgegeben werden.

[0032] Der anhand der Figuren 1 und 2 exemplarisch erläuterte Rotor 1 zeichnet sich durch seine einfache und robuste Form der Rotorwellenkühlung durch Temperaturengleich aus. Das Kühlkonzept ist komplett intern, das heißt innerhalb der Rotorwelle 2 angeordnet. Die Funktion des Kühlkonzeptes ist gewährleistet, sobald ein Temperaturgradient vorhanden ist. Der erfindungsgemäße Rotor zeichnet sich durch seinen stabilen Aufbau aus, denn fehlt es ihm an Radialbohrungen, wie diese

zur Kühlung der Füße der an der Rotorwelle angeordneten Laufschaufeln mit der EP-A 0 926 311 vorgeschlagen werden. Insofern ist der erfindungsgemäße Rotor 1 wesentlich unempfindlicher gegenüber Kerbwirkungen.

[0033] Das mit dem erfindungsgemäßen Rotor 1 vorgeschlagene Kühlkonzept bewirkt eine außerordentlich effektive Kühlung der Rotorwelle, was es ermöglicht, die Dampfstände bei gegebenem Wellenwerkstoff zu erhöhen bzw. Kriechschädigungen zu reduzieren. Durch die Kühlung der kritischen Bereiche der Rotorwelle 2 lässt sich die für die mechanische Auslegung relevante Standfestigkeit der Welle um einen Faktor größer 2 erhöhen. Damit ist das Anwendungsspektrum für den erfindungsgemäßen Rotor 1 erhöht, wobei der erfindungsgemäße Rotor 1 für alle Typen von Dampfturbinen eingesetzt werden kann. Zudem wird der zur Kühlung in der Einströmung entzogene Wärmestrom dem Dampf im weiteren Expansionsverlauf wieder zugeführt. Gleiches gilt für Reibungsverluste aus der Umwälzung des Fluids. Darüber hinaus lassen sich mit geeigneten Einbauten 11 Torsionsschwingungen in vorteilhafter Weise abdämpfen.

Patentansprüche

1. Rotor einer Strömungsmaschine, insbesondere einer Dampf- und/oder Gasturbine, mit einer Laufschaufeln tragenden Rotorwelle (2), wobei die Rotorwelle (2) einen zur die Rotorwelle (2) umgebenden Atmosphäre abgeschlossenen Hohlraum (9) aufweist, der sich in axialer Richtung (8) der Rotorwelle (2) in einem Bereich (16) derselben erstreckt, der bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Rotors (1) einen axialen Temperaturgradienten aufweist, und wobei der Hohlraum (9) mit einem als Kühlmedium dienenden Fluid befüllt ist, das eine höhere Wärmekapazität als Luft aufweist. 30
2. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid ein Gas oder ein Gasgemisch ist. 40
3. Rotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fluid eine Flüssigkeit oder ein Flüssigkeitsgemisch ist. 45
4. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb des Hohlraums (9) Verdrängungskörper in Form von Einbauten (11) angeordnet sind. 50
5. Rotor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einbauten (11) wärmebeweglich gelagert sind. 55

6. Rotor nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einbauten (11) aus einem porösen Material, vorzugsweise Keramik bestehen. 5
7. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum (9) als Leitungssystem (18) ausgebildet ist. 10
8. Rotor nach Anspruch (7), **dadurch gekennzeichnet, dass** das Leitungssystem (18) sowohl radial als auch axial zur Rotorwelle (2) verlaufende Bohrungen (13, 14) aufweist. 15
9. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hohlraum (9) über eine Druckausgleichseinrichtung verfügt. 20
10. Rotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** zwei Hohlräume (9), die mittels einer Trennwand (17) voneinander separiert sind. 25

FIG 1

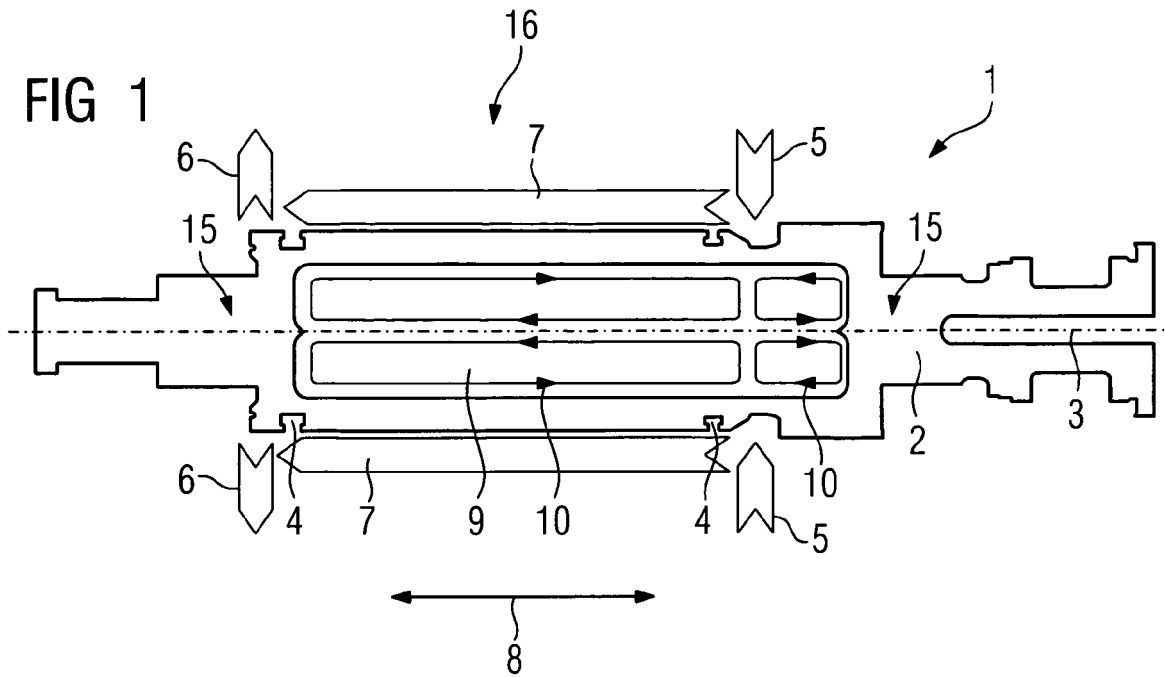
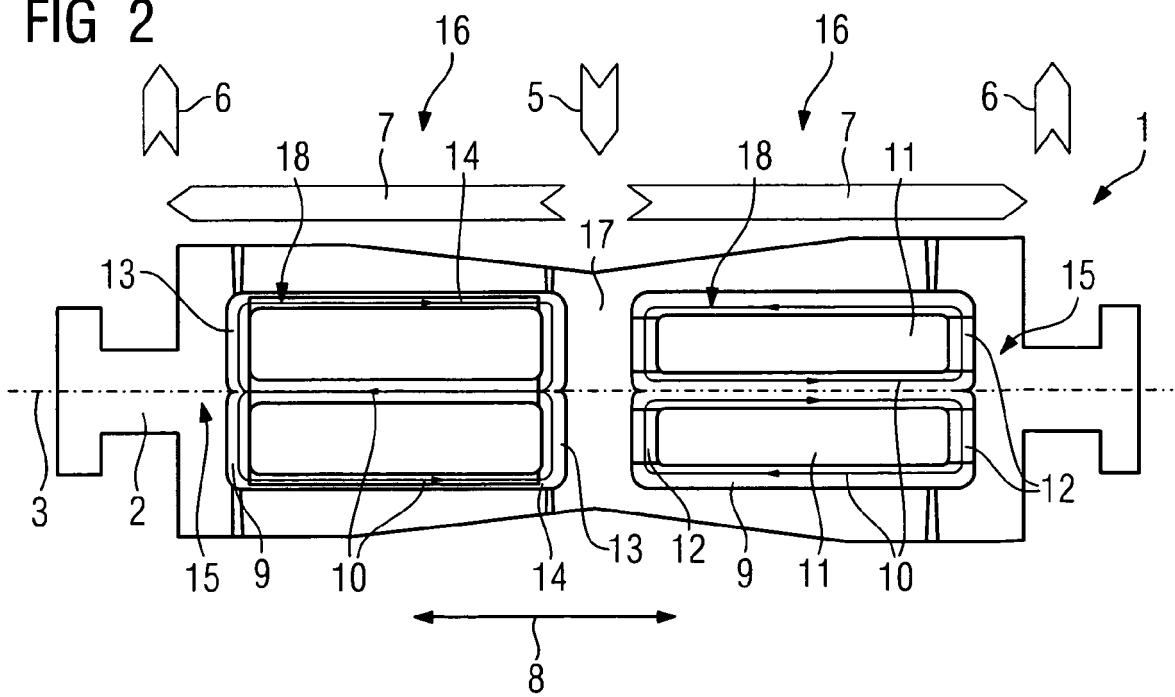


FIG 2





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	NL 80 867 C (LAQUEVILLE) 15. März 1956 (1956-03-15)	1,3-5	INV. F01D5/08
Y	* Spalte 2, Zeile 16 - Spalte 3, Zeile 16 * * Abbildung 1 *	7-9	
X	US 2 635 805 A (BAUMANN HANS) 21. April 1953 (1953-04-21) * Spalte 3, Zeile 18 - Zeile 74 * * Abbildungen 1,3,4 *	1,2,10	
X	EP 0 500 972 A (ASEA BROWN BOVERI AG) 2. September 1992 (1992-09-02) * Spalte 2, Zeile 33 - Spalte 3, Zeile 41 * * Abbildungen 1-4 *	1-4	
X	US 5 954 478 A (STICKLER ET AL) 21. September 1999 (1999-09-21) * Spalte 4, Zeile 62 - Spalte 5, Zeile 3 * * Spalte 6, Zeile 61 - Spalte 7, Zeile 44 * * Abbildung 3 *	1,3-6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	DE 863 391 C (DAIMLER-BENZ AKTIENGESELLSCHAFT) 15. Januar 1953 (1953-01-15) * Seite 1, Zeile 25 - Seite 2, Zeile 18 * * Seite 2, Zeile 38 - Zeile 68 *	1,3,4,10	F01D
X	DE 333 211 C (AKTIENGESELLSCHAFT BROWN; BOVERI & CIE) 19. Februar 1921 (1921-02-19) * Seite 1, Zeile 10 - Seite 2, Zeile 12 * * Abbildung 1 *	1,3	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 12. April 2006	Prüfer Steinhauser, U
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 02 4742

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 865 839 C (SCHMIDT ERNST DR.-ING) 5. Februar 1953 (1953-02-05) * Seite 2, Zeile 32 - Zeile 44 *	1,3,4	
X	GB 628 228 A (AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERIE & CIE) 24. August 1949 (1949-08-24) * Seite 2, Zeile 20 - Zeile 47 *	1,2,10	
Y	FR 1 117 699 A (THE PARSONS AND MARINE ENGINEERING TURBINE RESEARCH AND DEVELOPMENT AS) 25. Mai 1956 (1956-05-25) * Seite 2, rechte Spalte, Zeile 4 - Zeile 8 *	7,8	
Y	DE 10 38 839 B (BADISCHE ANILIN- & SODA-FABRIK AKTIENGESELLSCHAFT) 11. September 1958 (1958-09-11) * Spalte 4, Zeile 35 - Zeile 41 *	9	
A	FR 897 710 A (VORKAUF) 29. März 1945 (1945-03-29) * Seite 3, Zeile 103 - Seite 4, Zeile 56 *	9	
A	US 3 842 596 A (GRAY V,US) 22. Oktober 1974 (1974-10-22) * Spalte 2, Zeile 39 - Zeile 55 *	6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		12. April 2006	Steinhauser, U
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 05 02 4742

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

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-04-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
NL 80867	C	KEINE	
US 2635805	A	21-04-1953	KEINE
EP 0500972	A	02-09-1992	KEINE
US 5954478	A	21-09-1999	AU 4979997 A 02-04-1998 DE 69720476 D1 08-05-2003 DE 69720476 T2 24-12-2003 EP 0925425 A1 30-06-1999 JP 2001501695 T 06-02-2001 WO 9811326 A1 19-03-1998 US 5857836 A 12-01-1999
DE 863391	C	15-01-1953	KEINE
DE 333211	C	19-02-1921	KEINE
DE 865839	C	05-02-1953	KEINE
GB 628228	A	24-08-1949	KEINE
FR 1117699	A	25-05-1956	KEINE
DE 1038839	B	11-09-1958	KEINE
FR 897710	A	29-03-1945	KEINE
US 3842596	A	22-10-1974	AU 3109671 A 18-01-1973 CA 964642 A1 18-03-1975 GB 1361047 A 24-07-1974

EPO FORM P0461

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

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

- EP 0926311 A [0005] [0006] [0006] [0006] [0009]
[0032]