



(11)

EP 1 734 230 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.12.2006 Patentblatt 2006/51

(51) Int Cl.:
F01D 11/00 (2006.01) F01D 11/02 (2006.01)
F01D 11/12 (2006.01) F16J 15/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 05012662.2

(22) Anmeldetag: 13.06.2005

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

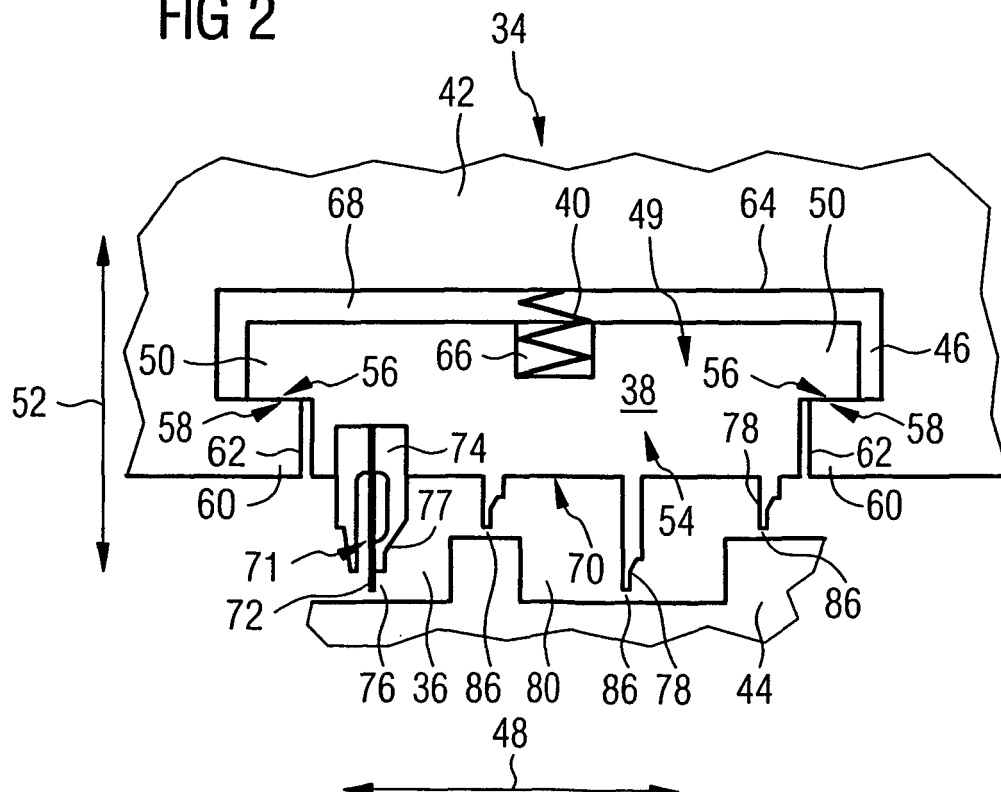
(72) Erfinder:
• Brück, Stefan, Dr.
45470 Mühlheim an der Ruhr (DE)
• Kleinhaus, Michael
45472 Mühlheim an der Ruhr (DE)
• Walkenhorst, Jan, Dr.
45479 Mühlheim an der Ruhr (DE)
• de Lazzer, Armin, Dr.
45479 Mühlheim an der Ruhr (DE)

(54) Thermische Strömungsmaschine

(57) Eine thermische Strömungsmaschine, insbesondere eine Dampfturbine, mit einem Rotor und mit einem Stator, mit einem zwischen dem Rotor und dem Stator liegenden und von einem Strömungsmedium durchströmten Leckageraum, und mit einem eine Bürstendichtung bildenden Borstenkranz zur Abdichtung des Leckageraumes, wobei der Borstenkranz eine Anzahl von Bor-

stenpaketen umfasst, soll bei einfach gehaltener Bauweise für einen möglichst wartungsfreien und sicheren Betrieb ausgelegt sein. Dazu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Borsten eines oder aller Borstenpakete an jeweils einem sich über eine Anzahl von Feder-elementen an einer Rotorkomponente oder an einer Statorkomponente abstützenden Dichtungsträgerelement befestigt sind.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine thermische Strömungsmaschine, insbesondere eine Dampfturbine, mit einem Rotor und mit einem Stator, mit einem zwischen dem Rotor und dem Stator liegenden und von einem Strömungsmedium durchströmten Leckageraum, und mit einem eine Bürstendichtung bildenden Borstenkranz zur Abdichtung des Leckageraumes, wobei der Borstenkranz eine Anzahl von Borstenpaketen umfasst.

[0002] Zu den thermischen Strömungsmaschinen werden Dampf- und Gasturbinen sowie Rotationsverdichter und Strahltriebwerke gezählt. Diese weisen üblicherweise einen von einem fest stehenden Gehäuse umgebenen drehbar gelagerten Rotor auf. Die fest stehenden Baugruppen einer thermischen Strömungsmaschine werden zusammenfassend auch als Stator bezeichnet. Zwischen dem Rotor und dem Stator ist ein in axialer Richtung der Strömungsmaschine verlaufender Strömungskanal für ein kompressibles Strömungsmedium angeordnet. An dem Rotor sind üblicherweise in den Strömungskanal hineinragende und zu Schaufelgruppen oder Schaufelreihen zusammengefasste Laufschaufeln befestigt. Im Falle einer Kraftmaschine, wie etwa einer Dampfturbine, dienen die Laufschaufeln zum Antrieb der Rotorwelle durch Impulsübertrag aus einem heißen und unter Druck stehenden Strömungsmedium, z. B. in Form von Dampf. Die thermische Energie des Strömungsmediums wird also bei dessen Entspannung in mechanische Energie umgewandelt, die beispielsweise zum Antrieb eines elektrischen Generators genutzt werden kann. Im Falle eines zu den Arbeitsmaschinen zählenden Rotationsverdichters wird umgekehrt die Rotorwelle z. B. durch einen Elektro- oder Verbrennungsmotor oder auf andere Weise angetrieben. Die rotorseitig angeordneten Laufschaufeln dienen dabei zur Komprimierung des im Strömungskanal befindlichen Strömungsmediums, das sich bei diesem Vorgang zugleich erwärmt. Es wird also mechanische Energie in thermische Energie des Strömungsmediums umgewandelt. Bei einer Gasturbine sind eine Verdichtereinheit und eine Turbineneinheit auf einer gemeinsamen Welle angeordnet. Der Verdichter, auch Kompressor genannt, saugt kalte Umgebungsluft an, verdichtet sie und führt sie dann einer Brennkammer zu, wo sie zusammen mit einem eingespritzten Brennstoff verbrannt wird. Die heißen Verbrennungsgase strömen schließlich unter hohem Druck und mit hoher Geschwindigkeit in die Turbineneinheit und treiben diese an. Ein Teil der so erzeugten mechanischen Energie wird zum Antrieb des Verdichters genutzt. Der verbleibende Teil steht als nutzbare Energie zur Verfügung. Ein Strahltriebwerk schließlich ist ähnlich aufgebaut wie eine Gasturbine, weist jedoch eine zusätzliche Düse für den austretenden Abgasstrom auf und ist in erster Linie zur Schuberzeugung und nicht zur Erzeugung einer Rotationsbewegung bzw. eines Drehmoments ausgelegt. Sofern im Folgenden von einer Turbine die Rede ist, sollen auch die anderen Typen von thermischen Strömungsmaschi-

nen umfasst sein, sofern nicht aus dem Zusammenhang ausdrücklich etwas anderes hervorgeht.

[0003] Neben den rotorseitig angebrachten Laufschaufeln kann eine thermische Strömungsmaschine auch noch am Stator angeordnete und in den Strömungskanal hineinragende Leitschaufeln aufweisen. Die Leitschaufeln sind üblicherweise ebenfalls zu Schaufelgruppen oder Schaufelreihen zusammengefasst. Entlang des Strömungsweges sind die Laufschaufelreihen und die Leitschaufelreihen in der Regel alternierend angeordnet. Die Leitschaufeln dienen dabei zur geeigneten Strömungsführung des Strömungsmediums zwischen zwei aufeinanderfolgenden Laufschaufelreihen. Eine aufeinanderfolgende Einheit von einer Laufschaufelreihe und einer Leitschaufelreihe wird auch als Stufe, sprich bei einer Turbine als Turbinenstufe und bei einem Verdichter als Verdichterstufe, bezeichnet. Die gesamte Anordnung der Schaufeln einer Strömungsmaschine bzw. einer Turbine wird auch Beschauelung genannt.

[0004] Der Wirkungsgrad einer thermischen Strömungsmaschine wird insbesondere durch Leckageverluste begrenzt. Derartige Verluste treten beispielsweise auf, wenn das Strömungsmedium von seinem vorgesehenen Strömungsweg im Schaufelpfad abweichend über die Schaufelspitzen der Leitschaufeln oder der Laufschaufeln hinwegströmt oder durch zwischen der Rotorwelle und dem umliegenden Gehäuse befindliche Spalte in die Umgebung entweicht. In thermischen Strömungsmaschinen müssen daher zur Verringerung der Leckageverluste an verschiedenen Stellen zwischen den fest stehenden und den rotierenden Bauteilen, also in der Regel zwischen dem Rotor und den umliegenden Gehäusekomponenten, Dichtungen in den üblicherweise ringförmigen Leckageräumen angeordnet werden. Unter der Randbedingung, dass gewisse radiale und axiale Relativbewegungen von Gehäuse und Rotor gegeneinander, z. B. in Folge unterschiedlicher thermischer Ausdehnung während des Betriebs der Strömungsmaschine, zu berücksichtigen sind, kommen zum Zweck der Abdichtung in der Regel verschiedene Formen berührungsloser Dichtungen zum Einsatz.

[0005] Die auch als Labyrinthdichtungen bezeichneten "klassischen" Wellendichtungen sind verhältnismäßig einfach aufgebaut und funktionieren zumindest im Prinzip ohne nennenswerten Verschleiß über lange Betriebszeiten. Sie beruhen auf folgendem Prinzip: Die in der Art von Ringblenden in eine oder mehrere Komponenten des fest stehenden und/oder des rotierenden Turbinenteils eingebauten und in den Leckagespalt hineinragenden Dichtlippen oder Dichtringe erzeugen Drosselstellen, deren Drosselwirkung eine Reduktion des Leckagestromes bewirkt. Durch die Hintereinanderschaltung mehrerer Profilblenden, die auf diese Weise dem Leckageraum in mehrere Wirbelkammern unterteilen, und gegebenenfalls durch eine gestufte oder verzahnte Ausführung der Labyrinthdichtung kann der Leckstrom noch weiter herabgesetzt werden. Wegen der verhältnismäßig großen Radial- und Axialbewegungen der Welle und

auch des Gehäuses sind aber dennoch vergleichsweise große Restspalte erforderlich, so dass die den Wirkungsgrad der Strömungsmaschine begrenzenden Leckgasraten immer noch recht groß sind.

[0006] Um die Spalte so klein wie möglich zu halten, lässt man gelegentlich auch zu, dass die Dichtstreifen in einen verschleißfähigen Gegenring einschneiden. Dieser kann beispielsweise aus einer Nickel-Graphit-Legierung oder einer metallischen oder keramischen Wabenstruktur bestehen. Solche Konstruktionen funktionieren befriedigend, wenn zwischen dem Rotor und dem Stator zeitweilige thermische Dehnungsdifferenzen auftreten. Bei modernen Hochleistungs-Strömungsmaschinen gibt es aber außer den zeitlich verschieden verlaufenden thermischen Ausdehnungen der Bauteile auch noch beträchtliche radiale Auslenkungen durch hohe Radialbeschleunigungen des Rotors sowie schubbedingte Biegungen des Gehäuses. Schneiden die Dichtstreifen dabei sehr tief in die Gegenringe ein, führt dies zu einer Verschlechterung des Dichtverhaltens. Außerdem bergen derartige Anstreifvorgänge immer wieder die Gefahr größerer Maschinenschäden, wenn sich z. B. größere Bruchstücke von den Dichtringen ablösen und mit hoher Geschwindigkeit gegen die Komponenten der nachfolgenden Turbinenstufen geschleudert werden.

[0007] Zur Erreichung kleiner Betriebsspalte, selbst wenn die Bauteile größere radiale Bewegungen gegeneinander ausführen, sind zudem Konzepte bekannt, bei denen so genannte federnde Dichtsegmente für Labyrinthdichtungen zum Einsatz kommen. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass federnd gelagerte und daher in radialer Richtung nachgiebige Elemente zur Aufnahme der Dichtlippen oder Dichtringe verwendet werden. Aber auch bei dieser Variante können konstruktiv bedingt nicht beliebig kleine Radialspiele realisiert werden. Zudem nutzen sich die Dichtlippen bei wiederholtem Kontakt, d. h. bei erzwungenem Einfedern der Dichtsegmente, ab, wodurch deren Dichtwirkung abnimmt. Überdies vergrößern die zur Realisierung der federnden Dichtsegmente vorgesehenen Federelemente den ohnehin schon für die Drossellabyrinth erforderlichen, vergleichsweise großen Einbauraum.

[0008] Zur Vermeidung der genannten Probleme wurde als alternatives Dichtungskonzept für Strömungsmaschinen die Bürstendichtung entwickelt: Eine Bürstendichtung besteht dabei aus einem Borstenkranz, der der sich aus einem oder mehreren Borstenpaketen zusammensetzen kann, wobei die Borsten des jeweiligen Borstenpaketes direkt in einer den Leckagespalt oder Leckagekanal begrenzenden Rotorkomponente oder Statorkomponente verankert sind. Die dicht gepackt an der jeweiligen Turbinenkomponente fixierten Borsten überbrücken die Distanz zwischen dem fest stehenden und dem rotierenden Bauteil, liegen also mit ihrem freien Ende zumindest während des Betriebs der Strömungsmaschine an der gegenüberliegenden Turbinenkomponente an und schleifen an ihr. Dadurch entsteht eine äußerst effektive Dichtung mit sehr kleinen verbleibenden Lek-

kageströmen. Die den Borsten eigene Nachgiebigkeit erlaubt ihnen, bei Radialbewegungen der beiden Komponenten gegeneinander bis zu einem gewissen Grad elastisch nachzugeben. Eine um bis zu 45° zur Rotationsrichtung geneigte Anordnung der Borsten reduziert dabei die Knickgefahr. Ein wesentlicher Vorteil der Bürstendichtungen besteht außerdem in ihrem geringen Einbauraumbedarf. Dadurch kann eine Strömungsmaschine, insbesondere eine Dampfturbine, ausgesprochen kompakt ausgeführt werden, was den Materialbedarf verringert. Die Materialkosten spielen gerade bei einer für höchste Dampfzustände ausgelegten Dampfturbine, bei der die mit dem heißen Dampf in Kontakt tretenden Großkomponenten aus einem hochwarmfesten Werkstoff gefertigt werden müssen, eine entscheidende Rolle bei einer die Herstellungskosten mit einschließenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

[0009] Jedoch weisen auch die Bürstendichtungen Nachteile auf: Auch Bürstendichtungen können nämlich konstruktionsbedingt nur begrenzte radiale Relativbewegungen zwischen den Komponenten ertragen. Werden die Relativbewegungen zu groß, so besteht die Gefahr einer Beschädigung und eines nachfolgenden Verlustes an Dichtwirkung. Dieser ist signifikant, da bei Beschädigung der Bürstendichtung die Dichtwirkung nahezu vollständig verloren gehen kann. Die frei beweglichen Abschnitte der Borsten lassen sich auch nicht beliebig lang ausführen. Im Hinblick auf die Druckbelastbarkeit der Bürstendichtung und zur Vermeidung einer durch den Strömungsdruck des Strömungsmediums hervorgerufenen Flatterneigung der Borsten, die ebenfalls mit einem Verlust an Dichtwirkung verbunden ist, wird die Höhe des Spaltes zwischen der zur Aufnahme der Borsten vorgesehenen Metallfassung und der gegenüberliegenden Turbinenkomponente vielmehr so klein wie möglich ausgeführt. Ein Kontakt einer derartigen Fassung oder Aufnahme für die Borsten, die oftmals auch eine in den Leckageraum hineinragende Stützwand für die Borsten umfasst, mit der gegenüberliegenden Turbinenkomponente muss auf alle Fälle vermieden werden, um größere Beschädigungen der umliegenden Bauteile oder im Extremfall der gesamten Turbineneinheit zu verhindern.

[0010] Neben Labyrinthdichtungen und Bürstendichtungen sind in jüngerer Zeit noch weitere Dichtungskonzepte für thermische Strömungsmaschinen vorgeschlagen worden. Neben den gasgeschmierten Gleitringdichtungen handelt es sich dabei um so genannte Hybrid-Bürstendichtungen oder um so genannte "Finger-Seals". Im derzeitigen Entwicklungsstadium kommt aber ein Einsatz derartiger Dichtungslösungen allenfalls im zum Testbetrieb bestimmten Turbomaschinen in Frage. Gerade bei Dampfturbinen zum Einsatz in Kraftwerken, bei denen ein über Monate oder sogar Jahre hinweg wartungsfreier Betrieb angestrebt ist, bestehen bezüglich der Verschleißfestigkeit und Haltbarkeit dieser neuartigen Dichtungskonzepte noch große Zweifel. Sie sind zudem in ihrer Herstellung relativ kostenintensiv.

[0011] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrun-

de, eine Strömungsmaschine der eingangs genannten Art anzugeben, die bei einfach gehaltener Bauweise für einen möglichst wartungsfreien und sicheren Betrieb ausgelegt ist.

[0012] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Borsten eines oder aller Borstenpakete an jeweils einem sich über eine Anzahl von Federelementen an einer Rotorkomponente oder an einer Statorkomponente abstützenden Dichtungsträgerelement befestigt sind.

[0013] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass eine thermische Strömungsmaschine einerseits für eine hohe betriebliche Sicherheit und lange Lebensdauer bereits von der Konstruktion her eine hohe Toleranz gegenüber radialen Relativbewegungen von Rotor und Stator aufweisen sollte. Dies ist sinnvoll, um den Einfluss zeitlich unterschiedlich verlaufender thermischer Ausdehnungsvorgänge sowie fliehkraft- und schubbedingter Dehnungen und Verschiebungen nicht nur im Vollastzustand, sondern insbesondere auch während nicht stationärer Betriebsphasen ausgleichen zu können. Andererseits sollte zur Abdichtung von Leckagespalten oder Leckageräumen zwischen dem Rotor und dem Stator auf im Grundsatz bereits bewährte Dichtungskonzepte mit hoher Dichtwirkung und geringen Leckageströmen zurückgegriffen werden. Es sollte daher angestrebt werden, die beiden unterschiedlichen Auslegungsziele "hohe radiale Flexibilität" und "hohe Dichtwirkung" im Rahmen der bereits bekannten und erprobten Bürstendichtungstechnologie miteinander in Einklang zu bringen und diese Technologie weiterzuentwickeln.

[0014] Eine derartige Weiterentwicklung könnte bei den Borsten der Bürstendichtung ansetzen, indem beispielsweise nach neuen, geeigneten Werkstoffen gesucht wird, die den Borsten bei hoher Temperaturbeständigkeit und Verschleißfestigkeit eine noch höhere Flexibilität als bislang verleihen. Aber auch dann müssten die einzelnen Borsten eine relativ große Länge aufweisen, um bei einem Betriebszustand mit maximaler Größe des Leckagespaltes diesen noch vollständig ausfüllen und damit abdichten zu können. Dies wiederum könnte zu einem vergrößerten Leckagestrom nicht nur in diesem Grundzustand führen, sondern auch, wenn bei einer betriebsbedingten Veränderung der Spaltgeometrie die Borsten eines Borstenabschnittes vergleichsweise stark zur Seite gedrückt werden. Dabei treten nämlich in der Regel sich auf- und zusammenfächernde Borstenbereiche auf, wobei die Dichtwirkung der aufgefächerten Bereiche stark herabgesetzt ist.

[0015] Es ist daher wünschenswert, die Borsten ähnlich wie bei bereits bekannten Ausführungen eher kurz zu halten und den Leckageraum bezüglich seiner Radialausdehnung von vornherein entsprechend klein zu dimensionieren. Der auf diese Weise gegenüber einer Bürstendichtung mit langen Borsten eingesparte Einbauraum sollte stattdessen für eine flexible Anbringung oder Verankerung der Borsten bzw. der Borstenhalterung ver-

wendet werden. Mit anderen Worten: Es wird angestrebt, nicht den Borsten selbst, sondern ihrem jeweiligen Verankerungspunkt eine erhöhte radiale Flexibilität zu verleihen. Um jedoch den größten Teil des Rotors und des Stators auch weiterhin starr ausführen zu können, was allein schon aus konstruktiv-mechanischen Gründen erforderlich ist, sind nach dem nunmehr vorgesehenen Konzept die Borstenpakete in oder an in radialer Richtung nachgiebig gelagerten Dichtungsträgerelementen befestigt, die sich jeweils über ein oder mehrere Federelemente an einer starr ausgeführten Rotor- oder Statorkomponente abstützen. Das auf diese Weise geschaffene System nimmt also bewusst den durch die federnde Anbringung des Dichtungsträgerelementes hervorgerufenen Nachteil einer etwas größeren Einbautiefe in Kauf. Dafür weist es aber eine hohe radiale Flexibilität auch gegenüber großen Veränderungen der Spaltgeometrie auf und gewährleistet gleichzeitig die ausgesprochen guten Dichtungseigenschaften einer Bürstendichtung.

[0016] Bevorzugt lässt sich die federnde Anbringung des Dichtungsträgerelementes an einer Rotorkomponente oder an einer Statorkomponente der Strömungsmaschine durch eine Blattfeder oder eine Schraubenfeder realisieren, die vorzugsweise an der dem Leckageraum abgewandten Seite des Dichtungsträgerelementes angeordnet ist. Besonders bevorzugt ist das Federelement eine als Druckfeder ausgestaltete Schraubenfeder. Es können aber auch andere Federtypen zum Einsatz kommen, z. B. eine Luftfeder oder eine Gasdruckfeder.

[0017] Im Regelfall, d. h. in einem Betriebszustand der Strömungsmaschine mit einer vergleichsweise großen radialen Ausdehnung des Leckageraumes, drückt das Federelement das Dichtungsträgerelement - evtl. entgegen der durch das Eigengewicht des Dichtungsträgerelementes wirkenden Gewichtskraft - in eine vorzugsweise durch einen Anschlag festgelegte Referenzposition. Das Federelement kann in diesem Zustand eine Vorspannung aufweisen, die derart bemessen ist, dass das Dichtungsträgerelement auch bei dem auslegungsgemäß vorgesehenen Betriebsdruck des Strömungsmediums sowie bei betriebsbedingten Schwingungen oder Vibrationen der Strömungsmaschine sicher in der Referenzposition verbleibt. Das Federelement ist vorzugsweise zwischen dem Dichtungsträgerelement und der zu seiner Befestigung vorgesehenen Turbinenkomponente eingeklemmt, ohne mit dem Dichtungsträgerelement oder der Turbinenkomponente fest verbunden zu sein. Somit kann das Federelement im Wartungsfall einfach ausgetauscht werden. Zwischen der Turbinenkomponente und dem sich an ihr über das Federelement abstützenden Dichtungsträgerelement befindet sich ein Ausweichspalt oder Ausweichraum, in den das Dichtungsträgerelement ausweichen kann, sobald es gegen die Federkraft des Federelementes in radialer Richtung aus der Referenzposition herausbewegt wird. Die Federspannung des Federelementes ist vorzugsweise derart gewählt, dass es sich im Falle einer betriebsbedingt verringerten radialen Ausdehnung des Leckageraumes durch die über die Bor-

sten auf das Dichtungsträgerelement übertragene Druckkraft zusammendrücken lässt, bevor es zu einer Berührung der metallischen Borstenhalterung mit der gegenüberliegend angeordneten Turbinenkomponente kommt.

[0018] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist das jeweilige Dichtungsträgerelement zumindest teilweise versenkt in einer Aussparung einer Rotorkomponente oder einer Statorkomponente der Strömungsmaschine angeordnet. Dadurch kann der erforderliche Einbauraum besonders gering gehalten werden.

[0019] Um das Dichtungsträgerelement vor Heraus- oder Herabfallen aus oder von der zu seiner Halterung vorgesehenen Turbinenkomponente zu sichern, weist das Dichtungsträgerelement vorzugsweise zwei in axialer Richtung der Strömungsmaschine ausgerichtete Vorsprünge auf. In der Ruhe- bzw. Referenzposition des Dichtungsträgerelementes, d. h. bei von einer möglichen Vorspannung abgesehen unbelastetem Federelement, liegt eine von dem jeweiligen Vorsprung gebildete und zum Leckageraum hin orientierte Auflagefläche an einem von der Turbinenkomponente abstehenden Anschlag an. Es sind also zwei Anschläge vorgesehen, die das Dichtungsträgerelement bevorzugt in einer solchen Weise umgreifen, dass sie zugleich eine Führung für das in radialer Richtung, also gegen die Federkraft des Federelementes, bewegliche Dichtungsträgerelement bilden. Bei passgenauer Gestaltung der Führung ist damit ein Verkanten des Dichtungsträgerelementes in der Aussparung der Turbinenkomponente vermieden.

[0020] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung weist das Dichtungsträgerelement einen im Wesentlichen T-förmigen Querschnitt mit einem Querbalken und einem in radialer Richtung der Strömungsmaschine ausgerichteten Steg auf. Die an der zur Aufnahme des Dichtungsträgerelementes vorgesehenen Turbinenkomponente angeordneten Anschläge liegen seitlich am Steg an und bilden für diesen eine Führung. Das Borstenpaket ist an der dem Querträger abgewandten Basisseite des Stegs angeordnet. Diese Formgebung des Dichtungsträgerelementes und der korrespondierenden Aussparung in der umliegenden Turbinenkomponente ist in radialer Richtung ganz besonders platz sparend.

[0021] Vorzugsweise ist eine Mehrzahl von Dichtungsträgerelementen um den ringförmigen Leckageraum herum derart angeordnet, dass die Gesamtheit aller Borstenpakete eine in Umfangsrichtung durchgängige Bürstendichtung bilden. Die Dichtungsträgerelemente sind dabei vorzugsweise entweder alle rotorseitig oder alle statorseitig angeordnet. Aufgrund der auf den Rotor der Strömungsmaschine einwirkenden Fliehkräfte, die sich unter Umständen negativ auf die Funktionsfähigkeit der federnd gelagerten Dichtungsträgerelemente auswirken könnten, ist eine statorseitige Anbringung im Allgemeinen bevorzugt.

[0022] In einer bevorzugten Weiterbildung ist am Dichtungsträgerelement eine Anzahl von in axialer Richtung zueinander beabstandeten und jeweils in den Leckage-

raum hineinragenden Dichtlippen vorgesehen. Die wegen ihrer Querschnittsform auch als "Dichtspitzen" bezeichneten Dichtlippen sind ringabschnittsförmige Vorsprünge an der den Leckageraum begrenzenden Basisseite des jeweiligen Dichtungsträgerelementes. Wie die Borstenpakete bilden auch die Ringabschnitte der Dichtlippen aller in Umfangsrichtung der Strömungsmaschine angeordneten Dichtungsträgerelemente einen im Wesentlichen (von den Übergangsstellen zwischen je zwei Dichtungsträgerelementen abgesehen) vollständigen Ring. In einer besonders bevorzugten Ausführung sind die Dichtspitzen integral, d. h. aus einem Werkstück, mit dem jeweiligen Dichtungsträgerelement gefertigt. In einer bevorzugten Alternativausführung sind die Dichtspitzen jeweils als ein ringförmig gebogener oder geformter Abschnitt eines Dichtbandes ausgeführt, das in eine Aufnahme des Dichtungsträgerelementes eingestemmt ist. Es können aber auch andere Konzepte zur dauerhaften Verbindung der verschiedenen Komponenten vorgesehen sein.

[0023] Die Dichtringe bilden neben der Bürstendichtung zusätzliche Drosselstellen für das Strömungsmedium im Leckageraum. Durch die Kombination der Dichtungskonzepte "Bürstendichtung" und "Labyrinthdichtung" ist eine ausgesprochen wirksame Drosselung des Leckagestromes erreicht. Neben den am Dichtungsträgerelement angeordneten Dichtlippen können alternativ oder zusätzlich an der dem Dichtungsträgerelement gegenüberliegenden Turbinenkomponente angeordnete und ebenfalls in den Leckageraum hineinragende Dichtlippen vorgesehen sein. Hinsichtlich der Labyrinthdichtung können also alle bereits bekannten Konfigurationen, etwa in der Art eines offenen Labyrinths (Durchblick-Labyrinth) oder eines verzahnten Labyrinths realisiert sein. Bei gestufter Formgebung der Begrenzungswände des Leckageraumes - also bei gestufter Ausführung des Dichtungsträgerelementes und/oder der gegenüberliegenden Turbinenkomponente - sind auch entsprechende Abwandlungen in der Art eines Stufenlabyrinths oder eines Kamm-Nut-Labyrinths realisierbar.

[0024] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung ist zumindest eine der Dichtlippen oder Dichtspitzen durch einen Spalt von der ihr gegenüberliegenden Turbinenkomponente beabstandet, dessen radiale Ausdehnung kleiner ist als die radiale Ausdehnung eines zwischen einer Borstenhalterung für die Borsten des Borstenpaketes und der gegenüberliegenden Turbinenkomponente vorgesehenen Spaltes. Durch diese Konfiguration der Radialspele ist sichergestellt, dass bei einer betriebsbedingten Veränderung der radialen Ausdehnung des Leckageraumes, insbesondere etwa infolge unterschiedlicher thermischer Ausdehnungsvorgänge auf der Rotorseite und der Statorseite, zuerst die relativ robusten Dichtspitzen gegen die gegenüberliegende Turbinenkomponente anlaufen und dabei das federnde Dichtsegment "anheben" oder wegdrücken. Die Kraftübertragung erfolgt somit nicht oder nur zum unwesentlichen Teil durch die Bürstendichtung, sondern durch die Dichtspit-

zen. Dies schon die Bürstendichtung und verbessert deren Alterungsverhalten bzw. Verschleißverhalten. Insbesondere ist ein schadenträchtiger Kontakt der Borstenhalterung oder Fassung, zu der auch eine etwa vorhandene Stützwand für die Borsten zu zählen ist, mit der gegenüberliegenden Turbinenkomponente vermieden. Die Auswirkungen eines Anstreifvorganges bleiben daher zuverlässig auf die Dichtspitzen begrenzt. Angrenzende Bauteile werden normalerweise auch bei nennenswertem Kontakt der Dichtspitzen mit den gegenüberliegenden Bauteilen nicht in Mitleidenschaft gezogen. Sollte dennoch einmal durch äußere Einflüsse, z. B. durch Fremdkörper in der Maschine, eine signifikante Beschädigung der Bürstendichtung und eine damit einhergehende Verringerung der Dichtwirkung eintreten, so stellt die durch die Dichtspitzen realisierte "klassische" Labyrinthdichtung eine Mindestdichtwirkung sicher. Das System weist somit hinsichtlich seiner Dichtwirkung eine Redundanz auf.

[0025] Das beschriebene Dichtungssystem kann auf vorteilhafte Weise an verschiedenen Stellen zwischen feststehenden und rotierenden Baugruppen einer thermischen Strömungsmaschine, in der Regel zwischen dem innen liegenden Rotor und den den Rotor umgebenden Gehäusekomponenten, zum Einsatz kommen. Im Prinzip sind auch verallgemeinerte Anwendungen des Dichtungskonzeptes zwischen zwei rotierenden Komponenten einer Strömungsmaschine denkbar. Besonders bevorzugt ist jedoch der Einsatz der federnd aufgehängten Bürstendichtungen als Wellendichtung einer thermischen Strömungsmaschine, insbesondere einer Dampfturbine. Zu den Wellendichtungen im weiteren Sinne ist bei einer Dampfturbine auch eine im Spalt zwischen einem so genannten Schubausgleichskolben und den umliegenden Gehäusekomponenten angeordnete Dichtung zu zählen. In einer bevorzugten Alternativvariante ist die gemäß dem neuen Konzept für eine besonders hohe radiale Flexibilität ausgelegte Bürstendichtung im Schaufelpfad einer Strömungsmaschine angeordnet. Insbesondere kann die Bürstendichtung zur Abdichtung eines Leckagespaltes zwischen einem die Schaufelspitzen der rotierenden Laufschaufeln verbindenden Laufschaufeldeckband und dem umliegenden Gehäuse einer Turbine, insbesondere einer Dampfturbine, vorgesehen sein. Ganz analog kann mit einer derartigen federgelagerten Bürstendichtung auch ein Leckagespalt zwischen einem Leitschaufeldeckband und dem Rotor der Turbine abgedichtet werden. Auf diese Weise werden die von der Überströmung der Schaufelspitzen herrührenden Spalt- und Randverluste verringert.

[0026] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die Verankerung von eine Bürstendichtung bildenden Borstenpaketen an federnd an einer Rotor- oder Statorkomponente einer Strömungsmaschine aufgehängten oder gelagerten Dichtungsträgerelementen eine wirkungsvolle Abdichtung eines Ringspaltes bereitgestellt wird, die bei vergleichsweise geringem Einbauraum besonders tolerant gegen-

über Bewegungen des Rotors und des Stators gegeneinander ist. Insbesondere in Kombination mit einer klassischen Labyrinthdichtung entsteht ein besonders verschleißarmes und langlebiges System, das zudem bezüglich der Dichtungswirkung eine Redundanz aufweist.

[0027] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- 10 FIG 1 eine schematische Darstellung einer Dampfturbine im Längsschnitt,
- FIG 2 einen Ausschnitt aus FIG 1 mit einem federnd an einer Turbinenkomponente gelagerten Dichtungsträgerelement mit einem Borstenpaket zur Abdichtung eines Leckagekanals, und
- FIG 3 eine alternative Ausführung des Dichtungsträgerelementes, wobei der Leckagekanal eine von der in FIG 2 gezeigten Konfiguration verschiedene Formgebung aufweist.

[0028] Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

- 25 **[0029]** FIG 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine Dampfturbine 2 als ein Beispiel für eine thermische Strömungsmaschine. Die Dampfturbine 2 weist eine Anzahl von mit der Turbinenwelle 4 verbundenen, rotierbaren Laufschaufeln 6 auf. Die Laufschaufeln 6 sind jeweils kranzförmig an der Turbinenwelle 4 angeordnet und bilden somit eine Anzahl von Laufschaufelkränzen oder Laufschaufelreihen. Weiterhin umfasst die Dampfturbine 2 eine Anzahl von feststehenden Leitschaufeln 8, die ebenfalls kranzförmig unter Bildung von Leitschaufelkränzen oder Leitschaufelreihen an einem Turbinengehäuse 10 der Dampfturbine 2 befestigt sind. Die Leitschaufeln 8 können abweichend von der Darstellung in FIG 1 auch an einem innerhalb des äußeren Turbinengehäuses 10 angeordneten Innengehäuse oder an Leitschaufelträgern befestigt sein. Der von der Turbinenwelle 4 und dem Turbinengehäuse 10 begrenzte Strömungskanal 12, der auch als Expansionsstrecke bezeichnet wird, wird eingangsseitig über eine ringförmige Einströmung 14 mit unter hohem Druck und unter hoher Temperatur stehendem Dampf D beaufschlagt. Der Dampf D durchströmt den Strömungskanal 12 in einer parallel zur Mittelachse 16 der Dampfturbine 2 verlaufenden Hauptströmungsrichtung, wobei er sich arbeitsleistend entspannt und dabei durch Impulsübertrag auf die Laufschaufeln 6 die Turbinenwelle 4 antreibt. Die Laufschaufeln 8 dienen zur Strömungsführung des als Arbeitsmedium vorgesehenen Dampfes D zwischen jeweils zwei in Strömungsrichtung gesehen aufeinander folgenden Laufschaufelreihen. Ein aufeinander folgendes Paar von einem Kranz von Leitschaufeln 8 oder einer Leitschaufelreihe und von einem Kranz von Laufschaufeln 6 oder einer Laufschaufelreihe wird auch als Turbinenstufe bezeichnet. Der nach dem Durchströmen der Expansions-

strecke entspannte Dampf D wird in einem endseitig in der Dampfturbine 2 angeordneten Austrittsbereich 18 gesammelt und über eine hier nicht näher dargestellte Leitung aus dem Turbinengehäuse 10 abgeführt.

[0030] Das Druckgefälle an den Schaufeln bewirkt einen Schub in Durchströmrichtung. Dieser Schub wird durch einen Schubausgleichskolben 20, der auf der dem Strömungskanal 12 abgewandten Seite ebenfalls mit unter Druck stehendem Dampf D beaufschlagt wird, bis auf einen definierten Restschub kompensiert. Die Gesamtheit der feststehenden Turbinenteile, also Turbinengehäuse 10 zusammen mit den Leitschaufeln 8, wird auch als Stator 21 bezeichnet. Die rotierenden Teile, also die Turbinenwelle 4 mit den Laufschaufeln 6, werden in ihrer Gesamtheit auch als Turbinenläufer oder Rotor 22 bezeichnet.

[0031] Die Laufschaufeln 6 einer Laufschaufelreihe weisen an ihrem kopfseitigen, d. h. radial nach außen gerichteten Ende jeweils eine an das profilierte Schaufelblatt 23 angeformte und in Umfangsrichtung seitlich überstehende Deckplatte 24 auf. Die Deckplatten 24 je zweier benachbarter Laufschaufeln 6 einer Laufschaufelreihe berühren sich gegenseitig. Die Deckplatten 24 werden nämlich bei der Montage der Laufschaufeln 6 an der Turbinenwelle 4 derart gegeneinander verspannt, dass sich ein geschlossener ringförmiger Verbund ausbildet. Dadurch werden Verwindungen der einzelnen Schaufelblätter 23 oder Schwingungen der Schaufelspitzen wirkungsvoll unterdrückt. In Anlehnung an die "klassischen" aufgenieteten Stahldeckbänder wird die Gesamtheit der Deckplatten einer Schaufelreihe ebenfalls als Deckband bezeichnet. Neben den Laufschaufeln 6 weisen auch die Leitschaufeln 8 der Dampfturbine 2 am jeweiligen Schaufelblatt 22 angeformte Deckplatten 24 auf, die in ihrer Gesamtheit ein der jeweiligen Leitschaufelreihe zugeordnetes Deckband ausbilden. Ein einer Laufschaufelreihe zugeordnetes Deckband wird auch als Laufschaufeldeckband bezeichnet. Im Falle einer Leitschaufelreihe spricht man von einem Leitschaufeldeckband.

[0032] Zur Realisierung eines hohen Wirkungsgrades müssen die an verschiedenen Stellen zwischen dem Rotor 22 und dem Stator 21 der Dampfturbine 2 auftretenden Leckageströme des Dampfes D minimiert werden. Derartige Leckageströme treten beispielsweise innerhalb der ringförmigen Leckagespalte 26a zwischen der Turbinenwelle 4 und dem jeweils in axialer Richtung endseitig positionierten Randabschnitt des Turbinengehäuses 10 auf, wobei Dampf D in die Umgebung entweicht. Ebenso unerwünscht ist ein Überströmen des Dampfes D innerhalb des zwischen dem Schubausgleichskolben 20 und dem Turbinengehäuse 10 liegenden Leckagespaltes 26b. Schließlich existieren zudem Leckagespalte 26c, 26d zwischen einem den Laufschaufeln 6 einer Laufschaufelreihe zugeordneten Laufschaufeldeckband und dem umliegenden Turbinengehäuse 10, sowie zwischen einem den Leitschaufeln 8 einer Leitschaufelreihe zugeordneten Leitschaufeldeckband und dem ihm ge-

genüberliegenden Abschnitt des Rotors 22.

[0033] Um die Leckageverluste möglichst gering zu halten, weist die Dampfturbine 2 eine Anzahl von Wellendichtungen 28 zur Abdichtung der Leckagespalte 26a zwischen der Turbinenwelle 4 und dem Turbinengehäuse 10 sowie eine Schubausgleichskolben-Dichtung 30 zur Abdichtung des Leckagespaltes 26b zwischen dem Schubausgleichskolben 20 und dem Turbinengehäuse 10 auf. Ferner sind Deckband-Dichtungen 32 zur Abdichtung der Leckagespalte 26c, 26d zwischen dem jeweiligen Leitschaufeldeckband und dem Rotor 22 bzw. zwischen dem jeweiligen Laufschaufeldeckband und dem Turbinengehäuse 10 vorgesehen. Die Dichtungen 28, 30, 32 zwischen dem Rotor 22 und dem Stator 21 der Dampfturbine 2 sind in FIG 1 nur schematisch angedeutet und werden im Folgenden näher erläutert.

[0034] Die in FIG 2 im Detail dargestellte Dichtungsanordnung 34 zwischen dem Rotor 22 und dem Stator 21 der Dampfturbine 2, die eine Wellendichtung 28, eine Schubausgleichskolben-Dichtung 30 oder auch eine Deckband-Dichtung 32 sein kann, ist im Hinblick auf betriebsbedingte Variationen in der radialen Ausdehnung des Leckageraumes 36 spezifisch für eine besonders hohe radiale Flexibilität ausgelegt. Zu diesem Zweck ist die Dichtungsanordnung 34 an einen Dichtungsträgerelement 38 verankert, das sich über ein in radialer Richtung 52 komprimierbares Federelement 40 an einer Turbinenkomponente abstützt. Für die folgende Diskussion wird angenommen, dass es sich bei der Turbinenkomponente um eine Statorkomponente 42 handelt. Dementsprechend stellt die gegenüberliegende, durch den Leckageraum 36 von der Statorkomponente 42 separierte Turbinenkomponente eine Rotorkomponente 44 dar. Insbesondere kann es sich im Fall einer Wellendichtung 28 bei der Statorkomponente 42 um das Turbinengehäuse 10 und bei der Rotorkomponente 44 um die Turbinenwelle 4 handeln.

[0035] Das Dichtungsträgerelement 38 ist versenkt in einer Aussparung 46 der Statorkomponente 42 angeordnet. Es weist einen T-förmigen Querschnitt auf, wobei der in Axialrichtung 48 der Dampfturbine 2 orientierte Querbalken 49 zwei Vorsprünge 50 gegenüber dem in Radialrichtung 52 orientierten Steg 54 bildet. In der in FIG 2 gezeigten Referenzposition des Dichtungsträgerelementes 38 liegt jeder der beiden Vorsprünge 50 mit seiner jeweils dem Leckageraum 36 zugewandten Auflagefläche 56 an einem Anschlag 58 an, der von einem von der Statorkomponente 42 abstehenden Schenkel 60 gebildet wird. Die beiden Schenkel 60 umgreifen dabei das Dichtungsträgerelement 38 und bilden gleichzeitig mit ihren dem Steg 54 des Dichtungsträgerelementes 38 zugewandten Führungsflächen 62 eine Führung für das in radialer Richtung 52 gegen die Kraft des Federelementes 40 verschiebbliche Dichtungsträgerelement 38.

[0036] Im Normalfall wird das Dichtungsträgerelement 38 durch die Druckkraft des Federelementes 40 in der in FIG 2 gezeigten Referenzposition gehalten. Das als Schraubenfeder ausgestaltete Federelement 40 ist in

Radialrichtung 52 komprimierbar zwischen die vom Leckageraum 36 abgewandte Seite des Dichtungsträgerelementes 38 und eine die Aussparung 46 begrenzende Begrenzungswand 64 der Statorkomponente 42 geklemmt. Auf der Seite des Dichtungsträgerelementes 38 ist eine das Federelement 40 bezüglich seiner axialen Position und gegebenenfalls auch in Umfangsrichtung der Dampfturbine 2 fixierende Aufnahme 66 für das Federelement 40 vorgesehen, so dass das Federelement 40 teilweise versenkt im Dichtungsträgerelement 38 angeordnet ist. Zwischen dem Dichtungsträgerelement 38 und der Statorkomponente 42 befindet sich ein Ausweichspalt 68, in den das Dichtungsträgerelement 38 bei zusammengedrücktem Federelement 40 ausweichen kann. Die als Anschlag wirksame Begrenzungswand 64 legt dabei den maximalen Federweg bzw. die maximale Ausweichstrecke in Radialrichtung 52 fest.

[0037] An der dem Leckageraum 36 zugewandten Seite des Dichtungsträgerelementes 38 - genauer: an der Basisseite 70 des Stegs 54 - sind die eigentlichen Dichtelemente angeordnet. Eine primäre Abdichtung des Leckageraumes 36 wird durch die zu einem Borstenpaket 71 zusammengefassten Borsten 72 erreicht, die an ihrem festen Ende in einer Borstenhalterung 74 des Dichtungsträgerelementes 38 verankert sind, und die mit ihrem freien Ende den zwischen der Borstenhalterung 74 und der gegenüberliegenden Rotorkomponente 44 verbleibenden Restspalt 76 überbrücken. Die von den in Umfangsrichtung der Dampfturbine 2 um den Leckageraum 36 herum angeordneten Borstenpaketen 71 gebildete Bürstendichtung wirkt also wie eine Ringblende mit einer zusätzlichen vorhangartigen Strömungsdrossel, die den Strömungswiderstand für das im Leckageraum 36 in axialer Richtung 48 strömende Strömungsmedium beträchtlich vergrößert. Die als Borsten 72 verwendeten Metalldrähte sind in einer hier nicht näher dargestellten Weise mittels Kerndraht und Klemmrohr mechanisch in der Borstenhalterung 74 fixiert und gegebenenfalls zusätzlich verschweißt. Die in der Art einer zweiteiligen Metallfassung ausgeführte Borstenhalterung 74 steht an der Basisseite 70 des Dichtungsträgerelementes 38 in radialer Richtung 52 über und bildet eine Stützwand 77 für die Borsten 72.

[0038] In axialer Richtung 48 von dem Borstenpaket 71 beabstandet ist eine Anzahl von in dem Leckageraum 36 hineinragenden Dichtlippen 78 an das Dichtungsträgerelement 38 angeformt. Die einzelnen Ringabschnitte ergänzen sich dabei in Umfangsrichtung jeweils zu einer Ringblende. Zwischen den in Axialrichtung 48 voneinander beabstandeten Ringblenden bilden sich Wirbelkammern 80 aus. Die radiale Ausdehnung der wegen ihrer Querschnittsform auch als "Dichtspitzen" bezeichneten Dichtlippen 78 ist in Relation zu der gestuften Oberflächenkontur der gegenüberliegenden Rotorkomponente 44 jeweils derart bemessen, dass der verbleibende Restspalt 86 kleiner ist als der Restspalt 76 zwischen der Borstenhalterung 74 und der Rotorkomponente 44. Damit ist gewährleistet, dass bei einer betriebsbedingten

Verkleinerung der Radialausdehnung des Leckageraumes 36 zuerst die Dichtlippen 78 mit der gegenüberliegenden Rotorkomponente 44 in Berührung kommen und dabei das federnd gelagerte Dichtungsträgerelement 38 gegen die Federkraft des Federelementes 40 "anheben". Dadurch werden die Borsten 72 der Bürstendichtung geschont.

[0039] Die Position der Bürstendichtung innerhalb des Dichtungsträgerelementes 38 (d. h. bzgl. der Längs- bzw. Axialrichtung 48) kann nach verschiedenen Gesichtspunkten gewählt werden: In thermodynamischer Hinsicht sollte die Bürste stromaufseitig die erste Dichtung bilden. Sie ist dann aber mechanisch durch die Strömungsfeldoszillation besonders belastet. In mechanischer Hinsicht ist die Positionierung der Bürste als letztes Dichtungselement "am sichersten". Alle Varianten dazwischen sind ebenfalls denkbar, z. B. zuerst eine klassische Dichtspitze, dann die Bürstendichtung, dann weitere Dichtspitzen etc.

[0040] FIG 3 zeigt schließlich noch eine Variation der in FIG 2 beschriebenen Ausführung. Bei dieser Variante sind zusätzlich noch an der dem Dichtungsträgerelement 38 gegenüberliegende Turbinenkomponenten 88 Dichtlippen 78 angeordnet, so dass sich ein verzahntes Labyrinth ergibt. Im Unterschied zu der in FIG 2 gezeigten Ausführungsform ist hierbei auch noch die Basisseite 70 des Dichtungsträgerelementes 38 gestuft ausgeführt.

30 Patentansprüche

1. Thermische Strömungsmaschine, insbesondere Dampfturbine (2),

- mit einem Rotor (22) und mit einem Stator (21),
- mit einem zwischen dem Rotor (22) und dem Stator (21) liegenden und von einem Strömungsmedium durchströmten Leckageraum (36), und
- mit einem eine Bürstendichtung bildenden Borstenkranz zur Abdichtung des Leckageraumes (36), wobei der Borstenkranz eine Anzahl von Borstenpaketen (71) umfasst,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Borsten (72) eines oder aller Borstenpakete (71) an jeweils einem sich über eine Anzahl von Federelementen (40) an einer Rotorkomponente (44) oder an einer Statorkomponente (42) abstützenden Dichtungsträgerelement (38) befestigt sind.

2. Thermische Strömungsmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das jeweilige Federelement (40) an der dem Leckageraum (36) abgewandten Seite des Dichtungsträgerelementes (38) angeordnet ist.

3. Thermische Strömungsmaschine nach Anspruch 1

- oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das jeweilige Federelement (40) eine Blattfeder oder eine Schraubenfeder ist.
4. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
das jeweilige Dichtungsträgerelement (38) zumindest teilweise versenkt in einer Aussparung (46) einer Rotorkomponente (44) oder Statorkomponente (42) angeordnet ist.
5. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
das jeweilige Dichtungsträgerelement (38) zwei in axialer Richtung (48) der Strömungsmaschine absteigende Vorsprünge (50) aufweist, wobei jeder der Vorsprünge (50) eine dem Leckageraum (36) zugewandte Auflagefläche (56) aufweist, und wobei die jeweilige Auflagefläche (56) bei unbelastetem Federelement (40) an jeweils einem von der Rotorkomponente (44) oder der Statorkomponente (42) absteigenden Anschlag (58) anliegt.
6. Thermische Strömungsmaschine nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die beiden Anschläge (58) zugleich eine Führung für das in radialer Richtung (52) bewegliche Dichtungsträgerelement (38) bilden.
7. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Dichtungsträgerelement (38) einen im Wesentlichen T-förmigen Querschnitt mit einem Querbalken (49) und einem in radialer Richtung (52) der Strömungsmaschine ausgerichteten Steg (54) aufweist, wobei das Borstenpaket (71) an der dem Querbalken (49) abgewandten Basisseite (70) des Stegs (54) angeordnet ist.
8. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
am Dichtungsträgerelement (38) eine Anzahl von in den Leckageraum (36) hineinragenden Dichtlippen (78) angeordnet ist.
9. Thermische Strömungsmaschine nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
das jeweilige Dichtungsträgerelement (38) und die an ihm angeordneten Dichtlippen (78) integral aus einem Werkstück gefertigt sind.
10. Thermische Strömungsmaschine nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
- die jeweilige Dichtlippe (78) ein in das Dichtungsträgerelement (38) eingestemtes Dichtband ist.
11. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
an der dem Dichtungsträgerelement (38) gegenüberliegenden Rotorkomponente (44) oder Statorkomponente (42) eine Anzahl von in den Leckageraum (36) hineinragenden Dichtlippen (78) angeordnet ist.
12. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest eine Dichtlippe (78) durch einen Spalt (86) von der ihr gegenüberliegenden Rotorkomponente (44) oder Statorkomponente (42) beabstandet ist, dessen radiale Ausdehnung kleiner ist als die radiale Ausdehnung eines zwischen einer Borstenhalterung (74) für die Borsten (72) des Borstenpaketes (71) und der gegenüberliegenden Rotorkomponente (44) oder Statorkomponente (42) vorgesehenen Spaltes (76).
13. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
das jeweilige Dichtungsträgerelement (38) statorseitig angeordnet ist.
14. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine die Bürstendichtung umfassende Dichtungsanordnung (34) als Wellendichtung (28) ausgeführt ist.
15. Thermische Strömungsmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine die Bürstendichtung umfassende Dichtungsanordnung (34) in einem Leckageraum (36) zwischen einem Laufschaufeldeckband und einem umliegenden Gehäuse der Strömungsmaschine oder in einem Leckageraum (36) zwischen einem Leitschaufeldeckband und dem Rotor (22) der Strömungsmaschine angeordnet ist.

FIG 1

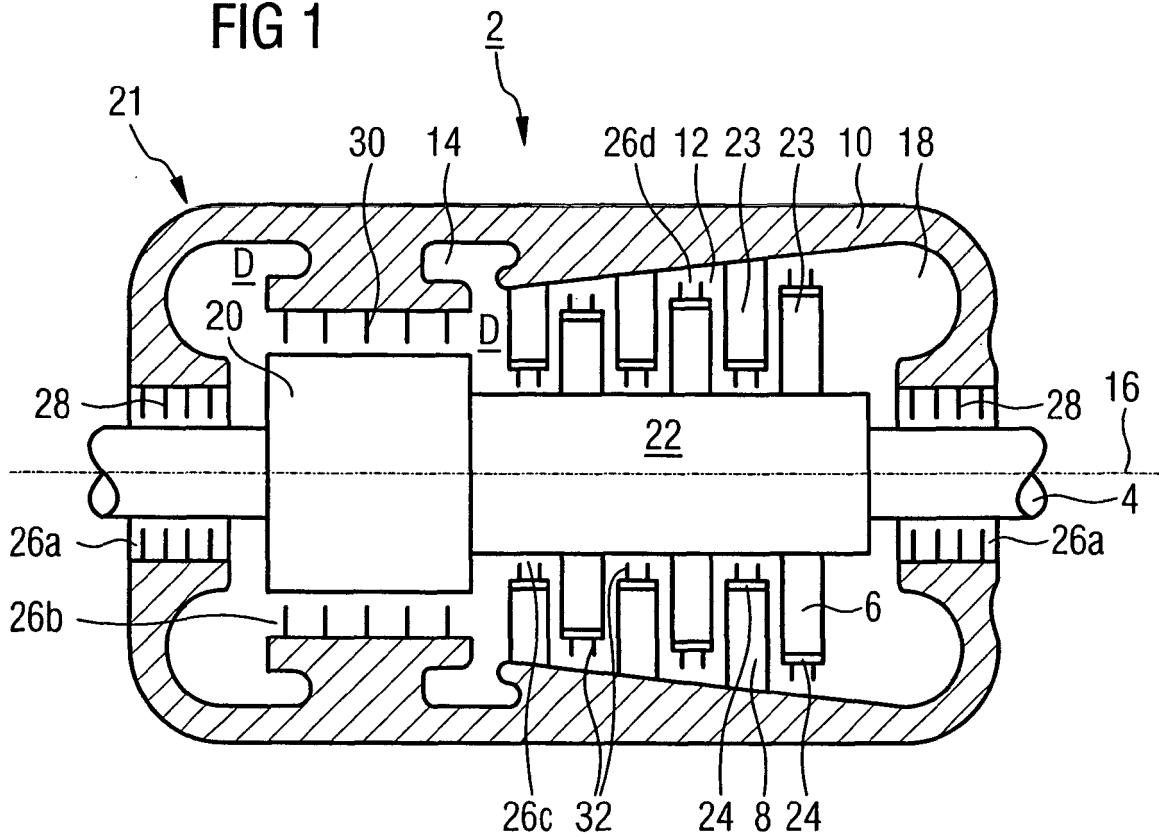


FIG 2

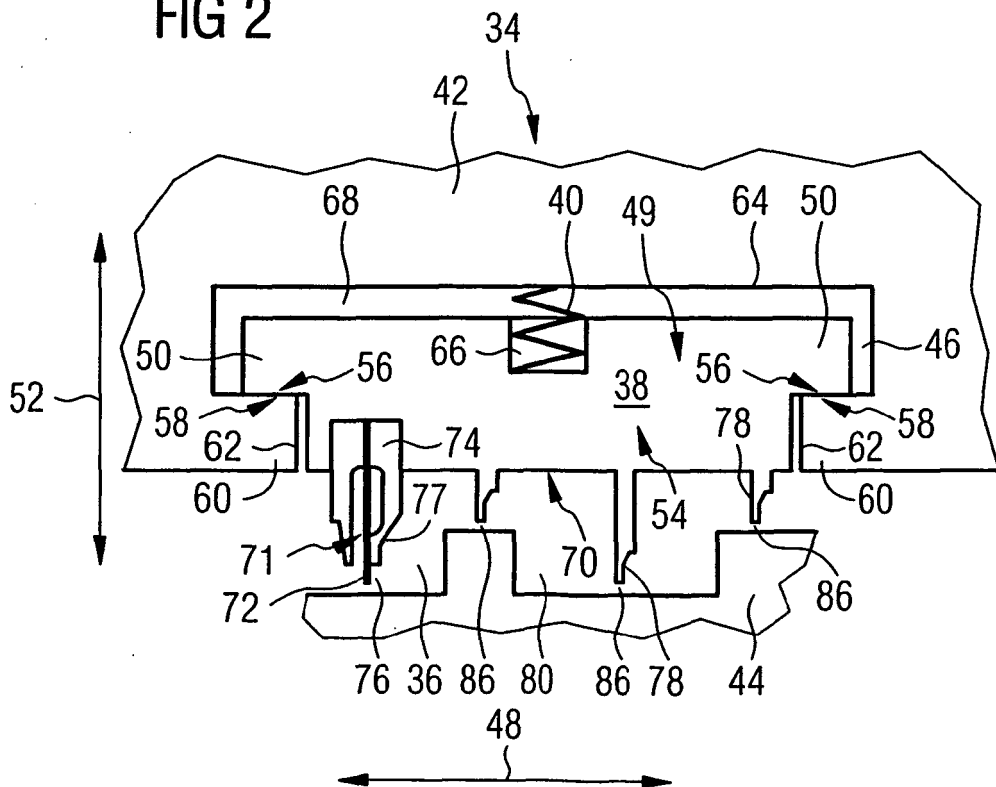
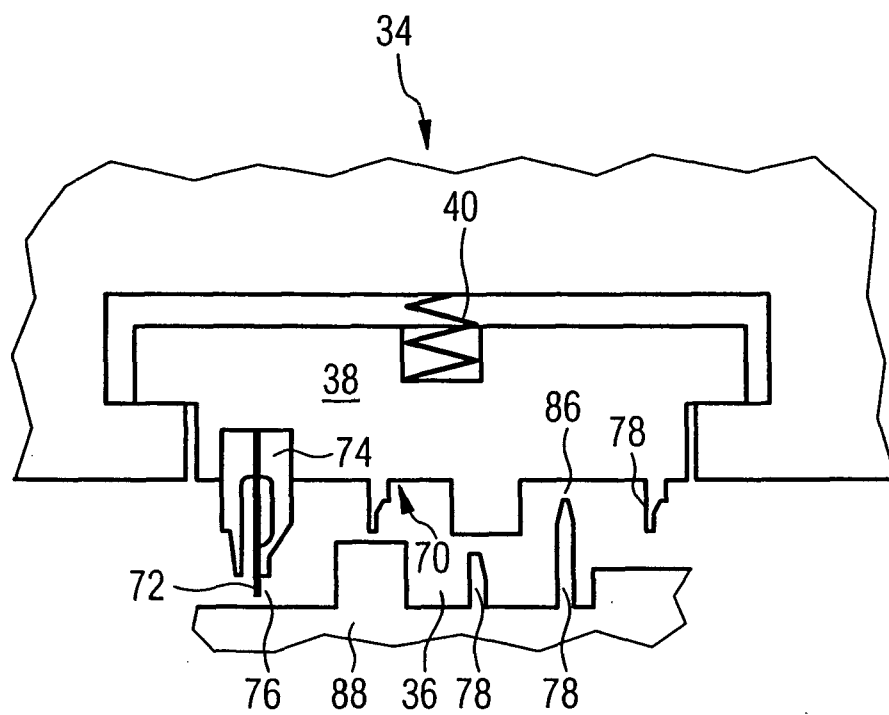


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 2662

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 1 433 928 A (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 30. Juni 2004 (2004-06-30)	1-4,8, 12-14	F01D11/00 F01D11/02
Y	* Absätze [0010], [0012] * -----	15	F01D11/12 F16J15/32
X	US 6 257 586 B1 (SKINNER DAVID ROBERT ET AL) 10. Juli 2001 (2001-07-10) * Spalte 3, Zeilen 40-45 * * Spalte 6, Zeile 40 - Zeile 55; Abbildungen 5,8,9 *	1-9, 11-14	
X	GB 2 301 635 A (GEC ALSTHOM LIMITED) 11. Dezember 1996 (1996-12-11)	1-11,13, 14	
Y	* Seite 1, Zeile 4 - Zeile 7 * * Seite 1, Zeile 23 - Zeile 24 * * Seite 3, Zeilen 14-17 * * Abbildung 1 * -----	12	
X	EP 0 836 040 A (ASEA BROWN BOVERI AG; ALSTOM LTD) 15. April 1998 (1998-04-15) * Spalte 4, Zeile 47 - Spalte 5, Zeile 2; Abbildung *	1-11,13, 14	
Y	US 2003/095865 A1 (BURNETT MARK EDWARD ET AL) 22. Mai 2003 (2003-05-22) * Absatz [0014]; Abbildung 2 * -----	12,15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01D F16J
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. Juli 2005	Prüfer Raspo, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 05 01 2662

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.

15-07-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1433928	A	30-06-2004	US	2004126227 A1	01-07-2004
			EP	1433928 A2	30-06-2004

US 6257586	B1	10-07-2001	US	5749584 A	12-05-1998
			US	6010132 A	04-01-2000
			US	5474306 A	12-12-1995
			US	2001007384 A1	12-07-2001
			CA	2205846 A1	28-12-1997
			EP	0816725 A1	07-01-1998
			CA	2205877 A1	28-12-1997
			EP	0816726 A1	07-01-1998
			US	6131911 A	17-10-2000
			US	6173958 B1	16-01-2001
			US	6131910 A	17-10-2000
			US	6042119 A	28-03-2000

GB 2301635	A	11-12-1996	KEINE		

EP 0836040	A	15-04-1998	DE	19639328 A1	26-03-1998
			DE	59709678 D1	08-05-2003
			EP	0836040 A1	15-04-1998

US 2003095865	A1	22-05-2003	CN	1420259 A	28-05-2003
			JP	2003193802 A	09-07-2003

EPO FORM P0481

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