



(10) **DE 10 2010 017 489 B4** 2021.01.21

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 017 489.0**

(22) Anmeldetag: **21.06.2010**

(43) Offenlegungstag: **05.01.2011**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.01.2021**

(51) Int Cl.: **F01D 5/20 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
12/497,056 02.07.2009 US

(73) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:
**Rüger Abel Patentanwälte PartGmbB, 73728
Esslingen, DE**

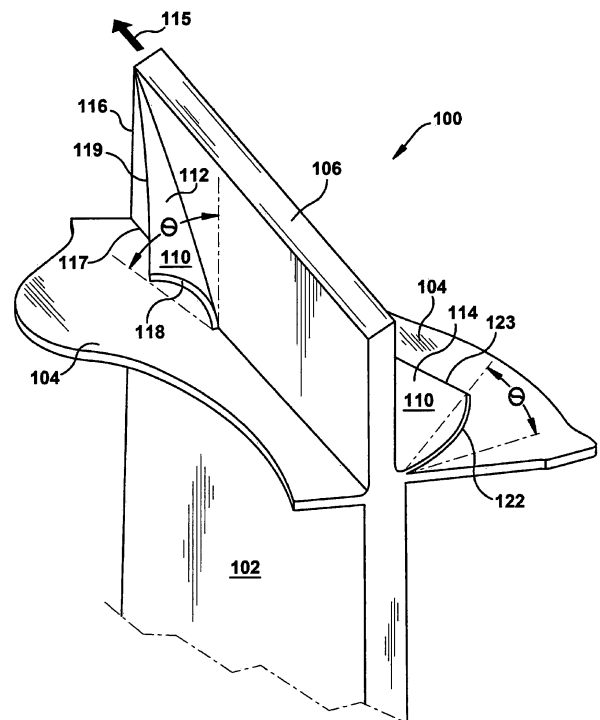
(72) Erfinder:
Smith, Bruce L., Oviedo, Fla., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	35 23 469	A1
DE	23 19 743	A
US	7 044 710	B2
US	7 059 829	B2

(54) Bezeichnung: **Turbinenmaschine mit einem Wirbelvorsprung an einer umlaufenden Komponente**

(57) Hauptanspruch: Turbinenmaschine (50), die einen Wirbelvorsprung (110) aufweist, der auf einer während des Betriebs der Turbinenmaschine (50) umlaufenden Komponente angeordnet ist, wobei der Wirbelvorsprung (110) eine äußere Oberfläche aufweist, die so gestaltet ist, dass sie bei der Umlaufbewegung der Komponente während des Betriebs ein Wirbelströmungsmuster erzeugt, wobei die Turbinenmaschine (50) eine Rotorscheufel nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsform aufweist, die über einen Schaft (136), ein auf dem Schaft (136) angeordnetes Schaufelblatt (102), ein auf einem außen liegenden radialen Ende des Schaufelblattes (102) angeordnetes Deckband (104) und über eine Dichtungsschiene (106) verfügt, die sich im Wesentlichen radial von dem Deckband (104) aus erstreckt; wobei der Wirbelvorsprung (110) an einer von der äußeren radialen Seite des Deckbandes (104) und der radial ausgerichteten Seite der Dichtungsschiene (106) befestigt ist; wobei der Wirbelvorsprung (110) derart angeordnet ist, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster die Leckströmung von Arbeitsfluid von einer stromaufwärtigen Seite der Dichtungsschiene (106) zu einer stromabwärtigen Seite der Dichtungsschiene (106) hin behindert; wobei die Turbinenmaschine (50) wenigstens einen von einem stromaufwärtigen Wirbelvorsprung (112) und einem stromabwärtigen Wirbelvorsprung (114) aufweist; wobei der stromaufwärtige Wirbelvorsprung (112) einen Wirbelvorsprung (110) aufweist, der stromaufwärts der Dichtungsschiene ...



Beschreibung**Hintergrund der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Vorrichtungen zur Verbesserung des Wirkungsgrads und/oder des Betriebs von Turbinenmaschinen, womit, so wie hier verwendet und wenn nicht speziell anders benannt, alle Typen von Turbinen - oder Drehbewegungen ausführende Maschinen gemeint, sind einschließlich Gasturbinenmaschinen, Flugtriebwerke, Dampfturbinenmaschinen und andere. Im Einzelnen betrifft die Erfindung einen Wirbelvorsprung an einer umlaufenden Komponente einer Turbomaschine zur verbesserten Abdichtung bei Turbinenmaschinen.

[0002] Die Leistung einer Turbinenmaschine ist in großem Maße durch ihre Fähigkeit beeinträchtigt, Leckageströmungen und/oder die Verwendung von Kühlluft zu eliminieren oder zu reduzieren. Leckage rührt in der Regel von einer Druckdifferenz her, die an einem Leckagespalt anliegt. Wenngleich es möglich ist, die Druckdifferenz über den Leckagespalt zu verringern, so kann dies doch zu einer unerwünschten Einschränkung hinsichtlich der aerodynamischen Auslegung von Geschwindigkeitsbeeinflussenden Komponenten für das Arbeitsfluid führen. Die Verringerung des Spalts selbst ist zwar wünschenswert, doch ist dessen Eliminierung normalerweise nicht praktikabel wegen unvermeidlicher unterschiedlicher thermischer Eigenschaften der umlaufenden und der stationären Komponenten und wegen der charakteristischen Fliehkraftmerkmale der umlaufenden Komponenten. Unter zusätzlicher Beachtung der Herstellungstoleranzen von Komponenten und Änderungen der Betriebsbedingungen, die die charakteristischen thermischen und zentrifugalen Eigenschaften beeinflussen, ist es üblicherweise so, dass sich während bestimmter wesentlicher Betriebsbedingungen ein Leckagespalt ausbildet.

[0003] Im Fall von Gasturbinenmaschinen wird oft Kühlluft unmittelbar von dem Verdichter zu den Turbinenkomponenten hin abgezweigt, um diese gegen die extremen Temperaturen des Heißgaspfades zu schützen. Die Kühlluft kann dazu verwendet werden, Teile unmittelbar zu kühlen oder in einigen Fällen kann sie auch dazu heran gezogen werden, Hohlräume zu spülen, die für einen Arbeitsfluideintritt durch Spalte, die längs des Heißgaspfades vorhanden sind, offen sind. Zum Spülen von Hohlräumen wird normalerweise eine auswärtsgerichtete Strömung von Kühlluft erzeugt (d.h. eine Kühlluftströmung von dem Hohlraum in den Heißgaspfad), und diese nach außen gerichtete Strömung verhindert im wesentlichen die Einstromung von Arbeitsfluid durch die Spalte. Jedoch beeinträchtigen, ähnlich wie Leckageströmungen auch Spülströme die Leistung und den Wirkungs-

grad der Turbinenmaschine. Deshalb muss der Einsatz von Spülluft möglichst minimiert werden.

[0004] Demzufolge besteht ein Bedürfnis nach verbesserten Systemen und Vorrichtungen, die Spalten oder Hohlräume in der Turbinenmaschine wirksamer abdichten. Insbesondere besteht ein Bedürfnis für verbesserte Dichtungen, die die Leckageströmungen und/oder die Verwendung von Kühlluft verringern.

[0005] DE 35 23 469 A1 offenbart eine Turbomaschine, die Wirbelvorsprünge in Form von Spaltgittern aufweist, die auf Deckplatten von Laufschaufeln ausgebildet und profiliert sind, um Leckströme über den Schaufelspitzen in die Richtung der Hauptströmung der Turbine umzulenken.

[0006] DE 2 319 743 A offenbart ebenfalls einen Wirbelvorsprung an einem Außendeckband einer Turbinenrotorschaukel.

[0007] US 7 044 710 B2 offenbart einen Wirbelvorsprung an einem Innendeckband einer Turbinenrotorschaukel.

[0008] US 7 059 829 B2 offenbart einen Wirbelvorsprung im Bereich einer Labyrinthdichtung einer Rotorscheibe einer Kompressorstufe.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine neue Turbinenmaschine, die einen Wirbelvorsprung aufweist, der auf einer während des Betriebs der Turbinenmaschine umlaufenden Komponente angeordnet ist, mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 geschaffen. Besonders bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0010] Die vorliegende Erfindung beschreibt außerdem eine Turbinenmaschine, die einen Wirbelvorsprung aufweist, der auf einer Komponente angeordnet ist, die während des Betriebs der Turbinenmaschine umläuft; wobei der Wirbelvorsprung eine äußere Oberfläche aufweist, die so gestaltet ist, dass sie, wenn die Komponente während des Betriebs umläuft, ein Wirbelströmungsmuster erzeugt; wobei die Turbinenmaschine eine Rotorschaukel aufweist, zu der ein Schaft, ein auf dem Schaft angeordnetes Schaufelblatt, eine von einem äußeren radialen Ende des Schaufelblattes getragenes Deckband und eine Dichtungsschiene gehören, die etwa radial von dem Schaufelband aus sich erstreckt; der Wirbelvorsprung ist an einer der äußeren Radialseiten des Deckbands und der radial darauf ausgerichteten Seite der Dichtungsschiene befestigt; und der Wirbelvorsprung ist so angeordnet, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster eine Leckageströmungen des Arbeitsfluids von einer strömungsaufwärtigen Seite

der Dichtungsschiene zu einer strömungsabwärtigen Seite der Dichtungsschiene hin behindert.

[0011] Diese und andere Merkmale der vorliegenden Erfindung sind aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen im Zusammenhang mit den Zeichnungen und den beigefügten Patentansprüchen zu entnehmen.

Figurenliste

[0012] Ein besseres Verständnis dieser und anderer Merkmale der Erfindung ergibt sich aus der genauen Durchsicht der nachfolgenden detaillierten Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung, im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen, in der:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer beispielhaften Gasturbinenmaschine ist in der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können;

Fig. 2 eine Schnittdarstellung des Verdichters in der Gasturbinenmaschine nach **Fig. 1** ist;

Fig. 3 eine Schnittdarstellung der Turbine in der Gasturbinenmaschine nach **Fig. 1** ist;

Fig. 4 eine Seitenansicht einer Turbinenrotorschaukel gebräuchlicher Konstruktion ist;

Fig. 5 eine Draufsicht auf eine Turbinenrotorschaukel nach **Fig. 4** ist;

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer mit einem Deckband versehenen Turbinenrotorschaukel mit Wirbelvorsprüngen gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

Fig. 7 eine alternative perspektivische Ansicht der mit einem Deckband versehenen Turbinenrotorschaukel nach **Fig. 6** ist;

Fig. 8 eine perspektivische Darstellung einer mit einem Deckband versehenen Turbinenschaukel mit Wirbelvorsprüngen gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

Fig. 9 eine schematische Schnittdarstellung einer mit einem Deckband versehenen Turbinenrotorschaukel mit Wirbelvorsprüngen und dem umgebenden Turbinengehäuse gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

Fig. 10 eine schematische Schnittdarstellung des inneren radialen Teils mehrerer Reihen, Rotor- und Statorschaufeln ist wie sie bei einer beispielhaften Turbine in gebräuchlicher Konstruktion angeordnet sind;

Fig. 11 eine Schnittdarstellung eines grabenartigen Hohlraums und eines Wirbelvorsprungs ge-

mäß einer nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsform; und

Fig. 12 eine Schnittdarstellung eines grabenförmigen Hohlraums und eines Wirbelvorsprungs gemäß einer nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsform ist. Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0013] Generell kann eine Gas- oder Verbrennungsturbinenmaschine dazu verwendet werden, eine beispielhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zu veranschaulichen (wenngleich gleiche oder andere Einsatzarten bei anderen Typen von Verbrennungsturbinenmaschinen möglich sind). Eine Verbrennungsturbinenmaschine weist einen Verdichter, eine Brennkammer und Turbine auf. Der Verdichter und die Turbine verfügen im Allgemeinen über Reihen von Schaufeln, die axial in Stufen gestapelt sind. Jede Stufe enthält eine Reihe in Umfangsrichtung voneinander beabstandeten Statorschaufeln, die fest sind und eine Reihe Rotorschaufeln, die um eine Mittelachse oder Welle rotieren. Im Betrieb laufen die Verdichterrotorschaufeln um die Welle um und verdichten im Zusammenwirken mit den Statorschaufeln einen Luftstrom. Die jeweils zugeführte verdichtete Luft wird dann in der Brennkammer dazu verwendet, einen zugeführten Brennstoff zu verbrennen. Anschließend wird der sich aus der Verbrennung ergebende Strom heißer expandierender Gase, d.h. das Arbeitsfluid, durch den Turbinenabschnitt der Maschine expandieren lassen. Der Durchstrom von Arbeitsfluid durch die Turbine veranlasst, dass die Rotorschaufeln umlaufen. Die Rotorschaufeln sind mit einer mittigen Welle so verbunden, dass die Umlaufbewegung der Rotorschaufeln die Welle im Umdrehung versetzt. Auf diese Weise wird die in dem Brennstoff enthaltene Energie in mechanische Energie der umlaufenden Welle umgesetzt, was beispielsweise dazu benutzt werden kann, die Rotorschaufeln des Verdichters so in Umdrehung zu versetzen, dass der für die Verbrennung erforderliche Zustrom verdichteter Luft erzeugt wird, oder die Spulen eines Generators, so dass elektrische Energie erzeugt wird.

[0014] Die Leistung einer Turbinenmaschine wird wesentlich durch deren Fähigkeit beeinflusst, eine Leckageströmung und/oder die Verwendung von Kühlluft zu reduzieren oder zu eliminieren. Leckage, die die Ausgangsleistung und den Wirkungsgrad der Turbinenmaschine verringert, betrifft allgemein Arbeitsfluid, das neben den Schaufelblättern der Turbinenrotorschaufeln derart vorbeiströmt, dass aus ihm keine Arbeit entzogen wird. Eine Weise in der Leckage auftritt ist eine Strömung von Arbeitsfluid über die äußere radiale Spitze der Rotorschaufeln. Um das zu verhindern, sind Turbinenrotorschaufeln häufig mit Deckbändern und einer Dichtungsschiene versehen, die im Wesentlichen radial von der äußeren Oberfläche des Deckbands hervorragt. Die Dichtungsschiene erstreckt sich in der Regel in Umfangsrichtung

zwischen einander gegenüberliegenden Enden des Deckbands in der allgemeinen Drehrichtung des Turbinenrotors.

[0015] Wenngleich die Dichtungsschienen eine gewisse Leckage verhindern, so bleibt doch die Leckage über die äußeren radialen Spitzen der Rotor-schaufeln ein beträchtliches Problem. Bei einigen gebräuchlichen Konstruktionen ragen Dichtungsschienen radial in eine in einem stationären Turbinengehäuse ausgebildete Nut. Um ein Anlaufen während des Betriebs zu verhüten, muss ein Spiel zwischen der radialen Spitze der Dichtungsschiene und dem stationären Turbinengehäuse aufrechterhalten werden. Dieses Spiel oder dieser Spalt ermöglichen aber das Auftreten von Leckage. Bei anderen gebräuchlichen Konstruktionen ragt die Dichtungsschiene in einem wabenartigen Mantel, der dem umlaufenden Spitzendeckband gegenüber liegt. Typischerweise ist aus verschiedenen Gründen an der (auch als Saugseite bezeichneten) vorderen Kante der Dichtungsschiene ein Schneidzahn so angeordnet, dass er eine Nut in den wabenartigen Laufweg des stationären Mantels einschneidet, die breiter ist als die Breite der Dichtungsschiene. Dieser geringfügig breitere Laufweg schafft ein Spiel oder einen Spalt, der eine Leckströmung zwischen dem Hochdruck- und dem Niederdruckbereich auf gegenüberliegenden Seiten der Dichtungsschiene ermöglicht. Wie dem Fachmann bekannt, beeinträchtigt eine Leckage dieser Art die Leistung und den Wirkungsgrad der Turbinenmaschine. Es besteht deshalb ein Bedürfnis nach verbesserten Verfahren, Systemen und/oder -vorrichtungen, die diese Art Spalte oder Hohlräume wirksamer abdichten, so dass eine Leckage verringert oder minimiert werden kann.

[0016] Außerdem wird, wie bereits erwähnt oft Kühlluft von dem Verdichter zu Teilen der Turbine hin abgezweigt, um bestimmte Komponenten gegen die extremen Temperaturen des Heißgaspfades zu schützen. Die Kühlluft kann direkt zum Kühlen der Komponenten oder dazu verwendet werden, Hohlräume zu spülen, in der Art, dass kein Arbeitsfluid in die gespülten Hohlräume eintritt. Beispielsweise ist ein Bereich der gegen extreme Temperaturen des Arbeitsfluids empfindlich ist der Raum, der allgemein betrachtet radial einwärts von dem Heißgaspfad liegt. Dieser Bereich, der oft als innerer Radraum oder Turbinenradraum bezeichnet wird, enthält mehrere Turbinenräder oder -rotoren auf denen die umlaufenden Rotorschaufeln befestigt sind. Wenngleich die Rotorschaufeln so ausgelegt sind, dass sie den extremen Temperaturen des Heißgaspfades widerstehen, so gilt dies in der Regel nicht für die Rotoren und demgemäß ist es erforderlich, zu verhindern, dass Arbeitsfluid aus dem Heißgaspfad in den Radraum einströmt.

[0017] Notwendigerweise sind aber axiale Spalte zwischen den umlaufenden Schaufeln und den diese umgebenden stationären Teile vorhanden, und durch diese Spalte kann Arbeitsfluid Zugang zu dem Radraum erlangen. Außerdem können, als Folge der jeweiligen Erwärmung der Maschine und wegen unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen den umlaufenden und den stationären Komponenten, diese Spalte sich erweitern oder schrumpfen, abhängig von der jeweiligen Betriebsweise der Maschine. Diese Größenvariabilität macht es schwierig diese Spalte ausreichend abzudichten, was im Allgemeinen bedeutet, dass der Turbinenradraum gespült werden muss, um einen Heißgaseintritt zu verhüten.

[0018] Spülen erfordert, dass der Druck in dem Radraum auf einem Niveau gehalten werden muss, das höher ist, als der Druck des Arbeitsfluids, um so eine positive Spülluftströmung durch die axiale Spalte und in den Heißgasweg hinein zu erzeugen. Typischerweise wird dies in der Weise erreicht, dass Luft von dem Verdichter abgezweigt und direkt in den Radraum eingeleitet wird. Wenn dies geschieht, wird eine nach außen gerichtete Strömung von Spülluft erzeugt (d.h. ein Spülluftstrom aus dem Radraum zu dem Heißgasweg hin), und diese Auswärtsströmung durch die Spalte verhütet den Einstrom von Arbeitsfluid. Auf diese Weise können die Komponenten in dem Radraum gegen die extremen Temperaturen des Arbeitsfluids geschützt werden.

[0019] Das Spülen des Radraums hat aber seinen Preis. Wie dem Fachmann bekannt, beeinträchtigt sein Einsatz die Leistung und den Wirkungsgrad der Turbinenmaschine, weil die Spülluft an der Verbrennung vorbei strömt. Das bedeutet, dass größere Mengen Kühlluft die Ausgangsleistung und den Wirkungsgrad der Maschine verringern. Demgemäß sollte die Verwendung von Kühlluft wenn immer möglich, minimiert werden. Demzufolge besteht auch ein Bedürfnis nach verbesserten Verfahren, Systemen und/oder Vorrichtungen, die Spalte oder Hohlräume wirkungsvoller gegen Arbeitsfluideintritt abdichten, so dass der Einsatz von Spülluft minimiert werden kann.

[0020] Wie im Nachfolgenden im Detail beschrieben, schlägt die vorliegende Erfindung eine Befriedigung der vorstehend geschilderten Bedürfnisse (d.h. der Notwendigkeit einer verbesserten Abdichtung zur Verringerung von Leckageströmungen und der Verwendung von Kühlluft in Turbinenmaschinen, wie auch zur Schaffung verbesserter Kühleigenschaften für die Kühlluft und zusätzlicher Vorteile) durch die Verwendung einer aerodynamischen Beschauflung vor, die einen Wirbelvorhang erzeugt. Das bedeutet, dass das Drehmoment von umlaufenden Komponenten der Turbinenmaschine bei oder nahe einer Leckage oder eines Spülspaltes in kinetische Fluidenergie umgesetzt werden kann, derart, dass verbesserte Abdichtungseigenschaften erreicht werden können.

Insbesondere kann das mit Energie beladene Fluid dazu verwendet werden, Leckage oder die Verwendung von Kühlluft zu verringern oder zu eliminieren, abhängig von den speziellen Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalles. Dies kann, wie in nachstehenden größeren Einzelheiten beschrieben, durch die Verwendung eines Wirbelvorsprungs gemäß der Erfindung erreicht werden.

[0021] Im Nachstehenden sind zwei Anwendungen beschrieben. Die erste betrifft die Verwendung eines Wirbelvorsprungs gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung zur besseren Abdichtung des Spaltes zwischen dem äußeren radialen Ende einer Turbinenschaufel und dem stationären Mantel derart, dass zusammen mit anderen Vorteilen, die Leckageströmung verringert wird. Die zweite beispielhafte Anwendung betrifft die Verwendung eines Wirbelvorsprungs gemäß einer alternativen beispielhaften nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsform zur besseren Abdichtung eines Spaltes in dem Heißgaspfad derart, dass zusammen mit anderen Vorteilen der Einsatz von Kühlluft in einem zu spülenden Hohlraum verringert ist.

[0022] Zum technischen Hintergrund veranschaulichen unter Bezugnahme auf die Figuren, die **Fig. 1** bis **Fig. 3** eine beispielhafte Gasturbinenmaschine in der Ausführungsformen der vorliegenden Anmeldung eingesetzt werden können. Für den Fachmann versteht sich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf diese Art der Verwendung beschränkt ist. Wie erwähnt, kann die vorliegende Erfindung bei Gasturbomaschinen eingesetzt werden, wie Maschinen, die bei der Energieerzeugung und in Flugzeugen Verwendung finden, in Gasturbinenmaschinen und anderen Arten umlaufender Maschinen. **Fig. 1** ist eine schematische Veranschaulichung einer Turbinenmaschine **50**, die eine Gasturbinenmaschine ist. Gasturbinenmaschinen arbeiten allgemein in der Weise, dass sie Energie aus einem verdichteten Heißgasstrom entziehen, der durch die Verbrennung eines Brennstoffs in einem Strom verdichteter Luft erzeugt wird. Wie in **Fig. 1** dargestellt, kann die Turbinenmaschine **50** mit einem Axialverdichter **52**, der mittels einer gemeinsamen Welle oder eines gemeinsamen Rotors an einen nachgeschalteten Turbinenabschnitt oder eine Turbine **54** angekuppelt ist und einer Brennkammer **56** ausgelegt sein, die zwischen dem Verdichter **52** und der Turbine **54** angeordnet ist.

[0023] **Fig. 2** zeigt eine Ansicht eines beispielhaften mehrstufigen Axialverdichters **52**, der in der Gasturbinenmaschine nach **Fig. 1** verwendet werden kann. Wie dargestellt, kann der Verdichter **52** mehrere Stufen aufweisen. Jede Stufe kann eine Reihe Verdichterrotorschaufeln **60** aufweisen, auf die jeweils eine Reihe Verdichterstatorschaufeln **62** folgen. Auf diese Weise kann eine erste Stufe eine Reihe Verdichterrotorschaufeln **60** aufweisen, die um eine ge-

meinsame Mittelwelle umlaufen und auf die eine Reihe Verdichterstatorschaufeln **62** folgen, die während des Betriebs stationär bleiben. Die Verdichterstatorschaufeln **62** sind generell in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und rings um die Drehachse herum ortsfest. Die Verdichterrotorschaufeln **60** sind in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und an der Welle befestigt. Wenn im Betrieb die Welle umläuft, laufen die Verdichterrotorschaufeln **60** um diese um. Wie dem Fachmann bekannt, sind die Verdichterrotorschaufeln **60** so gestaltet, dass sie beim Umlaufen um die Welle der Luft oder dem Fluid, das durch den Verdichter **52** strömt, kinetische Energie verleihen. Der Verdichter **52** kann neben den in **Fig. 2** veranschaulichten Stufen weitere Stufen aufweisen. Zusätzliche Stufen können eine Anzahl in Umfangsrichtung voneinander beabstandeter Verdichterrotorschaufeln beinhalten, an die sich jeweils mehrere in Umfangsrichtung voneinander beabstandete Verdichterstatorschaufeln **62** anschließen.

[0024] **Fig. 3** veranschaulicht eine Teilansicht eines beispielhaften Turbinenabschnitts oder einer Turbine **54**, die in der Gasturbinenmaschine nach **Fig. 1** verwendet werden kann. Die Turbine **54** kann ebenfalls mehrere Stufen beinhalten. Es sind drei beispielhafte Stufen veranschaulicht. Es können aber in der Turbine **54** mehr oder weniger Stufen vorhanden sein. Eine erste Stufe beinhaltet mehrere Turbinenschaufeln oder Turbinenrotorschaufeln **66**, die im Betrieb um die Welle umlaufen und eine Anzahl Düsen oder Turbinenstatorschaufeln **68**, die während des Betriebs stationär bleiben. Die Turbinenstatorschaufeln **68** sind, allgemein gesehen, in Umfangsrichtung voneinander beabstandet und rings um die Drehachse ortsfest. Die Turbinenrotorschaufeln **66** können auf einem (nicht dargestellten) Turbinenrad angeordnet sein, so dass sie um die (nicht dargestellte) Welle umlaufen. Außerdem ist eine zweite Stufe der Turbine **54** dargestellt. Die zweite Stufe enthält in gleicher Weise eine Anzahl in Umfangsrichtung voneinander beabstandeter Turbinenstatorschaufeln **68**, auf die jeweils eine Anzahl in Umfangsrichtung voneinander beabstandete Turbinenrotorschaufeln **66** folgt, die ebenfalls auf einem Turbinenrad angeordnet sind, so dass sie mit diesem umlaufen. Weiterhin ist eine dritte Stufe dargestellt. Diese enthält in ähnlicher Weise mehrere Turbinenstatorschaufeln **68** und Rotor-schaufeln **66**. Es versteht sich, dass die Turbinenstatorschaufeln **68** und die Turbinenrotorschaufeln **66** in dem Heißgaspfad in der Turbine **54** liegen. Die Strömungsrichtung der Heißgase durch den Heißgaspfad ist durch einen Pfeil angedeutet. Für den Fachmann versteht sich, dass die Turbine **54** außer den in **Fig. 3** dargestellten Stufen noch weitere Stufen aufweisen kann. Jede zusätzliche Stufe kann eine Reihe Turbinenstatorschaufeln **68** beinhalten, auf die eine Reihe Turbinenrotorschaufeln **66** folgt.

[0025] Im Betrieb kann eine Umlaufbewegung der Verdichterrotorschaukeln **60** in dem Axialverdichter **52** einen Luftstrom verdichten. In der Brennkammer **56** kann, wenn verdichtete Luft mit einem Brennstoff vermischt und gezündet wird, Energie freigesetzt werden. Der sich ergebende Strom heißer Gase aus der Brennkammer **56**, die als das Arbeitsfluid bezeichnet werden können, wird sodann über die Turbinenrotorschaukeln **66** geleitet, wobei der Arbeitsfluidstrom die Umlaufbewegung der Turbinenrotorschaukeln **66** um die Welle erzeugt. Dadurch wird die Energie des Arbeitsfluidstroms in mechanische Energie in den umlaufenden Schaukeln und, wegen der Verbindung zwischen den Rotorschaukeln und der Welle, der umlaufenden Welle umgesetzt. Die mechanische Energie der Welle kann sodann dazu verwendet werden, die Verdichterrotorschaukeln **60** in Umlauf zu versetzen derart, dass die erforderliche Zufuhr verdichteter Luft erzeugt wird und beispielsweise auch ein Generator elektrische Energie erzeugt.

[0026] Vor einer weiteren Erläuterung erscheint es zweckmäßig, zur klaren Darstellung der Erfindung der vorliegenden Anmeldung eine Terminologie auszuwählen, die sich auf bestimmte Maschinenkomponenten oder Teile einer Turbinenmaschine bezieht und diese beschreibt. Wenn immer möglich, wird eine gebräuchliche industrielle Terminologie verwendet und in einer gebräuchlichen Bedeutung entsprechenden Weise benutzt. Der Fachmann weiß, dass bestimmte Komponenten häufig mit mehreren verschiedenen Bezeichnungen angesprochen werden. Auch kann, was hier als ein Einzelteil beschrieben ist, in anderem Kontext auch aus mehreren Komponententeilen bestehen und so in Bezug genommen werden, oder aber was hier als mehrere Komponententeile enthaltend beschrieben ist, kann in gewissen Fällen als Einzelteil ausgebildet und als solches in Bezug genommen sein. Allgemein gilt, dass beim Verständnis des Umfangs der hier beschriebenen Erfindung die Aufmerksamkeit nicht nur auf die Terminologie und die hier gegebene Beschreibung gelenkt werden darf, sondern auch auf den Aufbau, die Konfiguration, die Funktion und/oder die Verwendung der Komponente wie sie hier beschrieben sind.

[0027] Zusätzlich können hier verschiedene beschreibende Ausdrücke verwendet sein. Die Bedeutung dieser Ausdrücke soll die nachfolgenden Definitionen beinhalten. Der Ausdruck „Rotorschaukel“ ist ohne weitere spezifische Bedeutung ein Bezug auf die umlaufenden Schaukeln, entweder des Verdichters **52** oder der Turbine **54** wozu sowohl Verdichterrotorschaukeln **60** als auch Turbinenrotorschaukeln **66** gehören. Der Ausdruck „Statorschaukel“ nimmt ohne weitere spezifische Bedeutung auf die feststehenden Schaukeln, entweder des Verdichters **52** oder der Turbine **54** Bezug, wobei sowohl Verdichterstatorschaukeln **62** als auch Turbinenstatorschaukeln **68** gehören. Der Ausdruck „Schaufel“ wird hier

so verwendet, dass er sich auf jeden Schaufeltyp bezieht. Demgemäß beinhaltet der Ausdruck „Schaufeln“ ohne weitere spezifische Erläuterung alle Typen von Turbinenmaschinenschaufeln, einschließlich Verdichterrotorschaukeln **60**, Verdichterstatorschaufeln **62**, Turbinenrotorschaukeln **66** und Turbinenstatorschaufeln **68**. Außerdem sind, so wie hier verwendet, „stromabwärts“ und „stromaufwärts“ Ausdrücke die eine auf den Arbeitsfluidstrom durch die Turbine bezügliche Richtung angeben. Der Ausdruck „stromabwärts“ bedeutet deshalb die Strömungsrichtung, während der Ausdruck „stromaufwärts“ die der Strömung durch die Turbine entgegengesetzte Richtung bedeutet. Im Zusammenhang mit diesen Ausdrücken beziehen sich die Ausdrücke „hinten“ und/oder „Hinterkante“ auf die stromabwärtige Richtung, das stromabwärtige Ende und/oder die Richtung des stromabwärtigen Endes der gerade beschriebenen Komponenten. Die Ausdrücke „vorne“ und/oder „Vorderkante“ beziehen sich auf die stromaufwärtige Richtung, das stromaufwärtige Ende und/oder in die Richtung des stromaufwärtigen Endes der gerade beschriebenen Komponenten. Der Ausdruck „radial“ betrifft eine Bewegung und/oder eine Position rechtwinklig zu einer Achse. Häufig ist es erforderlich Teile zu beschreiben, die sich in unterschiedlichen radialen Positionen bezüglich einer Achse befinden. In diesem Falle, wenn eine erste Komponente näher der Achse liegt als eine zweite Komponente, kann hier gesagt sein, dass die erste Komponente „innerhalb“ oder „radial innen von“ der zweiten Komponente liegt. Falls auf der anderen Seite die erste Komponente weiter von der Achse ab liegt als die zweite Komponente, kann hier gesagt sein, dass die erste Komponente „außerhalb“ oder „radial auswärts von“ der zweiten Komponente sich befindet. Der Ausdruck „axial“ bezieht sich auf eine Bewegung oder Position parallel zu einer Achse, und der Ausdruck „in Umfangsrichtung“ bezieht sich auf eine Bewegung oder Position rings um eine Achse.

[0028] Bezug nehmend nun auf die **Fig. 4** bis **Fig. 9** wird die erste beispielhafte Anwendung eines Wirbelvorsprungs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. Die **Fig. 4**, **Fig. 5** zeigen eine typische, an der Spitze mit einem Deckband versehene Turbinenrotorschaukel **100**. Die Turbinenrotorschaukel **100** weist ein Schaufelblatt **102** auf, das, wie beschrieben, die aktive Komponente ist, die die Strömung des Arbeitsfluids aufnimmt. Wie dargestellt, ist auf der Oberseite des Schaufelblatts **102** ein Spitzendeckband **104** angeordnet. Das Spitzendeckband **104** ist im Wesentlichen eine ebene Platte, die auf ihre Mitte zu durch das Schaufelblatt **102** abgestützt ist. Längs der Oberseite des Deckbands **104** ist eine Dichtungsschiene **106** angeordnet. Die Dichtungsschiene **106** ist, wie im vorstehenden beschrieben, so ausgebildet, dass sie den Durchstrom von Arbeitsfluid durch den Spalt zwischen dem Deckband **104** und der Innenfläche der umgebenden Kompo-

nente (wozu wie erläutert bei einigen Anwendungen ein stationärer Waben oder abtragbarer Mantel gehören) behindert. Wie ebenfalls bereits erläutert, verhindern aber bestimmte praktische Zwänge, dass die Dichtungsschiene **106** eine wirksame Abdichtung gegen Leckageströmungen ist.

[0029] Die **Fig. 6** bis **Fig. 8** veranschaulichen eine mit einem Deckband versehene Turbinenrotorschaukel mit Wirbelvorsprüngen **110** gemäß beispielhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Wie dargestellt, ist ein Wirbelvorsprung **110** an der näherungsweise radial ausgerichteten Fläche der Dichtungsschiene **106**, die hier als die Seite der Dichtungsschiene bezeichnet ist, befestigt. Der Wirbelvorsprung **110** kann, wie dargestellt, an beiden Seiten der Dichtungsschiene **106** befestigt sein, das heißt auf der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Seite, wenngleich bei anderen Ausführungsformen der Wirbelvorsprung **110** lediglich auf einer Seite der Dichtungsschiene **106** angebracht sein kann. Allgemein ist, wie dargestellt, der Wirbelvorsprung **110** ein nicht achsymmetrischer Vorsprung, der so gestaltet ist, dass er während des Betriebs ein Wirbelströmungsmuster auf jeder Seite der Dichtungsschiene **106** induziert. Wie nachfolgend noch im größeren Detail erörtert, kann die Wirbelströmung dazu verwendet werden, einem Leckstrom über die Dichtungsschiene **106** entgegen zu wirken, diesen zu verhindern oder zu behindern, derart, dass der Wirkungsgrad der Turbinenmaschine verbessert wird.

[0030] Der Wirbelvorsprung **110** kann verschiedene Formen und Gestalten annehmen, und die hier angegebenen Beispiele sind nicht beschränkend zu verstehen. Im Allgemeinen weist der Wirbelvorsprung **110** einen achsialen Vorsprung auf, der sich auch in Umfangsrichtung und radial erstreckt. Bei einigen Ausführungsformen, wie sie in den **Fig. 6**, **Fig. 7** dargestellt sind, kann der Wirbelvorsprung **110** eine dünne Rippe aufweisen, die sich längs einer Achse wendet oder krümmt. Wie im Einzelnen noch erläutert, wird dadurch eine Außenoberfläche ausgebildet, die eine näherungsweise teilhelikoidale Gestalt aufweist. Außerdem kann der Wirbelvorsprung **110** so positioniert sein, dass wenn in Bewegung oder einem Luftstrom ausgesetzt, diese Außenoberfläche mit dem sie umgebenden Arbeitsfluid zusammenwirkt und in diesem ein Wirbelströmungsmuster erzeugt. Zu beachten ist, dass bei nicht dargestellten alternativen Ausführungsformen die Außenoberfläche des Wirbelvorsprungs **110** anstatt eine glatte gekrümmte Kontur zu haben, aus linearen Segmenten zusammengesetzt sein kann, die ähnliche Wirbelströmungsmuster erzeugen wie das gekrümmte Ausführungsbeispiel nach den **Fig. 6**, **Fig. 7**.

[0031] Die **Fig. 6**, **Fig. 7** veranschaulichen zwei verschiedene Ansichten von Wirbelvorsprüngen **110**, so wie diese auf einer beispielhaften, mit einem Deck-

band versehenen Turbinenschaufel positioniert sein können. Die Wirbelvorsprünge **110** können als ein stromaufwärtiger Wirbelvorsprung **112** und ein stromabwärtiger Wirbelvorsprung **114** bezeichnet werden. Wie dargestellt, weist jeder dieser Wirbelvorsprünge **112**, **114** eine näherungsweise rechteckige Gestalt auf, die längs eine Achse gewandelt ist. Die Verwindungsachse kann, wie dargestellt, die in Umfangsrichtung ausgerichtete Achse sein. Das Maß der Wendelung kann abhängig von der jeweiligen Anwendung variieren. So wie hier verwendet, kann das Maß der Verwindung als der Winkelversatz zwischen den einander gegenüberliegenden Kanten des Wirbelvorsprungs beschrieben werden, die im Wesentlichen rechtwinklig zu der Achse verlaufen, längs derer der Wirbelvorsprung **110** verwunden ist. In Fällen in denen eine oder beide der einander gegenüberliegenden Kanten gekrümmt sind, kann eine die beiden Ecken der Kanten miteinander verbindende Bezugslinie zur Bestimmung des Winkels benutzt werden. Wie in den **Fig. 6**, **Fig. 7** dargestellt, kann diese Bezugslinie mit einer die gegenüberliegende Kante wiedergebenden Bezugslinie verglichen werden, um einen Winkel auszubilden, der als das Maß der Verwindung bei dem Wirbelvorsprung **110** definiert ist. Bei einigen Ausführungsformen hat der Wirbelvorsprung **110** ein solches Maß der Verwindung, dass der ausgebildete Winkel zwischen etwa 10° und 80° liegt. Vorzuziehen ist, dass bei anderen Ausführungsformen der Wirbelvorsprung **110** ein solches Maß der Verwindung aufweist, dass der ausgebildete Winkel zwischen etwa 30° und 60° liegt. Weiterhin hat der Wirbelvorsprung **110** bei anderen bevorzugten Ausführungsformen ein solches Maß der Verwindung, dass der ausgebildete Winkel etwa 45° beträgt.

[0032] Der stromaufwärtige Wirbelvorsprung **112** und der stromabwärtige Wirbelvorsprung **114** sind, wie dargestellt, in Gestalt und Form gleich, jeder kann aber in unterschiedlicher Weise befestigt und ausgerichtet sein, um die gewünschten Resultate zu erzielen. Jeder ist von Gestalt im Wesentlichen rechteckig und weist vier Seiten oder Kanten auf. Die vier Kanten können im Hinblick auf ihre Orientierung und Platzierung auf der Rotorschaukel und auf die Drehrichtung der Rotorschaukel im Betrieb beschrieben werden (zu beachten ist, dass die Drehrichtung der Rotorschaukel in den **Fig. 6**, **Fig. 7** durch einen Pfeil **115** angegeben ist). Der stromaufwärtige Wirbelvorsprung **112** weist auf: Eine in die Drehrichtung blickende oder vordere Kante **116**; eine innen liegende Kante **117**, eine hintere Kante **118** und eine außen liegende Kante **119**. Der stromaufwärtige Wirbelvorsprung **112** kann, wie dargestellt, an der Dichtungsschiene **106** längs zweier seiner Kanten befestigt sein. Diese Kanten können, wie dargestellt, die Vorderkante **116** und die einwärtige Kante **117** sein. Die verwundene Gestalt des Wirbelvorsprungs **110** kann, wie dargestellt, dadurch ausgebildet sein, dass die der von den beiden

befestigten Kanten gebildeten Ecke diagonal gegenüberliegende Ecke, welche die zwischen der Außenkante **119** und der Hinterkante **118** gebildete Ecke ist, so konfiguriert ist, dass diese Ecke von der Seite der Dichtungsschiene **106** entfernt liegt. Mehr im Einzelnen gesehen, kann die vordere Kante **116** näherungsweise linear und parallel mit der Seite der Dichtungsschiene **106** sein, während die Hinterkante **118** dadurch gekrümmt sein kann, dass die zwischen der Außenkante **119** und der Hinterkante **118** ausgebildete Ecke, wie dargestellt, von der Seite der Dichtungsschiene **106** weg gebogen ist. Diese Art Konfiguration führt zu einer Vorderkante **116**, die parallel zu der radial ausgerichteten Dichtungsschiene **106** ist und zu einer Hinterkante **118**, die in Bezug auf die Vorderkante **116** näherungsweise gegen den Uhrzeigersinn verwunden ist (betrachtet aus einer Position hinter der Hinterkante des Deckbandes **104**).

[0033] Der strömungsabwärtige Wirbelvorsprung **114** ist, wie dargestellt, so beschrieben, dass er aufweist:

Eine in die Drehrichtung blickende oder Vorderkante **120**; eine Innenkante **121**, eine Hinterkante **122** und eine Außenkante **123**. Der strömungsabwärtige Wirbelvorsprung **114** kann, wie dargestellt, längs einer Kante an der Dichtungsschiene **106** befestigt sein. Diese Kante kann, wie dargestellt, die Innenkante **121** sein. Die verwundene Gestalt des Wirbelvorsprungs **114** kann, wie ebenfalls dargestellt, dadurch ausgebildet sein, dass die zwischen der Hinterkante **122** und der Außenkante **123** ausgebildete Ecke so konfiguriert ist, dass sie außerhalb der äußeren radialen Seite des Deckbandes **104** liegt. Mehr im Einzelnen betrachtet, kann die Vorderkante **120** näherungsweise linear und rechtwinklig zu der Seite der Dichtungsschiene **106** sein, während die Hinterkante **122** so gekrümmt ist, dass die zwischen der Außenkante **123** und der Hinterkante **122** gebildete Ecke, wie dargestellt, in einer nach außen zu gerichteten radialen Richtung versetzt ist. Diese Art Konfiguration ergibt eine Vorderkante **120**, die parallel zu der äußeren Oberfläche des Deckbandes **104** ist und eine Hinterkante **122**, die in Bezug auf die Vorderkante **120** näherungsweise gegen den Uhrzeigersinn verwunden ist (betrachtet aus einer Position hinter der Hinterkante des Deckbandes **104**).

[0034] Bei einer nicht dargestellten alternativen Ausführungsform kann der stromabwärtige Wirbelvorsprung **114** auch eine Verbindung mit der äußeren radialen Oberfläche des Deckbandes haben. In diesem Falle kann der stromabwärtige Wirbelvorsprung **114** immer noch mit der Seite der Dichtungsschiene **106** verbunden sein, oder er kann vollständig von dem Deckband **104** getragen sein. Bei anderen nicht dargestellten Ausführungsformen kann der stromabwärtige

Wirbelvorsprung **114** von der Dichtungsschiene **106** und vollständig von der äußeren radialen Oberfläche des Deckbandes getragen sein.

[0035] Bei einigen alternativen Ausführungsformen kann der Wirbelvorsprung **110** anstelle der verhältnismäßig dünnen Rippe ein Vorsprung mit einem dickeren oder kräftigen Körper sein. **Fig. 8** veranschaulicht einen stromaufwärtigen Wirbelvorsprung **112** und einen stromabwärtigen Wirbelvorsprung **114** dieser Art. Wie dargestellt, weist jeder dieser Wirbelvorsprünge **110** eine Außenfläche auf, die eine ähnlich gekrümmte Kontur hat, wie sie bei den Ausführungsformen nach den **Fig. 6**, **Fig. 7** veranschaulicht ist. Demzufolge wirken die Wirbelvorsprünge **112**, **114** der **Fig. 8** gleich wie die in den **Fig. 6**, **Fig. 7** dargestellten Ausführungsformen mit dünner Rippe. Der dickere Körper kann für einige Anwendungen von Vorteil sein, weil eine große Oberfläche zur Befestigung verwendet werden kann, um so die Verbindung zwischen dem Wirbelvorsprung **110** und dem Deckband oder einer anderen Oberfläche zu verstärken. Alternativ kann der dickere Körper die Möglichkeit bieten, den Vorsprung einfacher als ein integrales Teil der Komponente mit der er verbunden ist, zu fertigen. Es versteht sich, dass alle anderen Ausführungsformen, die hier so angegeben sind, dass sie verhältnismäßig dünne Rippen aufweisen, auch mit den dickeren Körpern, wie in **Fig. 8** dargestellt gesehen sein können.

[0036] **Fig. 9** veranschaulicht eine schematische Darstellung eines stromaufwärtigen Wirbelvorsprungs **112** und eines stromabwärtigen Wirbelvorsprungs **114** im Gebrauch. Wie es bei gebräuchlicher Konstruktion üblich ist, erstreckt sich die Dichtungsschiene **106** von dem Deckband **104** radial nach außen und teilweise in eine Vertiefung oder Nut **125**, die in dem Turbinengehäuse **126** ausgebildet ist (zu beachten ist, dass wie oben erwähnt, in gewissen Fällen die Dichtungsschiene **106** dazu verwendet kann eine Nut in ein abtragbares Wabenmaterial einzuschneiden. Die bei dieser Anordnung ausgebildete Dichtung erlaubt aber, wie ebenfalls bereits erläutert, eine Leckage. Der Fachmann sieht, dass die vorliegende Erfindung auch für diese Art Anordnung verwendet werden kann). Im Gebrauch strömt normalerweise eine Leckageströmung durch den Spalt, der zwischen der Dichtungsschiene **106** und der Nut **125** vorhanden sind. Dem Fachmann ist bekannt, dass die Umlaufbewegung der Rotorschaukeln und die Ausbildung und Platzierung des stromaufwärtigen Wirbelvorsprungs **112** und des stromabwärtigen Wirbelvorsprungs **114** bewirken, dass sich ein Wirbelströmungsmuster entwickelt, das durch einen Pfeil **127** bzw. **128** angedeutet ist. Mehr im Einzelnen erzeugt die von dem stromaufwärtigen Wirbelvorsprung **112** induzierte Strömung, wie in dem Pfeil **127** angedeutet, eine Spiralströmung, die bogenförmig nach außen geht und einen Widerstand gegen Arbeitsfluid bildet, das sonst zu der Nut **125** hin und

durch den Spalt strömen würde. Das bedeutet, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster **127** sich so ringelt, dass es allgemein zumindest teilweise dem Arbeitsfluid entgegen wirkt, das zu dem Spalt hin strömen will.

[0037] Die von dem strömungsabwärtigen Wirbelvorsprung **114** induzierte Strömung wirkt, wie durch einen Pfeil **128** angedeutet, in gleicher Weise mit dem Unterschied, dass sie einer Durchströmung des Spaltes von der Rückseite des Spaltes oder von einer stromabwärtigen Position aus, entgegenwirkt. Mehr im einzelnen erzeugt die von dem stromabwärtigen Wirbelvorsprung **114** induzierte Strömung, wie durch den Pfeil **128** angedeutet, eine Spiralströmung, die auswärts gebogen ist und die einen Widerstand gegen Arbeitsfluid bildet, das sonst durch den Spalt durchströmen würde. Das heißt, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster **128** sich so ringelt, dass es allgemein zumindest teilweise Arbeitsfluid entgegenwirkt, das sonst durch den Spalt durchströmen will.

[0038] Nochmals auf die Figuren Bezug nehmend, ist dort eine zweite beispielhafte Verwendung eines Wirbelvorsprungs gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. **Fig. 10** zeigt schematisch eine Schnittdarstellung des radial innen liegenden Teils mehrerer Reihen von Schaufeln, wie sie in einer beispielhaften Turbine herkömmlicher Bauart vorgesehen sein können. Der Fachmann sieht, dass die Darstellung die radial einwärts liegenden Merkmale von zwei Reihen von Rotorschaukeln **66** und zwei Reihen von Statorschaukeln **68** zeigt. Jede Rotorschaukel **66** verfügt ganz allgemein über ein Schaufelblatt **102**, das in dem Heißgaspfad liegt und mit dem Arbeitsfluid der Turbine zusammenwirkt (dessen Strömungsrichtung durch einen Pfeil **131** angedeutet ist), einen Schwalbenschwanz **132**, der die Rotorschaukel **66** an einem Rotorrad **134** befestigt und zwischen dem Schaufelblatt **102** und dem Schwalbenschwanz **132** über einen Abschnitt, der typischerweise als Schaft **136** bezeichnet wird. So wie hier verwendet, soll sich der Schaft **136** auf den Abschnitt der Rotorschaukel **66** beziehen, der zwischen den Befestigungsmitteln, in diesem Fall dem Schwalbenschwanz **132** und dem Schaufelblatt **102** liegt. Jede Statorschaukel **68** verfügt allgemein über ein Statorschaukelblatt oder Schaufelblatt **140**, das in dem Heißgaspfad liegt und mit dem Arbeitsfluid zusammenwirkt und radial einwärts von dem Schaufelblatt **140** über eine innere Seitenwand **142** sowie radial innerhalb der inneren Seitenwand **142** und über einen Zwischenboden **144**. Typischerweise ist die innere Seitenwand **142** einstückig mit dem Schaufelblatt **140** und sie bildet die innere Begrenzung des Heißgaspfades. Der Zwischenboden **144** ist typischerweise an der inneren Seitenwand **142** befestigt (wenngleich er auch einstückig mit dieser ausgebildet sein kann) und erstreckt sich in einer radial nach innen ge-

richteten Richtung um eine Dichtung **146** mit der umlaufenden Maschinerie zu bilden.

[0039] Zu bemerken ist, dass längs des radial inneren Randes des Heißgaspfades axiale Spalte vorhanden sind. Diese Spalte, die hier als „grabenartige Hohlräume **150**“ zu ende bezeichnet sind, sind deshalb vorhanden, weil zwischen den umlaufenden Teilen, d. h. den Rotorschaukeln **66**) und den stationären Teilen (d. h. den Statorschaukeln **68**) ein Raum vorhanden sein muss. Wegen der Art und Weise, in der sich die Maschine erwärmt, unter verschiedenen Belastungsbedingungen arbeitet und wegen der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten einer der Komponenten, verändert sich im Allgemeinen die Breite des grabenförmigen Hohlraums **150** (das heißt der axiale Abstand über den Spalt). Das bedeutet, dass der grabenförmige Hohlraum **150**, abhängig von der Betriebsweise der Maschine, sich verbreitern oder schrumpfen kann. Da es im hohen Maße unerwünscht ist, dass die umlaufenden Teile an stationären Teilen reiben, muss die Maschine so ausgelegt sein, dass unter allen Betriebsbedingungen wenigstens ein gewisser Raum an den Orten des grabenförmigen Hohlraums **150** vorhanden ist. Dies führt allgemein zu einem grabenförmigen Hohlraum **150**, der unter einigen Betriebsbedingungen verhältnismäßig schmal ist und unter anderen Betriebsbedingungen eine verhältnismäßig breite Öffnung darstellt. Ein grabenförmiger Hohlraum **150** mit einer verhältnismäßig breiten Öffnung ist naturgemäß deshalb unerwünscht, weil er allgemein zu einem stärkeren Arbeitsfluideintritt, in den Turbinenradraum einlädt.

[0040] Es versteht sich, dass ein grabenförmiger Hohlraum **150** allgemein an jeder Stelle längs der radial inneren Begrenzung des Heißgaspfades vorhanden ist, wo umlaufende Teile an stationäre Teile angrenzen. Demgemäß ist, wie dargestellt, ein grabenförmiger Hohlraum **150** zwischen der Hinterkante der Rotorschaukel **66** und der Vorderkante der Statorschaukel **68** und zwischen der Hinterkante der Statorschaukel **68** und der Vorderkante der Rotorschaukel **66** vorhanden. Typischerweise definiert bezüglich der Rotorschaukeln **66** der Schaft **136** einen Rand des grabenförmigen Hohlraumes **150** während hinsichtlich der Statorschaukel **68** die innere Seitenwand **142** den anderen Rand des grabenförmigen Hohlraums **150** definiert. Häufig kann ein Engelflügelvorsprung oder ein Engelflügel **152** (kurz axialer Vorsprung **152**) auf dem Schaft **136** der Rotorschaukeln **64** ausgebildet sein. Jeder Engelflügel **152** kann mit einem Statorvorsprung **154** zusammen wirken, der auf der jeweiligen Statorschaukel **68** ausgebildet ist. Der Statorvorsprung **154** kann entweder auf der inneren Seitenwand **142** oder, wie dargestellt, auf dem Zwischenboden **144** ausgebildet sein. Typischerweise ist der Engelflügel **152**, wie dargestellt, einwärts von dem Statorvorsprung **154** ausgebildet. Es können auch mehr als ein Engelflügel **152**-/ Statorvor-

sprung **154**-Paar vorhanden sein. Allgemein gilt, dass einwärts des ersten Engelflügels **152** der grabenförmige Hohlraum **150** sozusagen in einen Radraum-Hohlraum **156** übergeht.

[0041] Wie bereits erwähnt, ist es erstrebenswert, ein Eindringen des Arbeitsfluids des Heißgaspfades in den grabenförmigen Hohlraum **150** und den Radraum-Hohlraum **156** zu verhindern, weil die extremen Temperaturen die Komponenten in diesem Bereich beschädigen können. Der Engelflügel **152** und der Statorvorsprung **154** sind so ausgebildet, dass die den Eintritt begrenzen. Wegen der sich verändernden Breite der Öffnung des grabenförmigen Hohlraums **150** und der relativen Unwirksamkeit des Engelflügels **152**/Statorvorsprungs **154** würde regelmäßig Arbeitsfluid in den Radraum/Hohlraum **156** eintreten, wenn der Hohlraum nicht mit einer verhältnismäßig großen Menge von dem Verdichter abgezweigter Verdichteterluft gespült würde. Wie bereits erwähnt, muss da Spülluft die Leistung und den Wirkungsgrad der Maschine negativ beeinflusst, deren Verwendung, wenn immer möglich, verringert werden.

[0042] Die **Fig. 11** und **Fig. 12** veranschaulichen Wirbelvorsprünge **160**, die gemäß nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsformen an einer Turbinenrotorschaukel **66** befestigt sein können. Bei dieser Gestaltung können die Wirbelvorsprünge **160** der **Fig. 11**, **Fig. 12** auch dazu verwendet werden, einen Arbeitsmediumseintritt in den grabenförmigen Hohlraum **150** zu drosseln und damit den Einsatz von Spülluft zu verringern. Im Allgemeinen kann der Wirbelvorsprung **160** des grabenförmigen Hohlraums beliebige charakteristische Eigenschaften der im vorstehend erörterten beispielhaften Wirbelvorsprünge **112**, **114** aufweisen, einschließlich dessen, dass er als eine dünne Rippe (wie in den **Fig. 11**, **Fig. 12** dargestellt) gestaltet oder mit einem dickeren, kräftigern Körper ausgebildet ist (ähnlich der in **Fig. 8** dargestellten Ausführungsform). Bei einigen Ausführungsformen können die Wirbelvorsprünge **160** des grabenförmigen Hohlraums der **Fig. 11**, **Fig. 12**, wie dargestellt, in Formgestalt und installierter Orientierung gleich dem sein, was im vorstehenden zu dem stromabwärtigen Wirbelvorsprung **114** erläutert worden ist.

[0043] Bei Verwendung in dem grabenförmigen Hohlraum **150** kann der Wirbelvorsprung **160** an dem Schaft **136** der Rotorschaukel **66** befestigt sein. Bei einigen bevorzugten Ausführungsformen kann der Wirbelvorsprung **160** des grabenförmigen Hohlraums auf der Innenseite der Öffnung des grabenförmigen Hohlraums **150** aber in der Nähe befestigt sein, wie dies in **Fig. 11** dargestellt ist. Bei einer alternativen Ausführungsform kann der Wirbelvorsprung **110** des grabenförmigen Hohlraums an einer Stelle befestigt sein, die einwärts von dem Engelflügel **152** liegt. Bei einer nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsform kann, wie in **Fig. 12** dargestellt, der Wirbelvor-

sprung **160** an dem distalen Ende des Engelflügels **152** befestigt sein.

[0044] Der Wirbelvorsprung **160** des grabenförmigen Hohlraums kann an außen liegenden Teilen des Schaftes **136** (d. h. außerhalb des Engelflügels **152**), (wie in **Fig. 11**) oder des Engelflügels **152** (wie in **Fig. 12**) längs einer Kante befestigt sein, ähnlich dem, was im Zusammenhang mit dem stromabwärtigen Wirbelvorsprung **114** der **Fig. 6**, **Fig. 7** und **Fig. 8** dargestellt und beschrieben worden ist. Diese eine Kante kann auch als eine innere Kante bezeichnet werden. Die verwundene Gestalt eines Wirbelvorsprungs **160** des grabenförmigen Hohlraums kann, wie dargestellt, in der Weise geformt sein, dass, wie dargestellt, die hintere/äußere Ecke so gestaltet ist, dass sie sich in einer im Wesentlichen nach außen gerichteten Richtung krümmt. Mehr im Einzelnen gesehen, kann die vordere Kante des Wirbelvorsprungs **160** des grabenförmigen Hohlraums näherungsweise linear und rechtwinklig zu der Seite des Schafts **136** sein, während die Hinterkante gekrümmt ist, wobei die hintere/äußere Ecke sich in einer im Wesentlichen auswärts gerichteten radialen Richtung biegt, ähnlich dem was für den stromabwärtigen Wirbelvorsprung **114** beschrieben worden ist. Diese Art der Ausbildung führt zu einer Vorderkante, die linear ist und zu einer Hinterkante, die bezüglich der Vorderkante näherungsweise im gegen Uhrzeigersinn (betrachtet aus einer Position hinter dem Schaft **136**) verwunden ist.

[0045] Bei gebräuchlichen Turbinenmaschinen kann Arbeitsfluid durch den grabenförmigen Hohlraum **150** in den Radraum-Hohlraum **156** eintreten. Wie erwähnt, kann dieser Eintritt durch die Verwendung eines Wirbelvorsprungs **160** für den grabenförmigen Hohlraum verringert werden. Für den Fachmann versteht sich, dass die Umlaufbewegung der Rotorschaukel und die Ausbildung und Platzierung des Wirbelvorsprungs **160** bewirken, dass sich ein Wirbelströmungsmuster entwickelt, das durch einen Pfeil **170** angedeutet ist. Mehr im Einzelnen betrachtet, erzeugt die von dem Wirbelvorsprung **160** des grabenförmigen Hohlraums induzierte Strömung, wie durch den Pfeil **170** angedeutet, allgemein eine spiralförmige Strömung, die sich bogenförmig nach außen erstreckt und Arbeitsfluid das sonst zu der Öffnung des grabenförmigen Hohlraums **150** hin und in diesen hinein strömen würde, einen Widerstand entgegengesetzt. Das bedeutet, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster **170** sich so ringelt, dass es allgemein wenigstens teilweise Arbeitsfluid entgegenwirkt, das zu der Öffnung des grabenförmigen Hohlraums **150** hinströmen will oder dass sie allgemein wenigstens teilweise Arbeitsfluid, das schon in dem grabenförmigen Hohlraum **150** ist, daran hindert weiter vorzudringen.

[0046] Bezüglich des Wirbelvorsprungs **160** der **Fig. 12** ist zu bemerken, dass in Anbetracht der Enge des grabenförmigen Hohlraums **150** an dieser Stel-

le und dem axialen Laufweg, der zwischen dem Engelflügel **152** und dem Statorvorsprung **154** ausgebildet ist, dieser Ort für den Wirbelvorsprung **160** besonders wirksam sein kann, um einen Fluideintritt zu vermeiden. Wie durch einen Pfeil **171** angedeutet, kann der Wirbelvorsprung **160** in dieser Position ein Strudel- oder Wirbelströmungsmuster erzeugen, das dem Fluideintritt entgegenwirkt und das das Ausströmen von Luft aus dem Radraum-Hohlraum zu dem grabenförmigen Hohlraum **150** und/oder aus dem grabenförmigen Hohlraum **150** zu dem Heißgasweg hin erleichtert und unterstützt. Dies erlaubt es, weniger Spülluft zu verwenden, wodurch die Maschinenleistung erhöht wird.

[0047] Der Kürze wegen und in Anbetracht der Kenntnisse eines Durchschnittsfachmanns ist nicht jede mögliche Iteration hier im Detail erörtert, wenn gleich alle von den mehreren nachfolgenden Patentansprüchen umfassten Kombinationen und möglichen Ausführungsformen einen Teil der vorliegenden Erfindung bilden sollen. Außerdem ergeben sich für den Fachmann aus der vorstehenden Beschreibung verschiedene beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung, Verbesserungen, Veränderungen und Abwandlungen. Solche Verbesserungen, Änderungen und Abwandlungen, die im Vermögen des Fachmanns liegen, sollen von den beigelegten Patentansprüchen ebenfalls abgedeckt sein.

[0048] Eine Turbinenmaschine **50** weist einen Wirbelvorsprung **110** auf, der auf einer im Betrieb der Turbinenmaschine **50** umlaufenden Komponente angeordnet ist, wobei der Wirbelvorsprung **110** eine Außenfläche aufweist, die so gestaltet ist, dass sie ein Wirbelströmungsmuster erzeugt wenn die Komponente während des Betriebs umläuft.

Patentansprüche

1. Turbinenmaschine (50), die einen Wirbelvorsprung (110) aufweist, der auf einer während des Betriebs der Turbinenmaschine (50) umlaufenden Komponente angeordnet ist, wobei der Wirbelvorsprung (110) eine äußere Oberfläche aufweist, die so gestaltet ist, dass sie bei der Umlaufbewegung der Komponente während des Betriebs ein Wirbelströmungsmuster erzeugt, wobei die Turbinenmaschine (50) eine Rotorschaukel nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsform aufweist, die über einen Schaft (136), ein auf dem Schaft (136) angeordnetes Schaufelblatt (102), ein auf einem außen liegenden radialen Ende des Schaufelblattes (102) angeordnetes Deckband (104) und über eine Dichtungsschiene (106) verfügt, die sich im Wesentlichen radial von dem Deckband (104) aus erstreckt; wobei der Wirbelvorsprung (110) an einer von der äußeren radialen Seite des Deckbandes (104) und

der radial ausgerichteten Seite der Dichtungsschiene (106) befestigt ist; wobei der Wirbelvorsprung (110) derart angeordnet ist, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster die Leckströmung von Arbeitsfluid von einer stromaufwärtigen Seite der Dichtungsschiene (106) zu einer stromabwärtigen Seite der Dichtungsschiene (106) hin behindert; wobei die Turbinenmaschine (50) wenigstens einen von einem stromaufwärtigen Wirbelvorsprung (112) und einem stromabwärtigen Wirbelvorsprung (114) aufweist; wobei der stromaufwärtige Wirbelvorsprung (112) einen Wirbelvorsprung (110) aufweist, der stromaufwärts der Dichtungsschiene (106) befestigt ist und eine Vorderkante (116), eine Innenkante (117), eine Hinterkante (118) und eine Außenkante (119) aufweist, wobei der stromaufwärtige Wirbelvorsprung (112) wenigstens längs einer von der Vorderkante (116) und der Innenkante (117) befestigt ist und bei dem die Hinterkante (118) bezüglich der Vorderkante (116) verwunden ist; wobei der stromabwärtige Wirbelvorsprung (114) einen Wirbelvorsprung (110) aufweist, der stromabwärts der Dichtungsschiene (106) befestigt ist und eine Vorderkante (120), eine Innenkante (121), eine Hinterkante (122) und eine Außenkante (123) aufweist, wobei der stromabwärtige Wirbelvorsprung (114) längs der Innenkante (121) befestigt ist und seine Hinterkante (122) bezüglich der Vorderkante (120) verwunden ist.

2. Turbinenmaschine (50) nach Anspruch 1, bei der: der Wirbelvorsprung (110) so angeordnet ist, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster die Leckströmung von Arbeitsfluid durch einen Spalt behindert; der Wirbelvorsprung (110) entweder eine dünne Rippe oder einen dicken starren Körper aufweist; der Wirbelvorsprung (110) einen nicht-achssymmetrischen Vorsprung aufweist; und ein Umriss der äußeren Oberfläche des Wirbelvorsprungs (110) eine im Wesentlichen sanft gekrümmte Kontur und eine näherungsweise teilweise schraubenförmig verwundene Gestalt aufweist.

3. Turbinenmaschine (50) nach Anspruch 1, bei der: der Wirbelvorsprung (110) eine dünne Rippe aufweist, die längs einer Achse verwunden ist; und der Wirbelvorsprung (110) so angeordnet ist, dass die Verwindungsachse näherungsweise in Umfangsrichtung ausgerichtet ist.

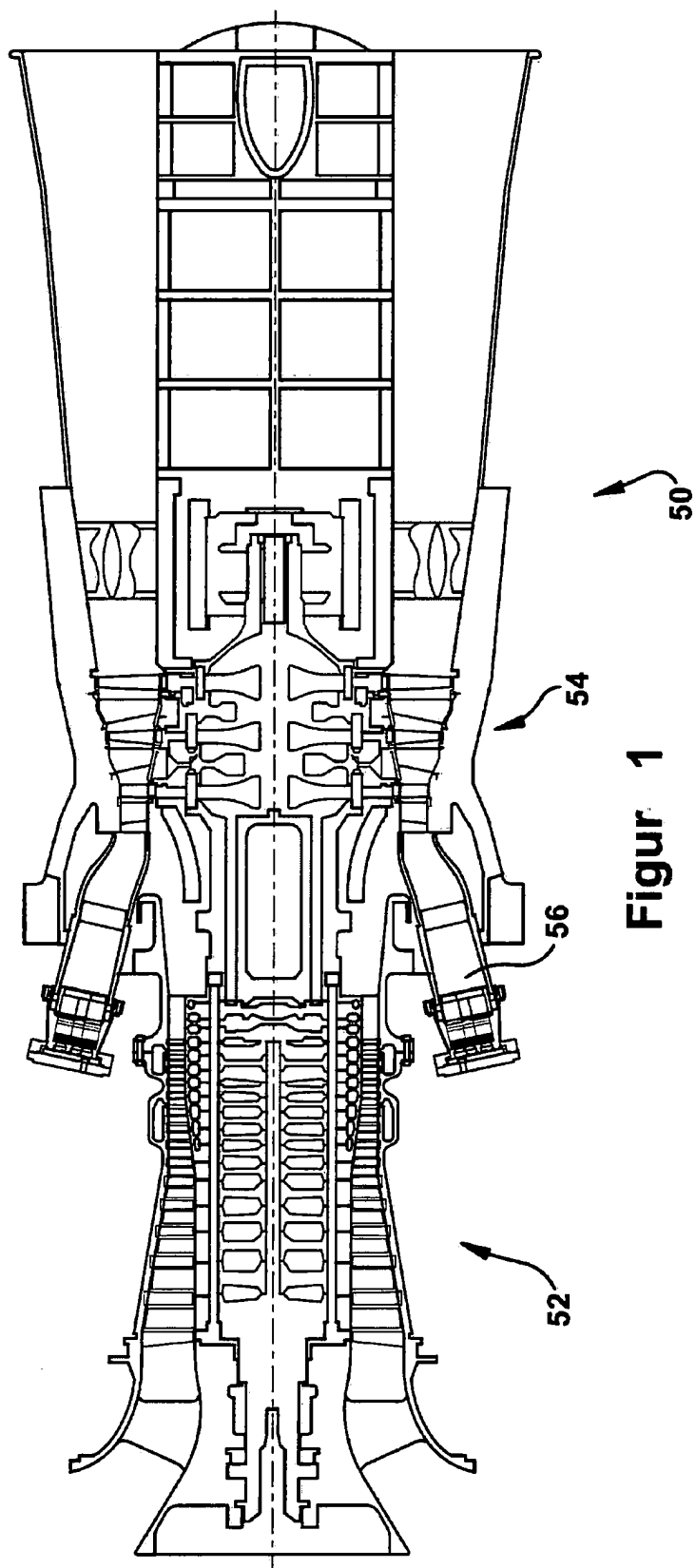
4. Turbinenmaschine (50) nach Anspruch 3, bei der das Maß der Verwindung in einem Bereich von näherungsweise 30° bis 60° liegt.

5. Turbinenmaschine (50) nach Anspruch 3, bei dem das Maß der Verwindung etwa 45° beträgt.

6. Turbinenmaschine (50) nach Anspruch 1, bei der der stromabwärtige Wirbelvorsprung (112) so ausgebildet und positioniert ist, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster einem Arbeitsfluid einen Widerstand entgegensetzt, das sonst zwischen der Dichtungsschiene (106) und einer stationären Komponente zu einem Spalt hin strömen würde; der stromabwärtige Wirbelvorsprung (114) so gestaltet und positioniert ist, dass das induzierte Wirbelströmungsmuster einem Arbeitsfluid, das sonst durch den Spalt zwischen der Dichtungsschiene (106) und der stationären Komponente durchströmen würde, einen Widerstand entgegensetzt.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



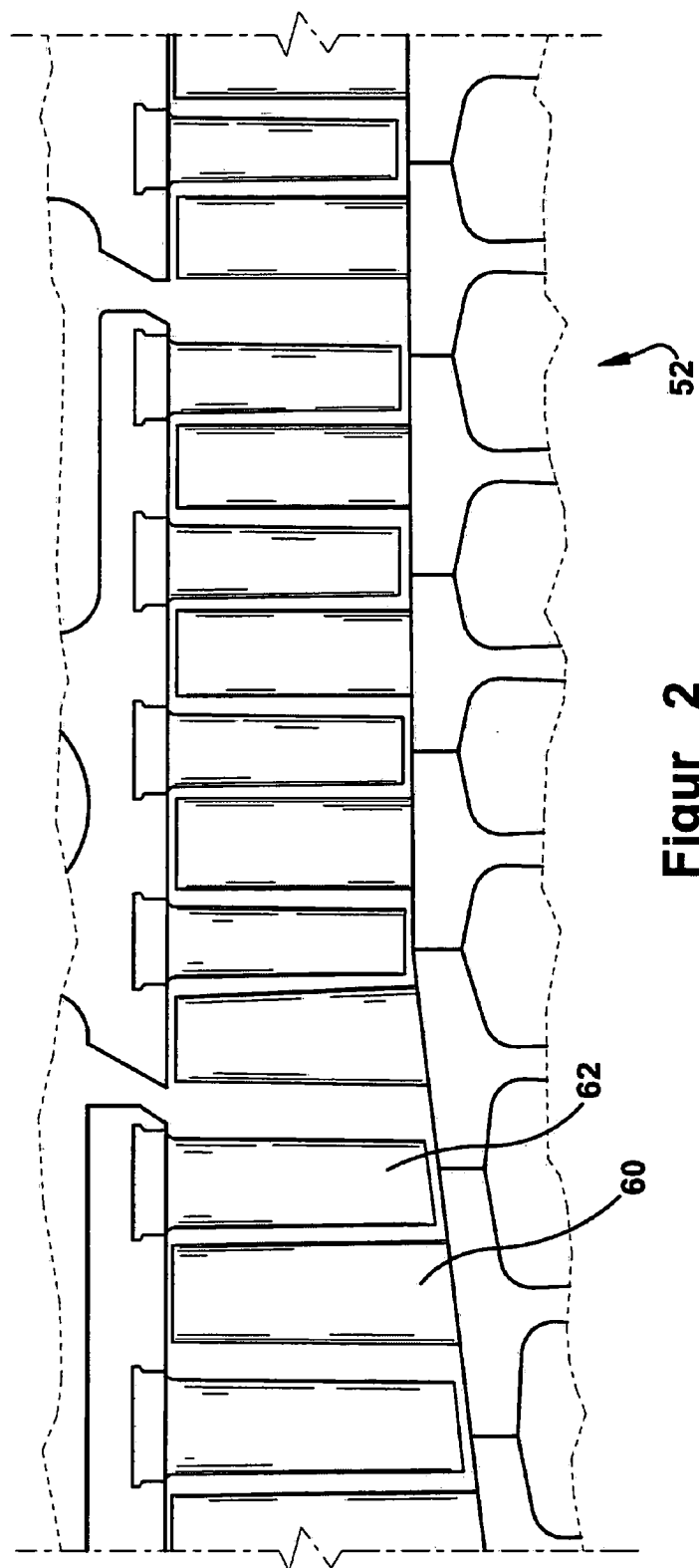


Figure 2

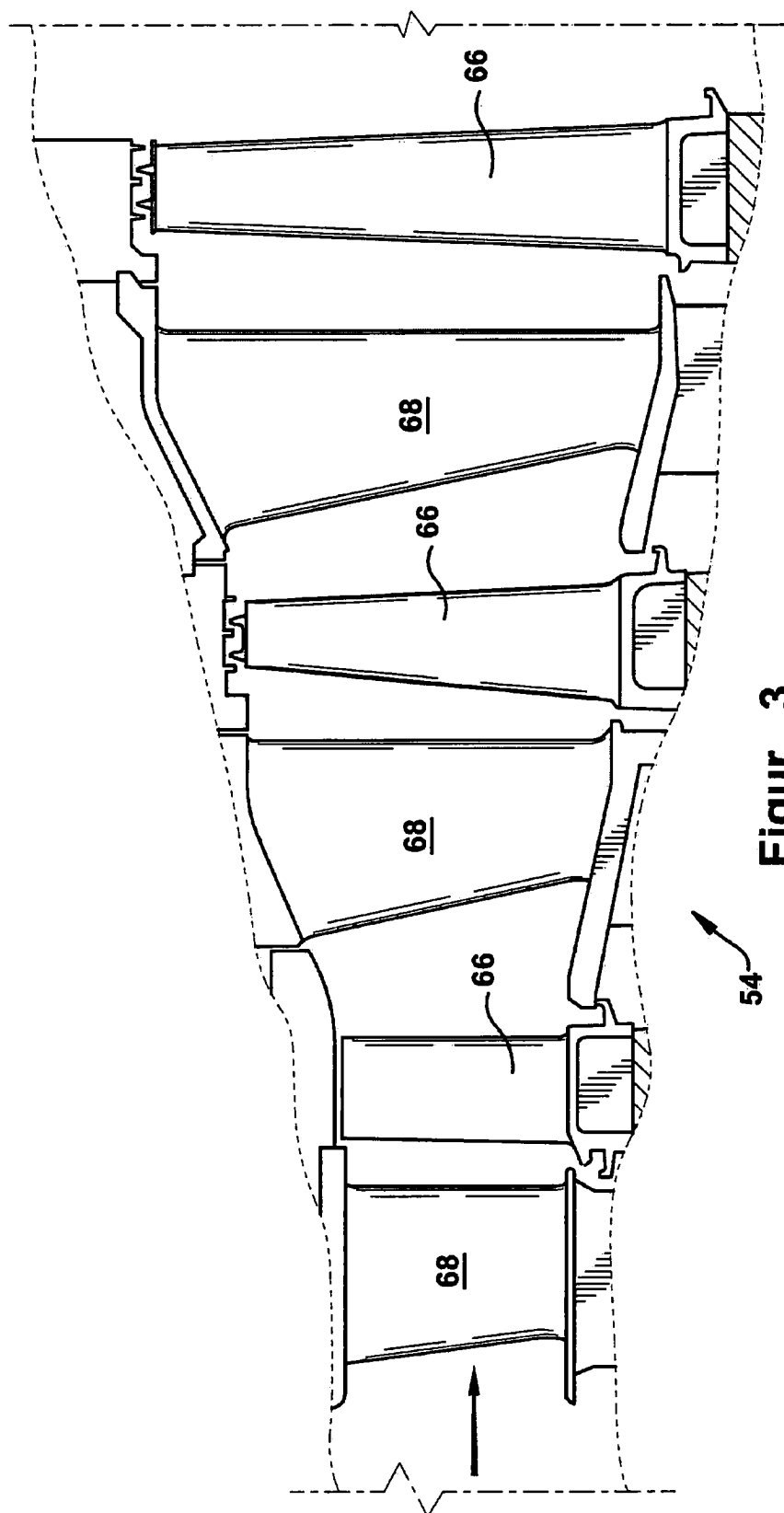
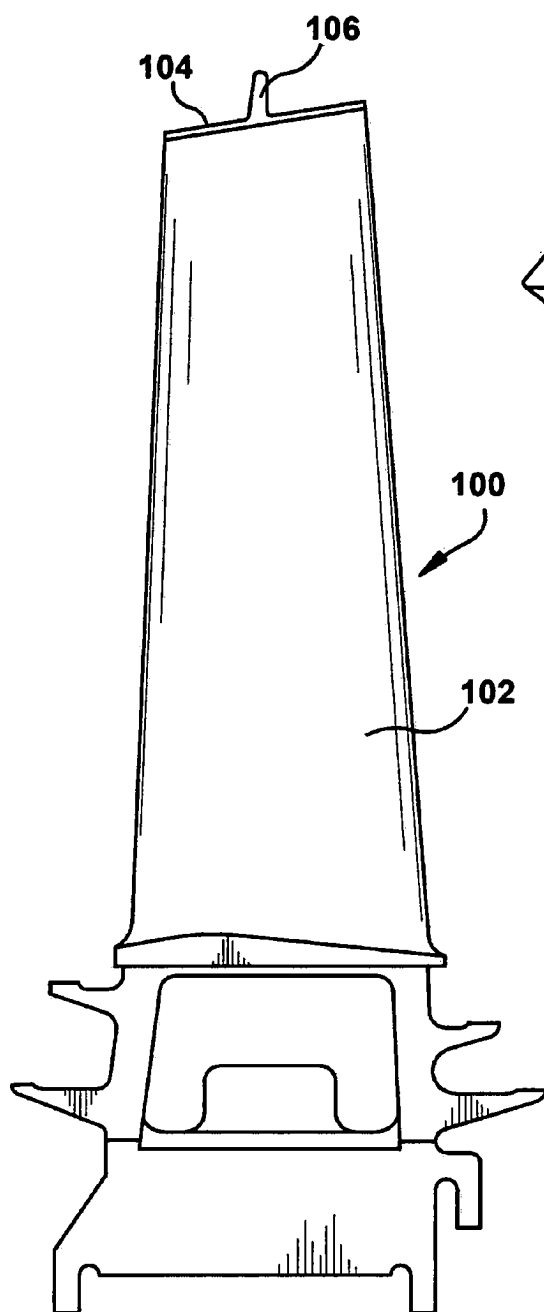
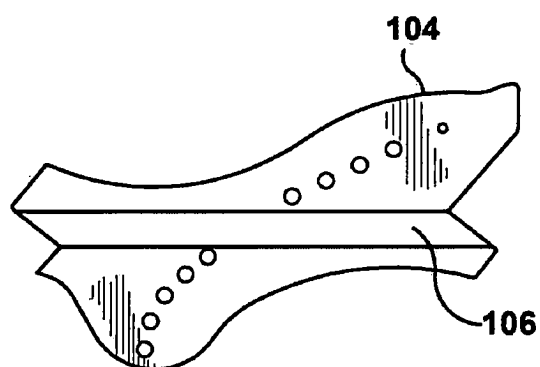


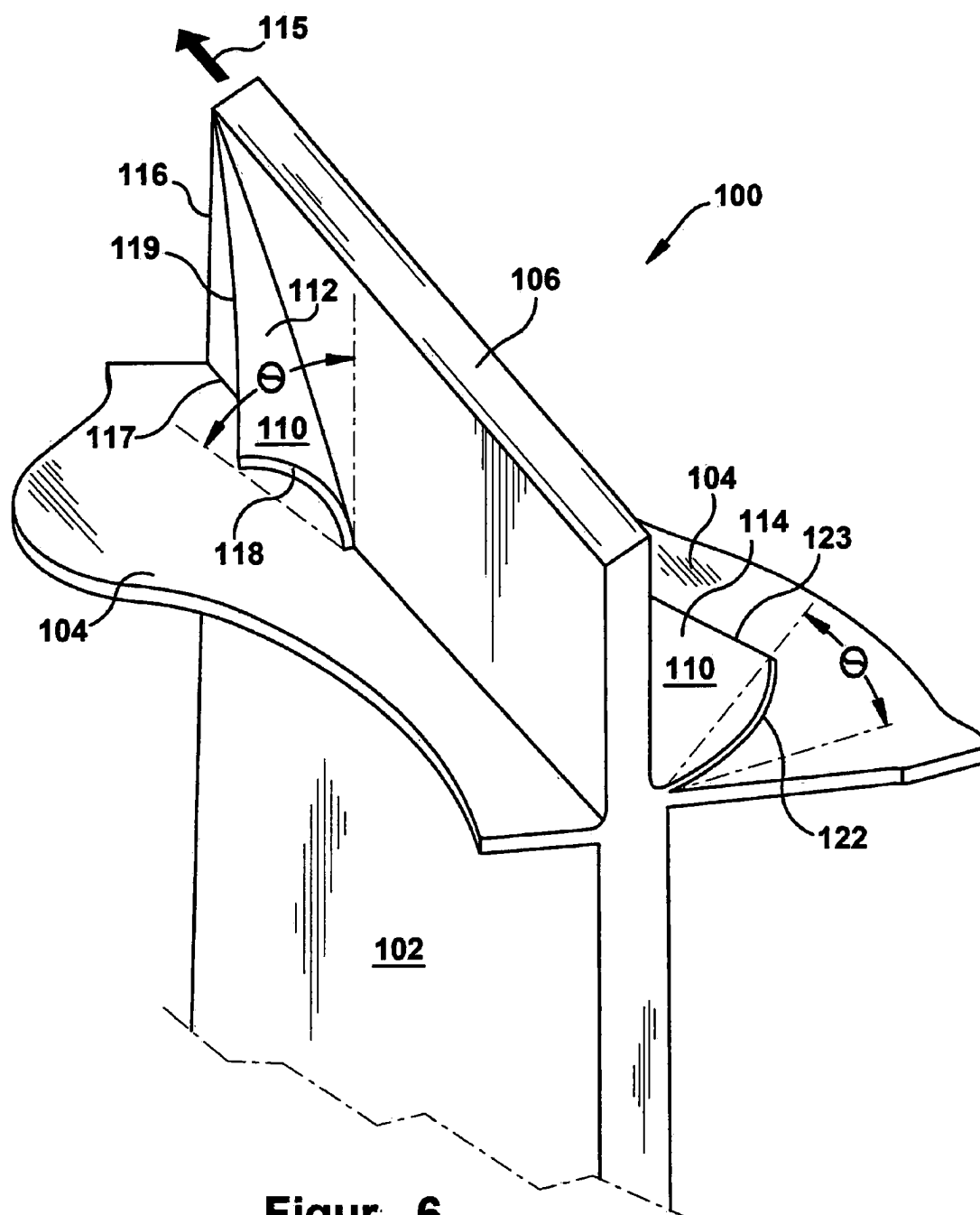
Figure 3



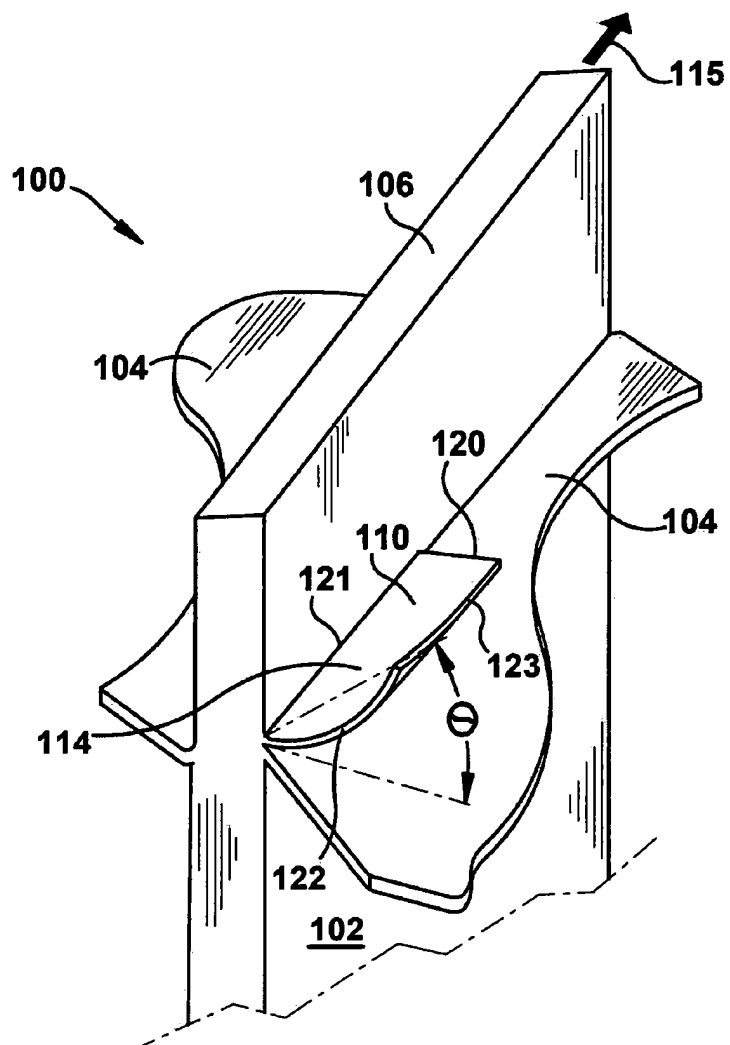
Figur 4
(Stand der Technik)



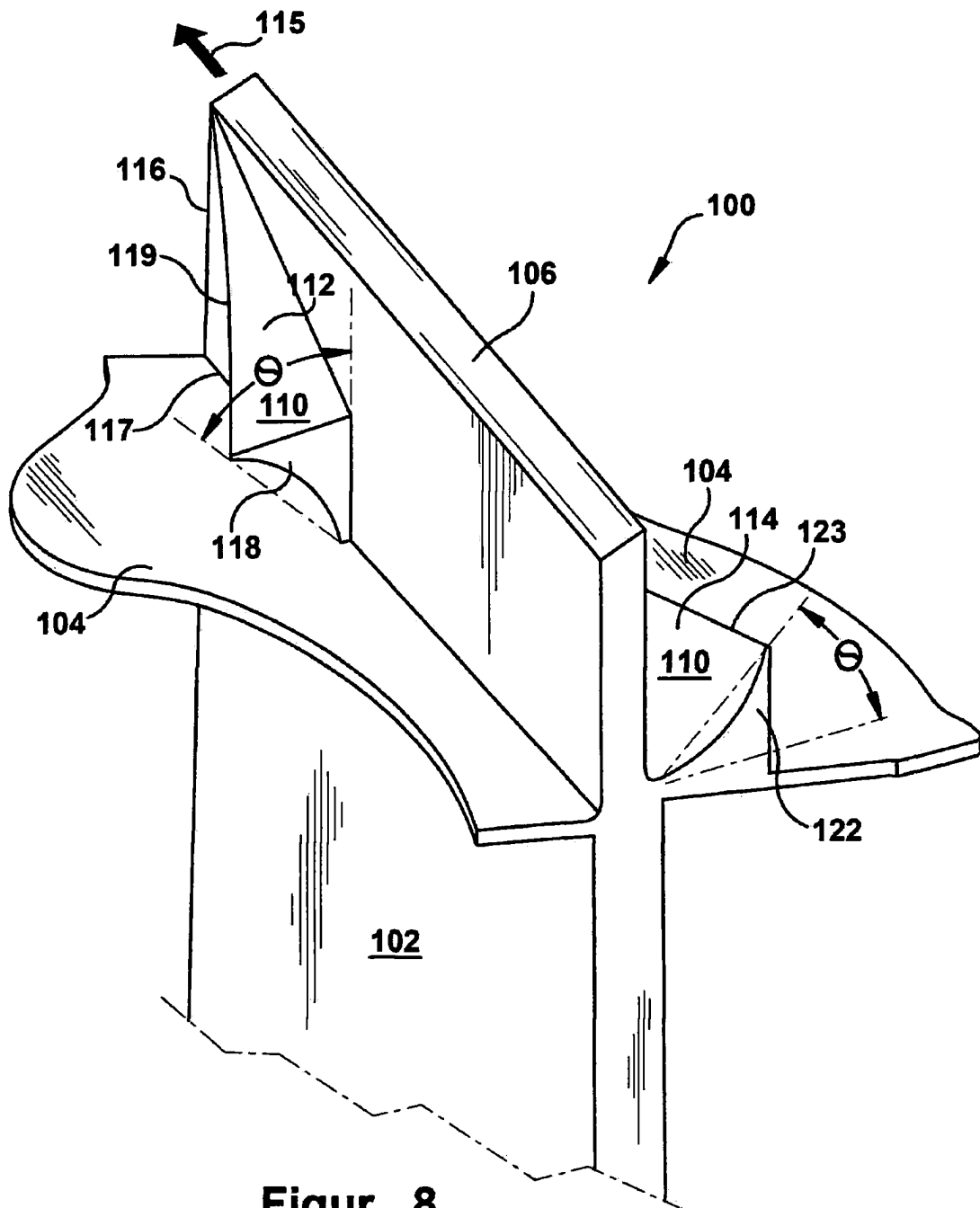
Figur 5
(Stand der Technik)



Figur 6



Figur 7



Figur 8

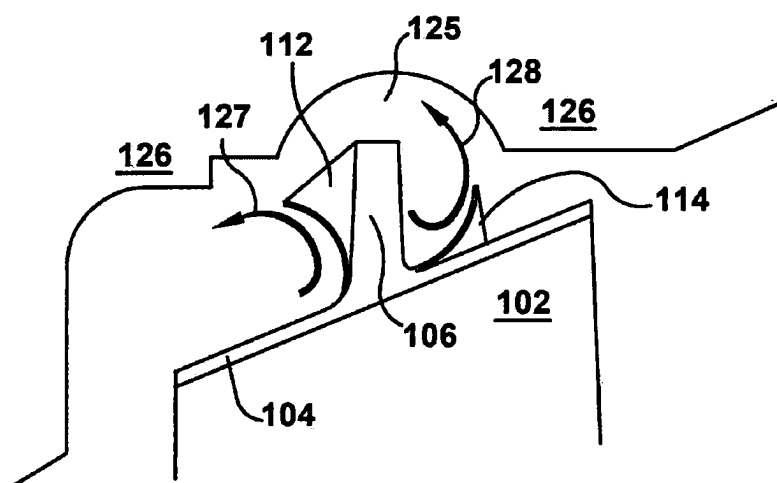
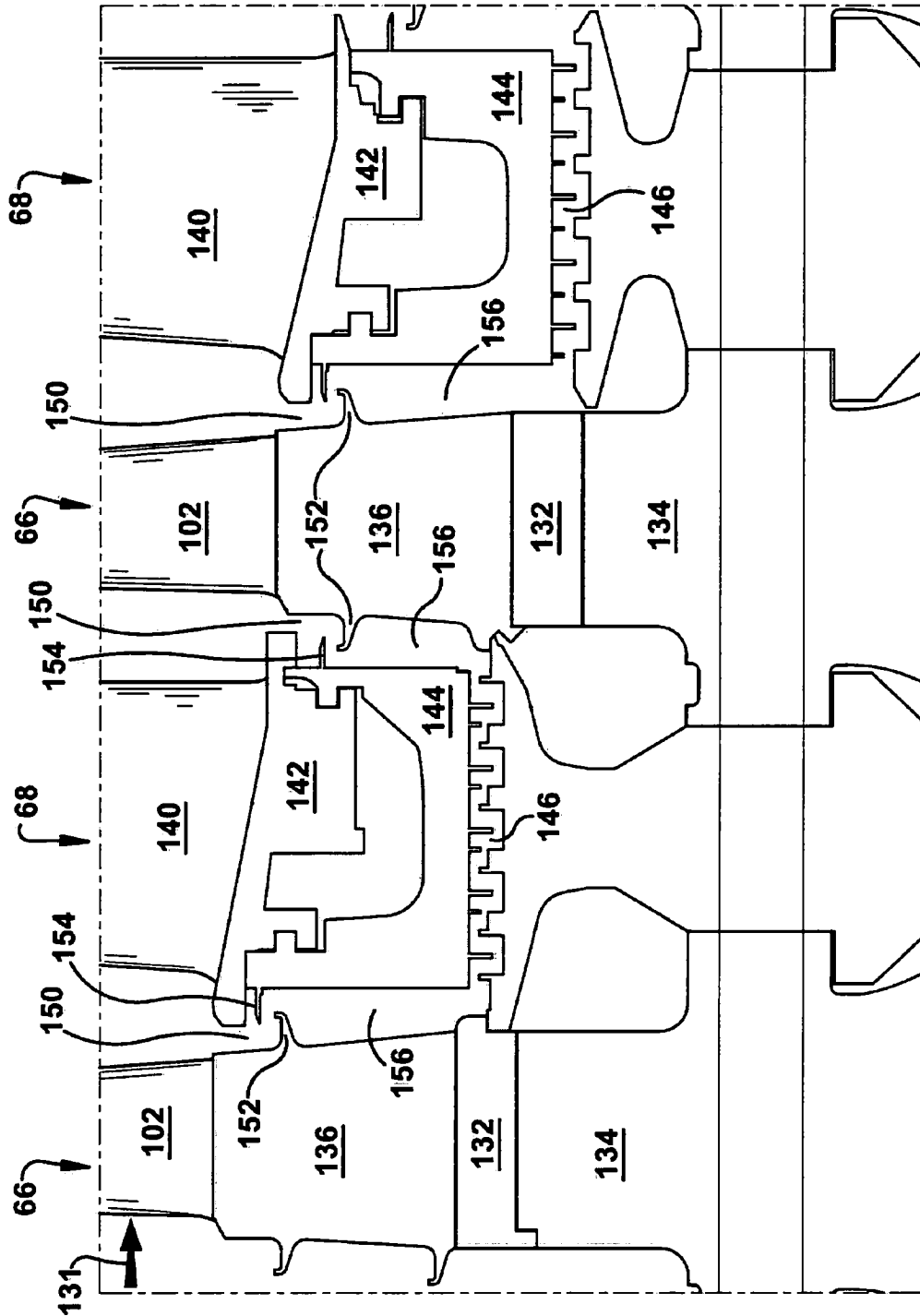
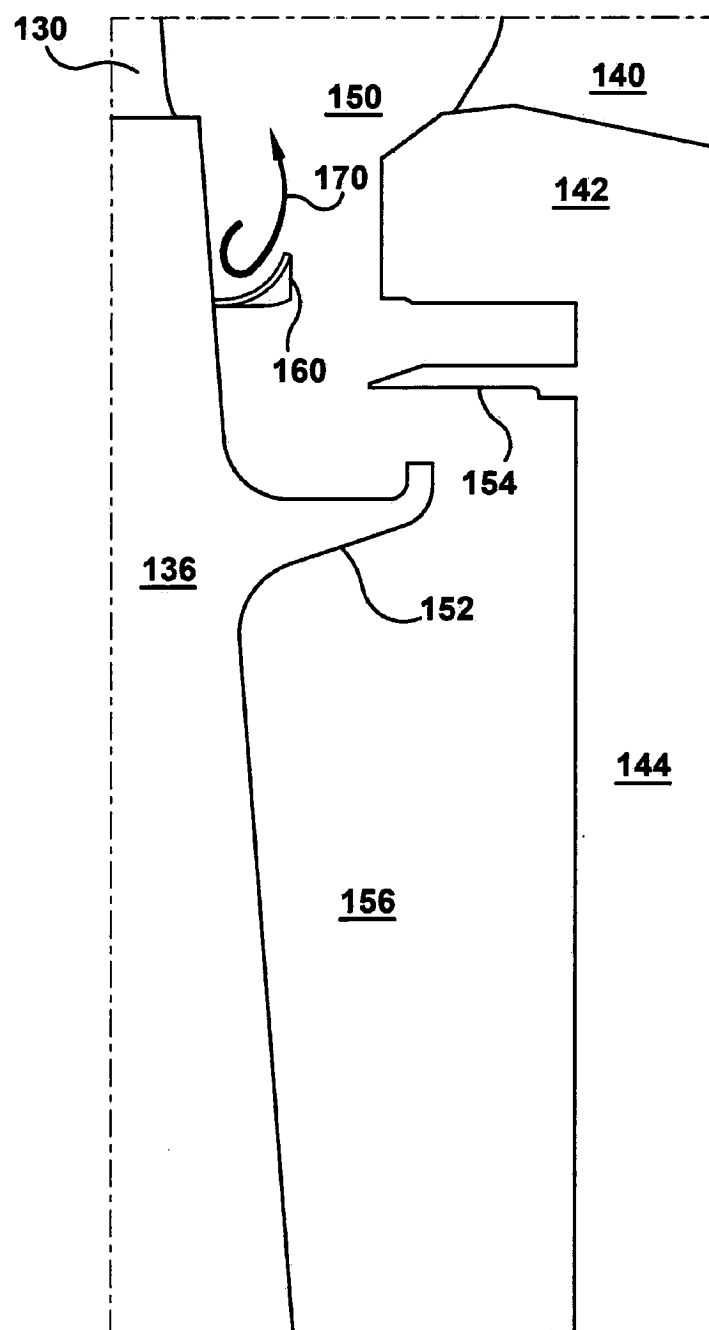


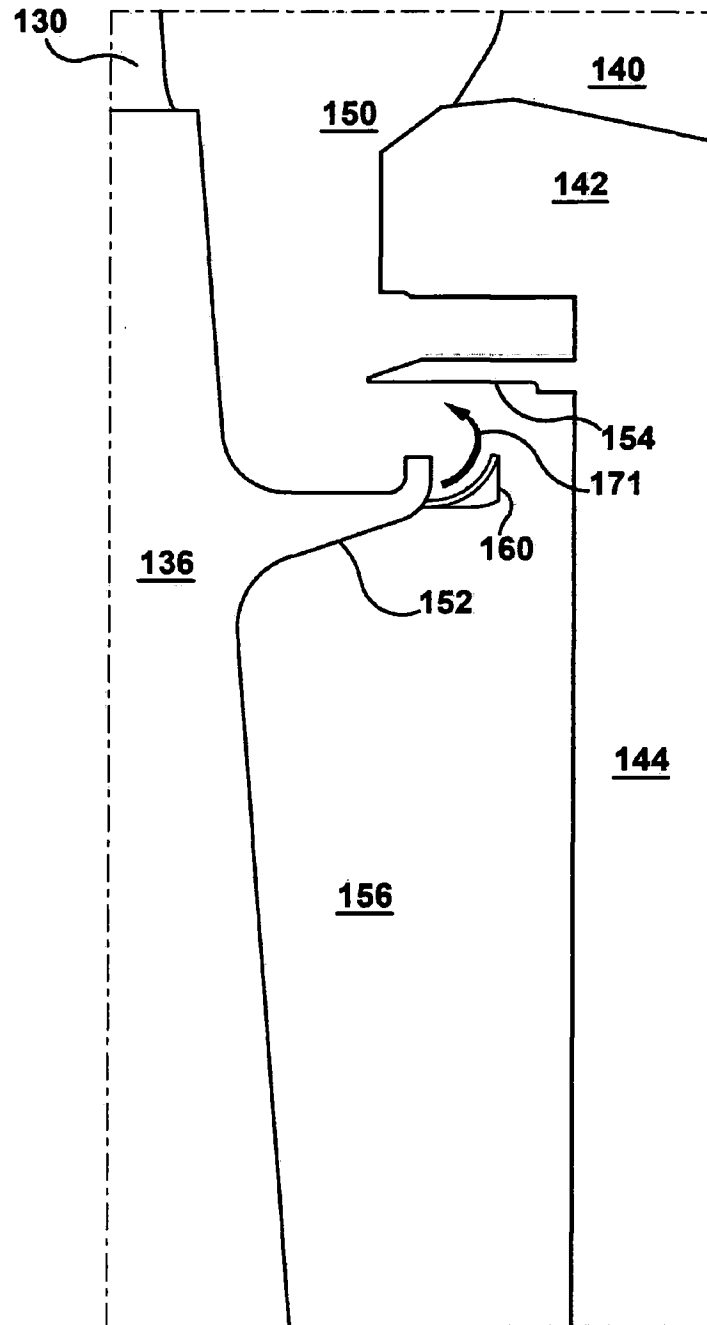
Figure 9



Figur 10
(Stand der Technik)



Figur 11



Figur 12