



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

707 543 A2

(51) Int. Cl.: F01D 11/02 (2006.01)

## Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## (12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00028/14

(22) Anmeldedatum: 13.01.2014

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.07.2014

(30) Priorität: 21.01.2013 US 13/745,890

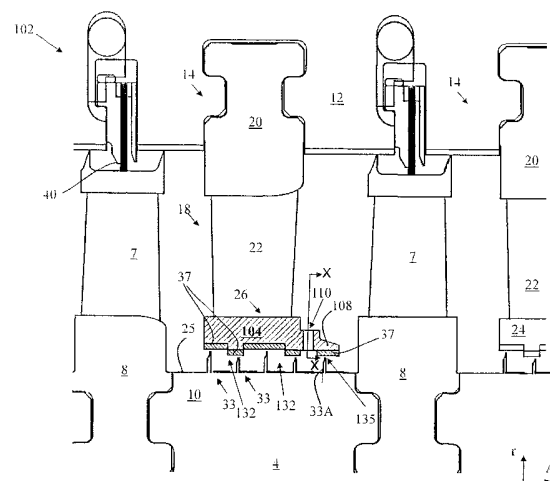
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Xiaoqing Zheng, Schenectady, NY 12345-6000 (US)  
Jason W. Jewett, Schenectady, NY 12345-6000 (US)  
Richard James Miller, Schenectady, NY 12345-6000 (US)

(74) Vertreter:  
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14  
6300 Zug (CH)

### (54) Turbomaschine mit wirbelhemmender Dichtung.

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbomaschine (102) mit einer wirbelhemmenden Dichtung. Zu der Turbomaschine (102) gehören ein Laufradabschnitt (4), der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt (12), der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt (12) einen Satz von Leitapparaten (14) aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten (14) mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt (20), der mit dem Zwischenwandabschnitt (12) verbunden ist; ein Schaufelblatt (22), das mit dem Basisabschnitt (20) verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt (104), der mit einem radialen Ende der Schaufel (22) verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt (104) einen sich axial erstreckenden Flansch (108) mit einem Schlitz (110) aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.



## Beschreibung

### Gebiet der Erfindung

[0001] Die hier beschriebene Erfindung betrifft Energiesysteme. Spezieller betrifft die Erfindung Turbinenturbomaschinensysteme.

### Hintergrund zu der Erfindung

[0002] Herkömmliche (auch als Turbinen bezeichnete) Turbomaschinen, z.B. Dampfturbinen, weisen allgemein ein Gehäuse auf, das eine (auch als Laufrad bezeichnete) rotierende Welle umschliesst, und mehrere sich radial erstreckende Reihen von Schaufeln, die an der Welle befestigt sind. Verdichteter Dampf, der auf die Schaufeln gelenkt wird, versetzt die Schaufeln und die Welle in Drehung. Der serielle Dampfpfad weist gewöhnlich einen Dampfeinlass, mehrere Dampfdruckzonen im Inneren der Turbine und einen Dampfauslass auf.

[0003] Nach dem Stand der Technik ist die Dampfturbinenmaschine (Turbine) zwischen aufeinander folgenden Stufen stationärer und rotierender Schaufelreihen in mehrere Druckzonen unterteilt. Die Geometrien und Anordnungen der Turbinenschaufeln sollen dazu dienen, den Wirkungsgrad des Entziehens von Energie aus dem Dampfstrom zu maximieren, um den Gesamtwirkungsgrad eines Elektrizitätswerks zu steigern, das die Dampfturbinenmaschine (beispielsweise für den Antrieb eines Stromgenerators) nutzt.

[0004] Bereiche, in denen die Dampfturbinenwelle das Turbinengehäuse durchdringt, sind abgedichtet, um das Entweichen verdichteten Dampfs aus dem Gehäuse zu verhindern. Um den Turbinenwirkungsgrad zu verbessern, nutzen herkömmliche Turbinenkonstruktionen darüber hinaus Dichtungen zwischen den Stufen, um zu verhindern, dass Dampf stationäre Schaufeln einer Stufe umgeht, oder durch den Spalt zwischen stationären und rotierenden Bauteilen rotierende Schaufeln umgeht.

[0005] Durch rotierende Bauteile oder Schaufeln verursachte Dampfverwirbelungen, können, wenn sie in Hohlräume zwischen Dichtungszähnen gelangen, unstete aerodynamische Kräfte hervorrufen. Solche an der Laufradoberfläche angreifenden Kräfte können zu Instabilitäten des Laufrads führen. Da zur Verbesserung des Wirkungsgrads von Turbomaschinen immer mehr und engere Dichtungen verwendet werden, tritt die durch Verwirbelung hervorgerufene Instabilität der Laufraddynamik, insbesondere im Falle von grossen Dampfturbinen, zunehmend in den Vordergrund. Um die dynamische Stabilität eines Laufrads zu verbessern, wurden bisher Antiverwirbelungszähne oder Wirbelhemmer verwendet, um Wirbel aufzulösen oder die Wirbelrichtung umzukehren. Herkömmliche Antiverwirbelungs- oder Wirbelhemmvorrichtungen müssen mit engem Toleranzabstand zur Laufradoberfläche angeordnet werden, um ihre Wirkung zu fördern. Allerdings sprechen jene Vorrichtungen ungünstig auf Reiben an. Um hartes Reiben (z.B. eine Berührung zwischen stationären und rotierenden Bauteilen) zu vermeiden, sind die herkömmlichen Wirbelhemmvorrichtungen an einem Dichtungsring befestigt, der mittels eines Federelements, das den Ring vorspannt, um ihn zu schliessen, nachgiebig an einem stationären Bauteil angebracht ist. Der Platzbedarf eines solchen Ansatzes in einer Turbomaschine ist beträchtlich. Zudem haben Fortschritte in der Turbomaschinenteknologie die Abstände zwischen Bauteilen in den Turbomaschinen verringert, was den Einsatz herkömmlicher Antiverwirbelungsringe in dem Fluidströmungspfad erschwert. Dementsprechend sind gegenwärtige Ansätze zur Bewältigung von Fluidverwirbelung in Turbomaschinen unter einem oder mehreren Gesichtspunkten nachteilig.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0006] Verschiedene Ausführungsbeispiele beinhalten eine Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Dichtung. In vielfältigen speziellen Ausführungsbeispielen gehören zu einer Turbomaschine: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0007] Ein erster Aspekt der Erfindung beinhaltet eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

[0008] Die Turbomaschine kann ferner einen Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne aufweisen, die sich ausgehend von dem Laufradabschnitt erstrecken und zu dem radialen Spitzenabschnitt passen.

**[0009]** Jede der oben erwähnten Turbomaschinen kann ferner mindestens einen radial sich erstreckenden Dichtungszahn aufweisen, der sich ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt erstreckt und zu dem Laufradabschnitt passt.

**[0010]** Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zur Gänze radial durch den sich axial erstreckenden Flansch erstrecken.

**[0011]** Eine der axial angeordneten Laufschaufeln, die sich in der Nähe des wenigstens einen Leitapparats jeder der oben erwähnten Turbomaschinen befinden, kann ausserdem aufweisen: einen Basisabschnitt, der mit dem Laufradkörper verbunden ist; und einen Schaufelblattabschnitt, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt in Richtung des Zwischenwandabschnitts radial erstreckt, wobei der Basisabschnitt einen Hakenflansch aufweist, der sich axial in Richtung des wenigstens einen Leitapparats erstreckt.

**[0012]** Der Hakenflansch jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann den sich axial erstreckenden Flansch axial überlappen, um eine teilweise radiale Dichtung zu bilden.

**[0013]** Optional überlappt der Hakenflansch einer beliebigen der oben erwähnten Turbomaschinen den Schlitz in dem sich axial erstreckenden Flansch axial nicht.

**[0014]** Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zumindest teilweise in Umfangsrichtung durch den Dichtungsabschnitt hindurch erstrecken.

**[0015]** Ein zweiter Aspekt der Erfindung beinhaltet eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt aufweist: eine radial zugewandte Fläche; eine axial zugewandte Fläche, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist; und einen Schlitz, der sich durch die axial zugewandte Fläche und durch die radial zugewandte Fläche erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

**[0016]** Weiter kann die Turbomaschine einen Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne aufweisen, die sich ausgehend von dem Laufradabschnitt in Richtung der radial zugewandten Fläche des radialen Spitzenabschnitts erstrecken.

**[0017]** Jede der oben erwähnten Turbomaschinen kann zudem mindestens einen radial sich erstreckenden Dichtungszahn aufweisen, der sich ausgehend von der radial zugewandten Fläche des radialen Spitzenabschnitts in Richtung des Laufradabschnitts erstreckt.

**[0018]** Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann auf der radial zugewandten Fläche zwischen benachbarten sich radial erstreckenden Dichtungszähnen in dem Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen eine Öffnung aufweisen.

**[0019]** Die axial zugewandte Fläche jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann eine stromabwärts weisende Fläche beinhalten.

**[0020]** Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich im Wesentlichen diagonal zwischen der radial zugewandten Fläche und der axial zugewandten Fläche erstrecken.

**[0021]** Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zumindest teilweise in Umfangsrichtung durch den sich axial erstreckenden Flansch erstrecken.

**[0022]** Ein dritter Aspekt der Erfindung beinhaltet eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln enthält, wobei jede der axial angeordneten Laufschaufeln aufweist: einen Basisabschnitt, der mit einem Laufradkörper verbunden ist; und einen Schaufelblattabschnitt, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt radial erstreckt; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen der axial angeordneten Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist; ein Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne, die sich entweder von dem Körper des Laufrads oder von dem radialen Spitzenabschnitt des wenigstens einen Leitapparats erstrecken; und eine radiale Stufe, die sich ausgehend von dem Zwischenwandabschnitt radial erstreckt, wobei die radiale Stufe einen Schlitz aufweist, der sich durch sie hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

**[0023]** Der Laufradabschnitt jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann eine radial aussen liegende Wand aufweisen, wobei der Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne sich ausgehend von dem Laufradabschnitt auf der radial aussen liegenden Wand erstreckt.

**[0024]** Der Laufradabschnitt jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann eine radial aussen liegende Wand aufweisen, wobei der Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne sich ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt erstreckt und zu der radial aussen liegenden Wand des Laufrads passt.

[0025] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zumindest teilweise axial durch die radiale Stufe erstrecken.

[0026] Der Schlitz jeder der oben erwähnten Turbomaschinen kann sich zur Gänze axial durch die radiale Stufe erstrecken.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] Diese und weitere Ausstattungsmerkmale dieser Erfindung werden anhand der folgenden detaillierten Beschreibung der verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit den beigegeführten Figuren verständlicher, die vielfältige Ausführungsbeispiele der Erfindung darstellen:

- Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Konstruktion gemäss vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.
- Fig. 2 zeigt eine abgetrennte geschnittene Ansicht eines Abschnitts der Turbomaschine von Fig. 1 gemäss vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.
- Fig. 3 zeigt in einer Querschnittsansicht ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel einer Turbomaschine gemäss vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.
- Fig. 4 zeigt in einer Querschnittsansicht ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel einer Turbomaschine gemäss vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.
- Fig. 5 zeigt eine abgetrennte geschnittene Ansicht eines Abschnitts der Turbomaschine von Fig. 4 gemäss vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung.
- Fig. 6 zeigt in einer Querschnittsansicht ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel einer Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Konstruktion gemäss vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung. Zu beachten ist, dass die Zeichnungen der Erfindung nicht unbedingt massstabgetreu sind. Die Zeichnungen sollen lediglich typische Aspekte der Erfindung veranschaulichen und sollten daher nicht als den Schutzzumfang der Erfindung beschränkend erachtet werden. In den Zeichnungen bezeichnen gleichartige Bezugszeichen gleichartige Elemente.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0028] Wie erwähnt, betrifft die hier beschriebene Erfindung Energiesysteme. Spezieller betrifft die Erfindung Turbinenturbomaschinensysteme.

[0029] Wie hier beschrieben, sind in herkömmlichen Turbomaschinen Bereiche, in denen die Dampfturbinenwelle das Turbinengehäuse durchdringt, abgedichtet, um das Entweichen verdichteten Dampfs aus dem Gehäuse zu verhindern. Um den Turbinenwirkungsgrad zu verbessern, nutzen herkömmliche Turbinenkonstruktionen darüber hinaus Stufenzwischen dichtungen, um Dampf daran zu hindern, stationäre Schaufeln einer Stufe zu umgehen oder über den Spalt zwischen stationären und rotierenden Bauteilen rotierende Schaufeln zu umgehen.

[0030] Allerdings sind diese herkömmlichen Systeme einschliesslich ihrer Dichtungskonstruktionen anfällig für Verwirbelungen in dem Fluidstrom (Dampfström), die in Dichtungshohlräume eintreten, was zu Instabilität der Laufraddynamik führen kann. Wenn durch rotierende Bauteile oder Schaufeln entstehende Verwirbelungen in Hohlräume zwischen Dichtungszähnen gelangen, können sie unstete aerodynamische Kräfte hervorrufen. Solche an der Laufradoberfläche angreifenden Kräfte können zu Instabilitäten des Laufrads führen. Da mit dem Fortschreiten der Technologie immer mehr und dichtere Dichtungen zur Verbesserung des Wirkungsgrads von Turbomaschinen verwendet werden, tritt die auf Verwirbelung zurückzuführende Instabilität der Laufraddynamik, insbesondere im Falle von grossen Dampfturbinen, zunehmend in den Vordergrund. Um die dynamische Stabilität eines Laufrads zu verbessern, wurden bisher Antiverwirbelungszähne oder Wirbelhemmer verwendet, um Wirbel aufzulösen oder die Wirbelrichtung umzukehren. Herkömmliche Antiverwirbelungs- oder Wirbelhemmvorrichtungen sind zur Förderung ihrer Wirkung mit engem Toleranzabstand zu der Laufradoberfläche positioniert. Allerdings sprechen jene Vorrichtungen ungünstig auf Reiben an. Um hartes Reiben (z.B. eine Berührung zwischen stationären und rotierenden Bauteilen) zu vermeiden, sind diese Wirbelhemmvorrichtungen an einem Dichtungsring befestigt, der mittels eines Federelements, das den Ring in Schliessrichtung vorspannt, nachgiebig an einem stationären Bauteil angebracht ist. Ein solcher Ansatz erfordert beträchtlichen Raum in der Turbomaschine. Zudem haben Fortschritte in der Turbomaschinenteknologie den Abstand zwischen Bauteilen in den Turbomaschinen verringert, was den Einsatz herkömmlicher Antiverwirbelungsringe in dem Fluidströmungspfad erschwert. Dementsprechend sind gegenwärtige Ansätze zur Bewältigung von Fluidverwirbelung in Turbomaschinen unter einem oder mehreren Gesichtspunkten nachteilig.

[0031] Im Gegensatz zu den herkömmlichen Ansätzen beinhalten Aspekte der Erfindung eine axiale Turbomaschinenleittapparatdichtung mit einem wirbelhemmenden Schlitz. In manchen Fällen erstreckt sich der wirbelhemmende Schlitz wenigstens teilweise radial durch die axiale Leittapparatdichtung. In unterschiedlichen Ausführungsbeispielen erstreckt sich der wirbelhemmende Schlitz teilweise radial und teilweise axial durch den Dichtungsabschnitt.

**[0032]** Verschiedene Aspekte der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

**[0033]** Verschiedene sonstige Aspekte der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt aufweist: eine radial zugewandte Fläche; eine axial zugewandte Fläche, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist; und einen Schlitz, der sich durch die axial zugewandte Fläche und durch die radial zugewandte Fläche erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

**[0034]** Verschiedene weitere Aspekte der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt aufweist: einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz, der sich zur Gänze radial durch ihn erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern; und ein Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen, die mit dem radialen Spitzenabschnitt verbunden sind, wobei sich der Schlitz zwischen benachbarten Dichtungszähnen in dem Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen radial erstreckt.

**[0035]** Verschiedene spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine mit einem Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter (drehbarer) Laufschaufeln (Schaufeln) und einen Zwischenwandabschnitt aufweist, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von (stationären) Schaufeln (Leitapparaten) enthält, die zwischen benachbarten Sätzen von Schaufeln angeordnet sind. Ein Satz von Schaufeln und Leitapparaten definiert eine Stufe in der Turbomaschine. Zwischen dem radialen Innenumfang des Leitapparats und einer radial äusseren Fläche des Laufrads sowie zwischen der Schaufelspitze und dem Zwischenwandinnenumfang sind Zwischenstufendichtungen angeordnet. Eine wirbelhemmende Dichtung, die durch Schlitze mit einem vorbestimmten Winkel an einem stationären Bauteil definiert sind, das mit wenigstens einem radialen Ende eines rotierenden Bauteils verbunden ist, ist stromaufwärts wenigstens einer der Stufenzwischenstufendichtungen angeordnet.

**[0036]** Verschiedene sonstige spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze von axial angeordneten (drehbaren) Laufschaufeln (Schaufeln) aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz (stationärer) Schaufeln (Leitapparate) aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen von Laufschaufeln angeordnet sind, wobei die Leitapparate eine innere Abdeckung aufweisen; und wobei eine erste Dichtung zwischen der inneren Leitapparatabdeckung und der Laufradoberfläche definiert ist, wobei die innere Abdeckung einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um Winkel eines Fluidstroms in die erste Dichtung hinein zu steuern, und eine zweite Dichtung mit einem radialen Ende der Schaufel bildet, um einen Fluidstrom durch den Schlitz zu treiben.

**[0037]** Ausserdem beinhalten spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter (rotierender) Schaufeln (Laufschaufeln) aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz (stationärer) Schaufeln (Leitapparate) aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen von Schaufeln angeordnet sind, wobei mindestens einer der Leitapparate eine innere Abdeckung aufweist; eine erste Dichtung, die zwischen der inneren Leitapparatabdeckung und der Laufradoberfläche definiert ist, wobei die innere Abdeckung ausserdem aufweist: eine radial zugewandte Fläche; und eine axial zugewandte Fläche, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist; und einen Schlitz, der sich durch die axial zugewandte Fläche und durch die radial zugewandte Fläche der inneren Abdeckung erstreckt, um einen Fluidstrom in die erste Dichtung zu steuern; und eine zweite Dichtung, die an einem radialen Ende des rotierenden Bauteils ausgebildet ist, um einen Fluidstrom durch den Schlitz zu treiben.

**[0038]** Weitere spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln enthält, wobei jede der axial angeordneten Laufschaufeln aufweist: einen Basisabschnitt, der mit einem Laufradkörper verbunden ist; und einen Schaufelblattabschnitt, der sich ausgehend

von dem Basisabschnitt radial erstreckt; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen der axial angeordneten Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist; ein Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne, die sich entweder ausgehend von dem Körper des Laufrads oder ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt des wenigstens einen Leitapparats erstrecken; und eine radiale Stufe, die sich ausgehend von dem Zwischenwandabschnitt radial erstreckt, wobei die radiale Stufe einen Schlitz aufweist, der sich durch sie hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

**[0039]** Noch weitere spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten eine Turbomaschine, zu der gehören: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter (drehbarer) Schaufeln (die als Laufschaufeln bezeichnet sind) aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz (stationärer) Schaufeln (die als Leitapparate bezeichnet sind) aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen von Schaufeln angeordnet sind, wobei wenigstens eine Schaufel eine äussere Abdeckung aufweist; und eine Dichtung zwischen der äusseren Abdeckung der Schaufel und dem Zwischenwandinnenumfang, wobei die äussere Abdeckung zudem mindestens einen Zahn aufweist, der mit einer an der Zwischenwand angeordneten, sich radial erstreckenden Stufe in Berührung steht. In vielfältigen Ausführungsbeispielen weist die an der Zwischenwand angeordnete sich radial erstreckende Stufe einen Schlitz auf, der sich axial durch sie hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom zu steuern, der in die erste Dichtung eintritt.

**[0040]** In dem hier verwendeten Sinne bezeichnen die Begriffe «axial» und/oder «in axialer Richtung» die relative Position/Richtung von Objekten entlang der Achse A, die im Wesentlichen zu der Drehachse der Turbomaschine (insbesondere zu dem Laufradabschnitt) parallel ist. Weiter bezeichnen die Begriffe «radial» und/oder «in radialer Richtung» in dem hier verwendeten Sinne die relative Position/Richtung von Objekten entlang der Achse (r), die im Wesentlichen rechtwinklig zu der Achse A ist und die Achse A an lediglich einem Ort schneidet. Darüber hinaus bezeichnen die Begriffe «an dem Umfang» und/oder «in Umfangsrichtung» die relative Position/Richtung von Objekten entlang eines Umfangs, der die Achse A umgibt, jedoch die Achse A an keiner Stelle schneidet.

**[0041]** Mit Bezug auf Fig. 1 ist eine schematische Schnittansicht eines Abschnitts einer Turbomaschine (z.B. einer Dampfturbine) 2 gemäss vielfältigen Ausführungsbeispielen der Erfindung gezeigt. Wie gezeigt, kann die Turbomaschine 2 einen Laufradabschnitt 4 mit einem Satz von axial angeordneten Laufschaufeln 6 enthalten. Wie aus dem Stand der Technik bekannt, sind die (hier auch als Schaufeln bezeichneten) Laufschaufeln 6 in der Lage, in Reaktion auf einen Fluidstrom in der Turbomaschine 2 drehfest mit dem Laufradabschnitt 4 zu rotieren. Die Laufschaufeln (Schaufeln) 6 können einen (auch als Schwalbenschwanzabschnitt bezeichneten) Basisabschnitt 8 aufweisen, der mit dem Grundkörper 10 des Laufradabschnitts 4 verbunden ist. Die Laufschaufeln 6 können zudem einen Schaufelblattabschnitt 7 enthalten, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt 8 radial in Richtung eines Zwischenwandabschnitts 12 der Turbomaschine erstreckt. An einem radialen Ende der Laufschaufel 6 befindet sich ein Mantel 9. Wie erwähnt, kann die Turbomaschine 2 ausserdem einen Zwischenwandabschnitt 12 enthalten, der den Laufradabschnitt 4 zumindest teilweise umgibt. Der Zwischenwandabschnitt 12 kann einen Satz von Leitapparaten 14 enthalten, die zwischen benachbarten Sätzen 16 axial angeordneter Laufschaufeln (Schaufeln) 6 positioniert sind. Jede Paarzusammenstellung eines Satzes von Leitapparaten 14 und eines Satzes von Laufschaufeln (Schaufeln) 16 wird als eine «Stufe» der Turbomaschine bezeichnet. Wie aus dem Stand der Technik bekannt, tritt während des Betriebs der Turbomaschine 2, Arbeitsfluid (z.B. Dampf) in einen Raum zwischen der (als Zwischenwandabschnitt 12 gezeigten) Zwischenwand und dem (als Laufradabschnitt 4 gezeigten) Laufrad (über einen nicht gezeigten Einlass) ein und wird durch die Leitapparate 14 (speziell die Schaufelabschnitte 22) über die Laufschaufeln (Schaufeln) 6 (Schaufelblattabschnitte 7) geleitet, was den Laufradabschnitt 4 in dem Zwischenwandabschnitt 12 in Drehung versetzt.

**[0042]** Die Sätze von Leitapparaten 14 in dem Zwischenwandabschnitt 12 weisen mindestens einen Leitapparat 18 mit einem Basisabschnitt 20 auf, der mit dem Zwischenwandabschnitt 12 verbunden ist. Der Leitapparat 18 enthält zudem eine Schaufel (Leitapparatschaufel) 22, die mit dem Basisabschnitt 20 verbunden ist. Der Leitapparat 18 weist ausserdem einen (auch als innere Abdeckung bezeichneten) radialen Spitzenabschnitt 24 und einen radialen Spitzenabschnitt 24 auf, der mit einem radialen Ende 26 der Laufschaufel 22 verbunden ist. Gemeinsam mit sich radial erstreckenden Dichtungszähnen 33, die sich ausgehend von einer Fläche 25 des Laufradkörpers 10 oder sich ausgehend von der radial innen liegenden Fläche des radialen Spitzenabschnitts 24 erstrecken können, bilden der radiale Spitzenabschnitt 24 und die Dichtungszähne 33 eine (auch als «Dichtungsbereich» bezeichnete axiale) erste Dichtung 32 zwischen benachbarten Stufen der Turbomaschine 2.

**[0043]** Der radiale Spitzenabschnitt 24 kann einen sich axial erstreckenden Flansch 28 aufweisen, der mit einem Schlitz (oder einer Öffnung) 30 ausgebildet ist, der (bzw. die) sich (beispielsweise zumindest teilweise radial) durch ihn hindurch erstreckt. Der sich axial erstreckende Flansch 28 (der den Schlitz 30 aufweist) dient dazu, einen Fluidstrom, z.B. eine Richtung eines Fluidstroms (z.B. eines Dampfstroms) in der Turbomaschine 2 zu steuern. D.h., während des Betriebs der Turbomaschine 2 kann der sich axial erstreckende Flansch 28 (der den Schlitz 30 aufweist) dazu beitragen, zu verhindern, dass in der Turbomaschine 2 eine Verwirbelung in dem Fluid in den Dichtungsbereich 32 eintritt. Wie hier beschrieben, können die Begriffe «Wirbel» und/oder «Fluidverwirbelung» sich auf eine Tangentialgeschwindigkeitskomponente von Fluid in derselben Drehrichtung beziehen.

**[0044]** Fig. 1 zeigt darüber hinaus, dass eine der axial angeordneten Laufschaufeln 6, die zu dem wenigstens einen Leitapparat 18 benachbart angeordnet sind, einen Basisabschnitt 8 mit einem Hakenflansch 34 aufweist (z.B. mit einem hakenförmigen Flansch oder mit einem zweiteiligen Flansch, der sich teilweise axial und teilweise radial erstreckt und auch als «Engelsflügel»-Flansch bezeichnet sein kann). Wie gezeigt, erstreckt sich der Hakenflansch 34 axial in Richtung des wenigstens einen Leitapparats 18. Der Hakenflansch 34 kann den sich axial erstreckenden Flansch 28 axial überlappen, um eine (teilweise radiale) zweite Dichtung 35 (die auch als zweiter Dichtungsbereich bezeichnet ist) zu bilden, die dazu beiträgt, Leckstrom daran zu hindern, den Schlitz (oder die Öffnung) 30 zwischen einem primären Strömungspfad 36 und einem sekundären Strömungspfad 38 in der Turbomaschine 2 zu umgehen. In dem in Fig. 1 veranschaulichten Ausführungsbeispiel ist gezeigt, dass der Hakenflansch 34 den Schlitz 30 in dem sich axial erstreckenden Flansch 28 nicht axial überlappt, so dass der Schlitz 30 weiter einen Fluidstrom durch ihn hindurch gestattet, um den Eintritt einer Fluidverwirbelung in den Bereich der Dichtung 32 in der Turbomaschine 2 zu verringern. Fig. 1 zeigt darüber hinaus, dass die Dichtung 32 einen Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen 33 aufweist, die sich in manchen Fällen ausgehend von der radial äusseren Fläche 25 des Laufradkörpers 10 in Richtung eines radialen Endes des radialen Spitzenabschnitts (der inneren Leitapparatabdeckung) 24 erstrecken können, oder in anderen Fällen sich ausgehend von der radial innen liegenden Fläche des radialen Spitzenabschnitts 24 erstrecken können. Auf jeden Fall sind die «sich radial erstreckenden Dichtungszähne 33 mit der Aussenfläche 25 des Laufradkörpers 10 oder mit der radial innen liegenden Fläche des radialen Spitzenabschnitts 24 verbunden.

**[0045]** Der Satz von sich radial erstreckenden Dichtungszähnen 33 kann für die Durchquerung eines Leckstromfluids (z.B. Dampf) einen gewundenen Pfad bilden, so dass dadurch der Wirkungsgrad der Turbomaschine 2 verbessert wird. Um den Leckstrom weiter zu verringern und den Turbomaschinenwirkungsgrad zusätzlich zu verbessern, können in manchen Fällen eine oder mehrere Schichten abschleifbaren Materials 37 auf den radialen Innenumfang (d.h., die Oberfläche) des radialen Spitzenabschnitts 24 (d.h., auf die innere Abdeckung) aufgebracht werden, um den Toleranzabstand zwischen Spitzen der Dichtungszähne 33 und der radial äusseren Fläche des radialen Spitzenabschnitts 24 (d.h., der inneren Abdeckung) zu verringern und die Gefahr des Laufradreibens auf ein Minimum zu reduzieren. Darüber hinaus kann die durch den Schlitz 30 und den zweiten Dichtungsbereich 35 herbeigeführte Verringerung der Verwirbelung die destabilisierende unstete Dampfkraft in den Dichtungshohlräumen in dem ersten Dichtungsbereich 32 (zwischen benachbarten Dichtungszähnen 33) verringern und somit die dynamische Stabilität eines Laufrads verbessern.

**[0046]** Fig. 2 zeigt eine aufgeschnittene Ansicht des sich axial erstreckenden Flansches 28, der mehrere Schlitz(e) (oder Löcher) 30 aufweist, die sich durch ihn hindurch erstrecken. In manchen Fällen erstrecken sich die Schlitz(e) 30 durch den sich axial erstreckenden Flansch 28 zumindest teilweise in Umfangsrichtung. Wie gezeigt, erstrecken sich die Schlitz(e) 30 in sämtlichen Fällen zur Gänze radial (r) durch den sich axial erstreckenden Flansch 28. In manchen Fällen weisen die Schlitz(e) 30 in Umfangsrichtung versetzte Öffnungen auf, so dass eine radial innen liegende Öffnung 44 gegenüber einer radial aussen liegenden Öffnung 46 in Umfangsrichtung versetzt (radial nicht fluchtend ausgerichtet) ist. Wie gezeigt, ist der Schlitz 30 dazu eingerichtet, einem Fluid zu gestatten, von dem primären Strömungspfad 36 zu dem sekundären Strömungspfad 38 zu strömen, was die Hemmung einer Fluidverwirbelung in dem sekundären Strömungspfad 38 (oder Leckgepfad) unterstützen kann.

**[0047]** Eine abgewandelte Darstellung der Turbomaschine 2 von Fig. 1 ist in der schematischen Schnittansicht der Turbomaschine 102 in Fig. 3 gezeigt. Hier repräsentieren identisch nummerierte Elemente im Wesentlichen identische Bauteile. In dieser Darstellung enthält die Turbomaschine 102 einen radialen Spitzenabschnitt 104, der mit dem radialen Ende 26 der Laufschaufel 22 verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt 104 einen axialen Flansch 108 mit einem Schlitz 110 aufweist, der sich durch ihn (z.B. zur Gänze radial) hindurch erstreckt, um die Richtung eines Fluidstroms (z.B. Dampfstroms) zu steuern. Wie mit Bezug auf Fig. 1 beschrieben, kann der radiale Spitzenabschnitt 104 der Turbomaschine 102 mit Dichtungszähnen 33 zusammenwirken, um einen ersten Dichtungsabschnitt 132 zu bilden. Die Dichtungszähne 33 können sich ausgehend von der Oberfläche 25 des Laufradkörpers 10 radial erstrecken und in die radial innen liegende Fläche des radialen Spitzenabschnitts 104 eingreifen. Der erste Dichtungsabschnitt 132 kann dazu beitragen, einen axialen sekundären Fluidstrom zwischen Stufen der Turbomaschine 102 zu verhindern. In vielfältigen Ausführungsbeispielen ist der axiale Flansch 108, und speziell der Schlitz 110, in der Lage, eine Richtung des Stroms von Fluid zu steuern, das dem ersten Dichtungsbereich 132 in der Turbomaschine 102 zugeführt wird. In vielfältigen Ausführungsbeispielen weist der axiale Flansch 108 eine innere Dichtungsfläche auf, die zu einem axial äussersten Dichtungszahn 33A in dem Satz von Dichtungszähnen 33 passt, so dass eine zweite Dichtung (oder ein zweiter Dichtungsbereich) 135 gebildet wird. In einigen Ausführungsbeispielen lässt sich die Dichtungseffizienz beider Dichtungen 132 und 135 mittels einer abschleifbaren Beschichtung 37 verbessern, die auf dem radialen Spitzenabschnitt 104 aufgetragen sein kann. Der Schlitz 110 kann zwischen der ersten Dichtung 132 und der zweiten Dichtung 135 angeordnet sein. In vielfältigen Ausführungsbeispielen erstreckt sich der Schlitz 110 radial zwischen benachbarten Dichtungszähnen 33 in dem Satz von Dichtungszähnen (z.B. zwischen dem axial äussersten Dichtungszahn 33A und seinem benachbarten Dichtungszahn 33. In einigen Ausführungsbeispielen kann die zweite Dichtung 135 Leckstromfluid in den Schlitz 110 drücken, und somit die Richtung eines Fluidstroms, die zu der ersten Dichtung 132 führt steuern. Währenddessen kann die erste Dichtung 132 einen Leckstrom (z.B. von Dampf) reduzieren, der die Leitapparatschaufeln 22 umgeht. Im Unterschied zu dem anhand Fig. 1 veranschaulichten und beschriebenen Ausführungsbeispiel, weist der radiale Spitzenabschnitt 104 der Turbomaschine 102 in manchen Fällen einen Schlitz 110 auf, der sich zwischen benachbarten Dichtungszähnen 33 erstreckt, die sich ausgehend von der

Oberfläche 25 des Laufradkörpers 10 erstrecken. In manchen Fällen kann der Schlitz 110 einen ähnlichen Querschnitt aufweisen, wie er hinsichtlich des Schlitzes 30 in Fig. 2 dargestellt ist.

**[0048]** Eine abgewandelte Darstellung der Turbomaschine 2 von Fig. 1 und der Turbomaschine 102 von Fig. 3 ist in der schematischen Schnittansicht der Turbomaschine 202 in Fig. 4 gezeigt. Hierfür repräsentieren identisch nummerierte Elemente im Wesentlichen identische Bauteile. In dieser Darstellung enthält die Turbomaschine 202 einen (auch als innere Leitapparatabdeckung bezeichneten) radialen Spitzenabschnitt 204, der mit dem radialen Ende 26 der Laufschaufel 22 verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt 204 eine radial zugewandte Fläche 206, eine axial zugewandte Fläche 208, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist 206, und einen Schlitz (oder eine Öffnung) 210 (wenigstens einen Schlitz 210) aufweist, der sich durch die axial zugewandte Fläche 208 und durch die radial zugewandte Fläche 206 erstreckt. Der Schlitz 210 kann genutzt werden, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine 202 zu steuern. In manchen Fällen kann der Schlitz 210 genutzt werden, um mittels einer zweiten Dichtung 235 die Richtung eines Fluidstroms zu steuern, die zu einer ersten Dichtung 232 führt.

**[0049]** In vielfältigen Ausführungsbeispielen weist der Schlitz 210 an der radial zugewandten Fläche 206 zwischen benachbarten sich radial erstreckenden Dichtungszähnen 33 (die sich von der radial aussen liegenden Wand 25 des Laufradkörpers 10 in Richtung der radial zugewandten Fläche 206 erstrecken und zu dem radialen Spitzenabschnitt 204 passen) eine Öffnung 214 auf. Wie in Fig. 4 gezeigt, kann die radial zugewandte Fläche 206 auf mehrfach abgestuften Segmenten von Stirnflächen basieren. Einige der Stufen können axial zugewandt sein. In vielfältigen Ausführungsbeispielen ist der Schlitz 210 zudem auf der axial zugewandten Fläche 208 des radialen Spitzenabschnitts 204 mit einer Öffnung 217 und auf der axial zugewandten Stufe mit einer weiteren Öffnung ausgebildet. In manchen Fällen, beispielsweise im Falle eines Verdichters, ist die axial zugewandte Fläche 208 eine stromabwärts gelegene Fläche. Der Schlitz kann genutzt werden, um Verwirbelung zu verringern, oder um den Leckstrom zurück zu dem Hauptströmungspfad zu leiten. In vielfältigen Ausführungsbeispielen erstreckt sich der Schlitz 210 im Wesentlichen diagonal (geradlinig) zwischen der radial zugewandten Fläche 206 und der axial zugewandten Fläche 208.

**[0050]** Fig. 5 veranschaulicht anhand einer durch den Schlitz 210 hindurch aufgeschnittenen Ansicht des radialen Spitzenabschnitts 204, wie sich mehrere Schlitz 210 durch den radialen Spitzenabschnitt 204 erstrecken. In manchen Fällen erstrecken sich die Schlitz 210 durch den radialen Spitzenabschnitt 204 zumindest teilweise in Umfangsrichtung. Wie gezeigt, erstrecken sich die Schlitz 210 in sämtlichen Fällen zur Gänze radial (r) durch den radialen Spitzenabschnitt 204. In manchen Fällen weisen die Schlitz 210 in Umfangsrichtung versetzte Öffnungen auf, so dass eine radial innen liegende Öffnung 220 gegenüber einer radial aussen liegenden Öffnung 222 in Umfangsrichtung versetzt (d.h., radial nicht fluchtend ausgerichtet) ist.

**[0051]** Es versteht sich, dass die hier (z.B. mit Bezug auf Fig. 5) beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispiele wirbelhemmender Leitapparabdichtungen gleichermaßen in einer Laufschaufelspitzenabdichtung verwendet werden können. In vielfältigen abgewandelten Ausführungsbeispielen lassen sich ähnliche Grundzüge einer Strömungsunterbrechung, wie in Fig. 6 gezeigt, auf den Ort der Schaufelspitzen einer Turbomaschine 302 anwenden. In diesen Fällen verläuft ein Schlitz (oder eine Öffnung) 310 axial durch ein radiales Stufenmerkmal 308, das sich ausgehend von einem stationären Bauteil 324 erstreckt und mit der Zwischenwand 12 einstückig ausgebildet sein kann oder ein daran befestigtes Teil sein kann. Ein erster Dichtungsbereich 332 ist ausgebildet, der Dichtungszähne 333A, 333C (die sich ausgehend von dem Schaufelmantel 9 erstrecken) und einen Dichtungszahn 333B aufweist (der sich von der radial nach innen weisenden Oberfläche der Zwischenwand 12 erstreckt). Diese Dichtungszähne 333A, 333C, 333B bilden einen gewundenen Strömungspfad zwischen der Schaufelhaube 9 und der Zwischenwand 12, um den Leckstrom zu beschränken. Weiter ist ein zweiter Dichtungsbereich 335 gebildet, der mindestens einen von der Schaufelhaube 9 ausgehenden Zahn 333A und eine innenliegende passende Fläche auf dem Stufenmerkmal 308 aufweist. Der zweite Dichtungsbereich 335 kann Leckstrom durch den Schlitz 310 drücken, so dass dadurch eine positive Verwirbelung in die erste Dichtung 332 hinein verringert wird.

**[0052]** In einer Abwandlung kann der Dichtungszahn 333B, wie in Fig. 1, 3 und 4 gezeigt, durch eine Bürstendichtung 40 ersetzt sein. Darüber hinaus kann eine weitere abschleifbare Beschichtung auf dem Innenumfang (auf der radial innen liegenden Fläche) des Merkmals 308 (das den Zahn 333A berührt) aufgebracht sein.

**[0053]** In vielfältigen weiteren Ausführungsbeispielen kann der Schlitz 310, um die dynamische Stabilität eines Laufrads weiter zu verbessern, in Umfangsrichtung gegen die Drehrichtung der Turbomaschine 302 unter einem Winkel ausgerichtet sein, um eine negative Verwirbelung zu erzeugen, die die Laufraddynamik zusätzlich stabilisiert.

**[0054]** Die hier verwendete Terminologie dient lediglich zur Vereinfachung der Erläuterung spezieller Ausführungsformen und soll die Beschreibung nicht beschränken. In dem hier verwendeten Sinne sollen die Singularformen unbestimmter oder bestimmter Artikel auch die Mehrzahlformen einschließen, sofern aus dem Zusammenhang nicht ausdrücklich Entgegenstehendes hervorgeht. Weiter ist klar, dass die in dieser Beschreibung verwendeten Begriffe «weist auf/beinhaltet» und/oder «aufweisend/beinhaltend» das Vorhandensein von genannten Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Arbeitsschritten, Operationen, Elementen und/oder Bauteilen spezifizieren, jedoch nicht das Vorhandensein oder die Hinzufügung einzelner oder mehrerer sonstiger Merkmale, ganzer Zahlen, Schritte, Arbeitsschritte, Operationen, Elemente, Bauteile und/oder Gruppen davon ausschließen. Weiter versteht sich, dass die Begriffe «Vorderseite» und «Rückseite» nicht als beschränkend zu bewerten sind, und dass sie austauschbar sein sollen, wo es angemessen erscheint. Die vorliegende Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung einschliesslich des besten Modus zu beschreiben, und um ausser-



dem jedem Fachmann zu ermöglichen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, beispielsweise beliebige Vorrichtungen und Systeme herzustellen und zu nutzen, und beliebige damit verbundene Verfahren durchzuführen. Der patentfähige Schutzbereich der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann andere dem Fachmann in den Sinn kommende Beispiele umfassen. Solche anderen Beispiele sollen in den Schutzbereich der Ansprüche fallen, falls sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche nicht unterscheiden, oder falls sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden gegenüber dem wörtlichen Inhalt der Ansprüche enthalten.

**[0055]** Verschiedene Ausführungsbeispiele beinhalten eine Turbomaschine mit einer wirbelhemmenden Dichtung. In vielfältigen speziellen Ausführungsbeispielen gehören zu einer Turbomaschine: ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist; ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält: einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist; ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

#### Bezugszeichenliste

##### [0056]

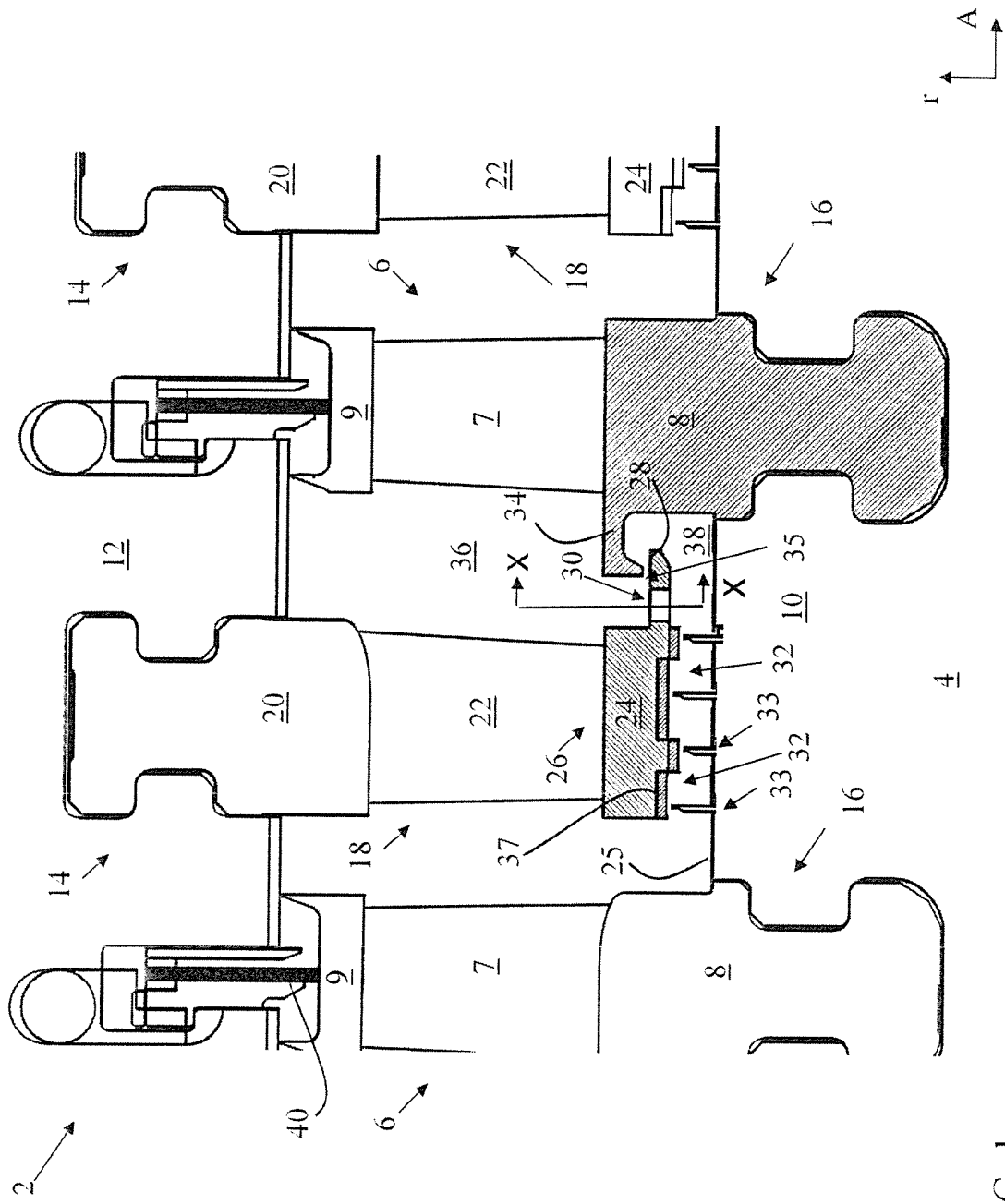
- 2 Turbomaschine
- 4 Laufradabschnitt
- 6 Laufschaufeln
- 7 Schaufelblattabschnitt
- 8 Basisabschnitt
- 9 Mantel
- 10 Laufradkörper
- 12 Zwischenwandabschnitt
- 14 Leitapparate
- 16 Sätze von Schaufelblättern
- 18 Leitapparat
- 20 Leitapparatbasisabschnitt
- 22 Schaufel
- 24 radialer Spitzenabschnitt
- 25 Oberfläche (radial aussen liegende Wand) des Laufradkörpers
- 26 radiales Ende der Laufschaufel
- 28 sich axial erstreckender Flansch
- 30 Schlitz
- 32 Dichtungsbereich
- 33 Dichtungszahne
- 33A axial äusserster Dichtungszahn
- 34 Hakenflansch
- 35 zweiter Dichtungsbereich
- 36 primärer Strömungspfad
- 37 abschleifbares Material

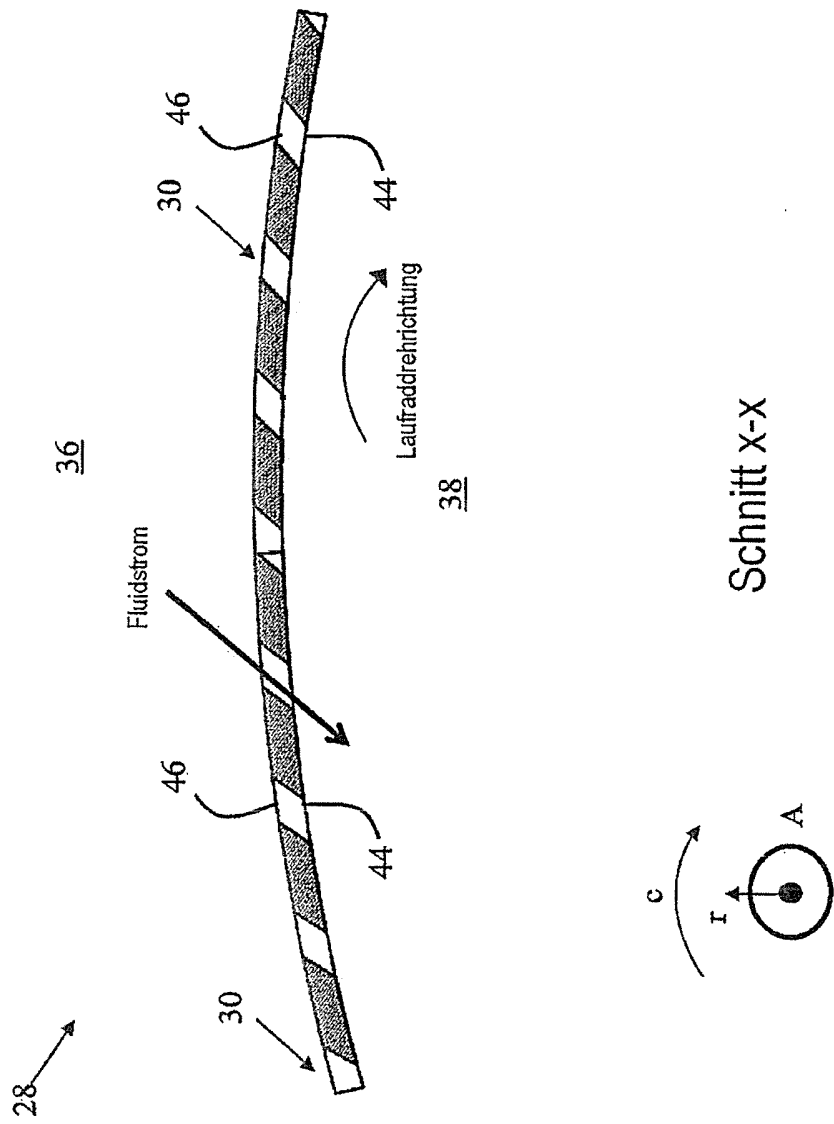
38	sekundärer Strömungspfad
40	Bürstendichtung
44	radial innen liegende Öffnung
46	radial aussen liegende Öffnung
102	Turbomaschine
104	radialer Spitzenabschnitt
108	axialer Flansch
110	Schlitz
132	erste Dichtung
135	zweite Dichtung
202	Turbomaschine
204	radialer Spitzenabschnitt
206	radial zugewandte Fläche
208	axial zugewandte Fläche
210	Schlitz
214	Öffnung
217	Öffnung
220	radial innen liegende Öffnung
222	radial aussen liegende Öffnung
232	erste Dichtung
235	zweite Dichtung
302	Turbomaschine
308	radiales Stufenmerkmal
310	Schlitz
324	stationäres Bauteil
332	erster Dichtungsbereich
333A, 333B, 333C	Dichtungszähne
335	zweiter Dichtungsbereich

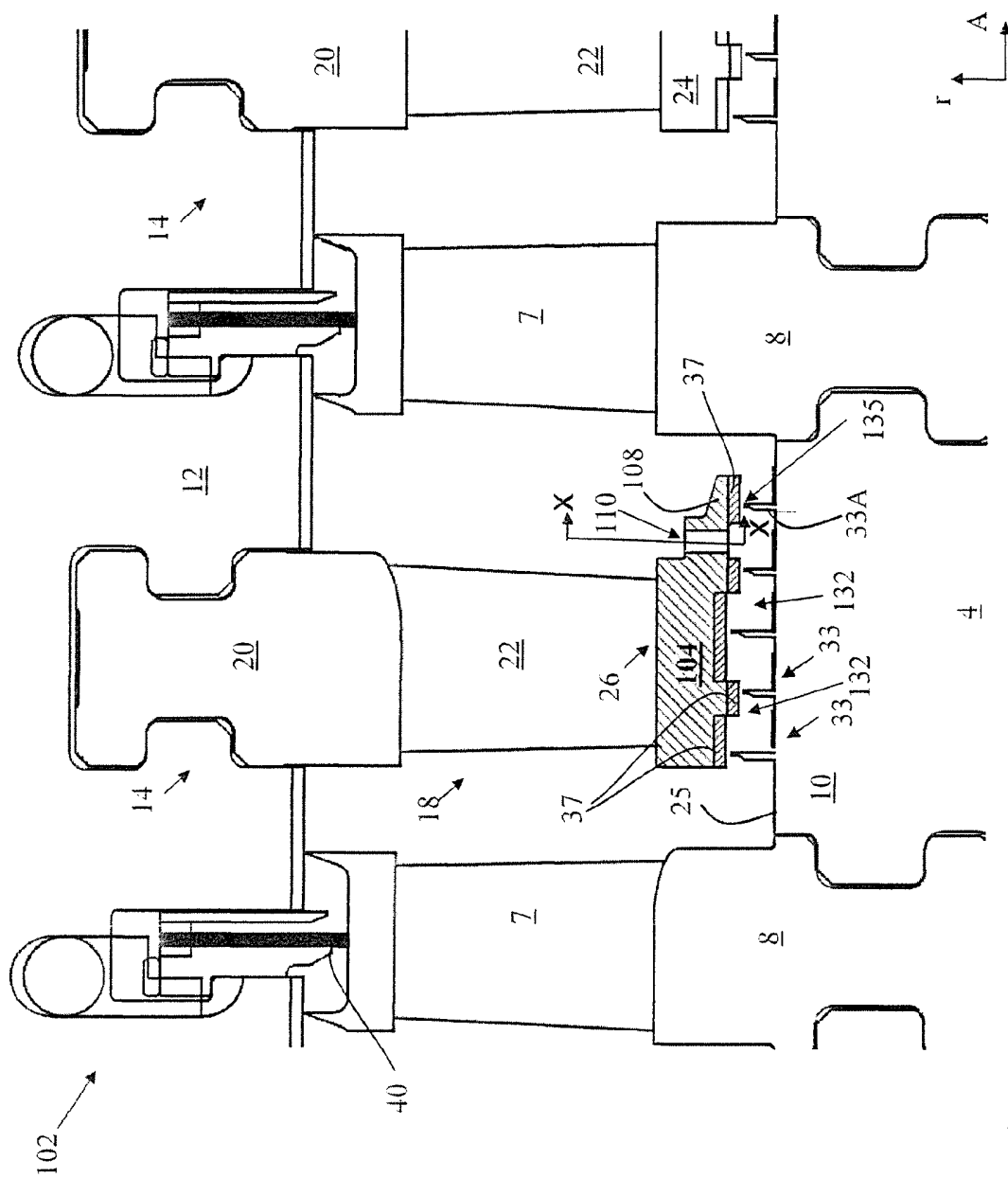
## Patentansprüche

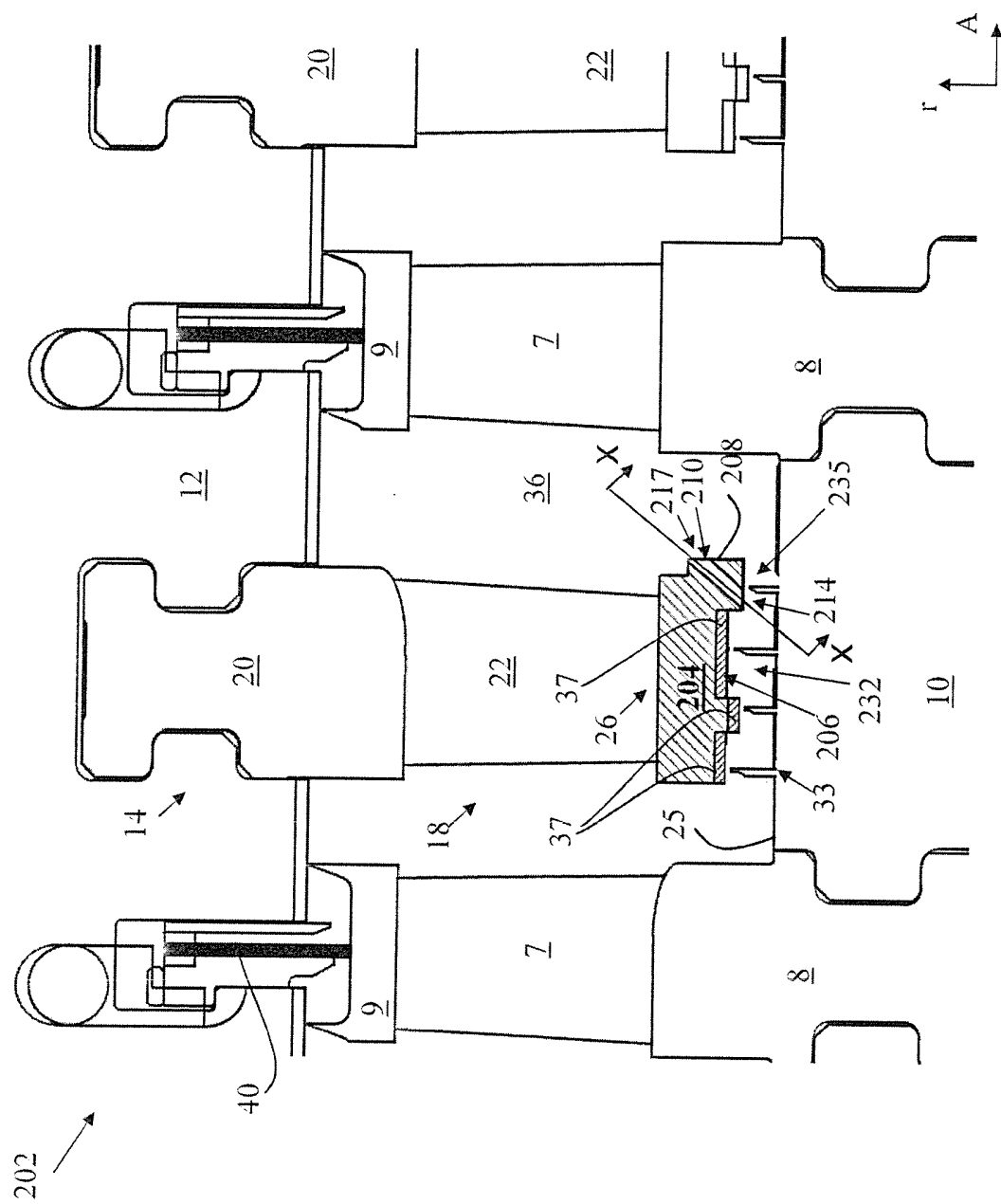
1. Turbomaschine, zu der gehören:  
ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist;  
ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält:  
einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist;  
ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und  
einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt einen sich axial erstreckenden Flansch mit einem Schlitz aufweist, der sich durch ihn hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.

2. Turbomaschine nach Anspruch 1, ferner mit einem Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne, die sich ausgehend von dem Laufradabschnitt erstrecken und zu dem radialen Spitzenabschnitt passen.
3. Turbomaschine nach Anspruch 1, ferner mit mindestens einem radial sich erstreckenden Dichtungszahn, der sich ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt erstreckt und zu dem Laufradabschnitt passt.
4. Turbomaschine nach Anspruch 1, wobei der Schlitz sich zur Gänze radial durch den sich axial erstreckenden Flansch erstreckt.
5. Turbomaschine nach Anspruch 1, wobei eine der axial angeordneten Laufschaufeln, die benachbart zu wenigstens einem Leitapparat sind, ausserdem aufweist:  
einen Basisabschnitt, der mit dem Laufradkörper verbunden ist; und  
einen Schaufelblattabschnitt, der sich radial von dem Basisabschnitt in Richtung des Zwischenwandabschnitts erstreckt,  
wobei der Basisabschnitt einen Hakenflansch aufweist, der sich axial in Richtung des wenigstens einen Leitapparats erstreckt.
6. Turbomaschine nach Anspruch 5, wobei der Hakenflansch axial mit dem sich axial erstreckenden Flansch überlappt, um eine partielle radiale Dichtung zu bilden.
7. Turbomaschine nach Anspruch 6, wobei der Hakenflansch in dem sich axial erstreckenden Flansch den Schlitz nicht axial überlappt.
8. Turbomaschine nach Anspruch 1, wobei sich der Schlitz wenigstens teilweise in Umfangsrichtung durch den Dichtungsabschnitt erstreckt.
9. Turbomaschine, zu der gehören:  
ein Laufradabschnitt, der Sätze axial angeordneter Laufschaufeln aufweist;  
ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält:  
einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist;  
ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und  
einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist, wobei der radiale Spitzenabschnitt aufweist:  
eine radial zugewandte Fläche;  
eine axial zugewandte Fläche, die zu der radial zugewandten Fläche benachbart angeordnet ist; und  
einen Schlitz, der sich durch die axial zugewandte Fläche und durch die radial zugewandte Fläche erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.
10. Turbomaschine, zu der gehören:  
ein Laufradabschnitt mit Sätzen axial angeordneter Laufschaufeln, wobei jede der axial angeordneten Laufschaufeln aufweist:  
einen Basisabschnitt, der mit einem Laufradkörper verbunden ist; und  
einen Schaufelblattabschnitt, der sich ausgehend von dem Basisabschnitt radial erstreckt;  
ein Zwischenwandabschnitt, der den Laufradabschnitt zumindest teilweise umgibt, wobei der Zwischenwandabschnitt einen Satz von Leitapparaten aufweist, die zwischen benachbarten Sätzen der axial angeordneten Laufschaufeln angeordnet sind, wobei der Satz von Leitapparaten mindestens einen Leitapparat aufweist, der enthält:  
einen Basisabschnitt, der mit dem Zwischenwandabschnitt verbunden ist;  
ein Schaufelblatt, das mit dem Basisabschnitt verbunden ist; und  
einen radialen Spitzenabschnitt, der mit einem radialen Ende der Laufschaufel verbunden ist;  
ein Satz sich radial erstreckender Dichtungszähne, die sich entweder ausgehend von dem Körper des Laufrads oder ausgehend von dem radialen Spitzenabschnitt des wenigstens einen Leitapparats erstrecken; und  
eine radiale Stufe, die sich ausgehend von dem Zwischenwandabschnitt radial erstreckt, wobei die radiale Stufe einen Schlitz aufweist, der sich durch sie hindurch erstreckt, um einen Fluidstrom in der Turbomaschine zu steuern.









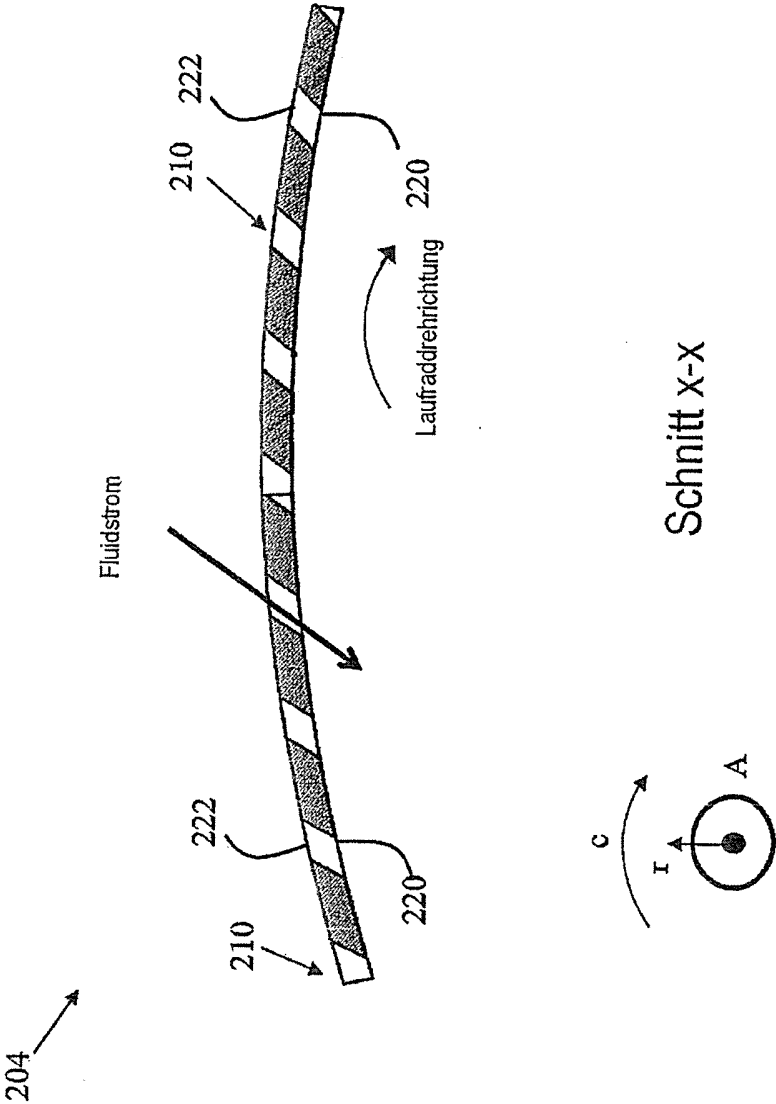


FIG. 5



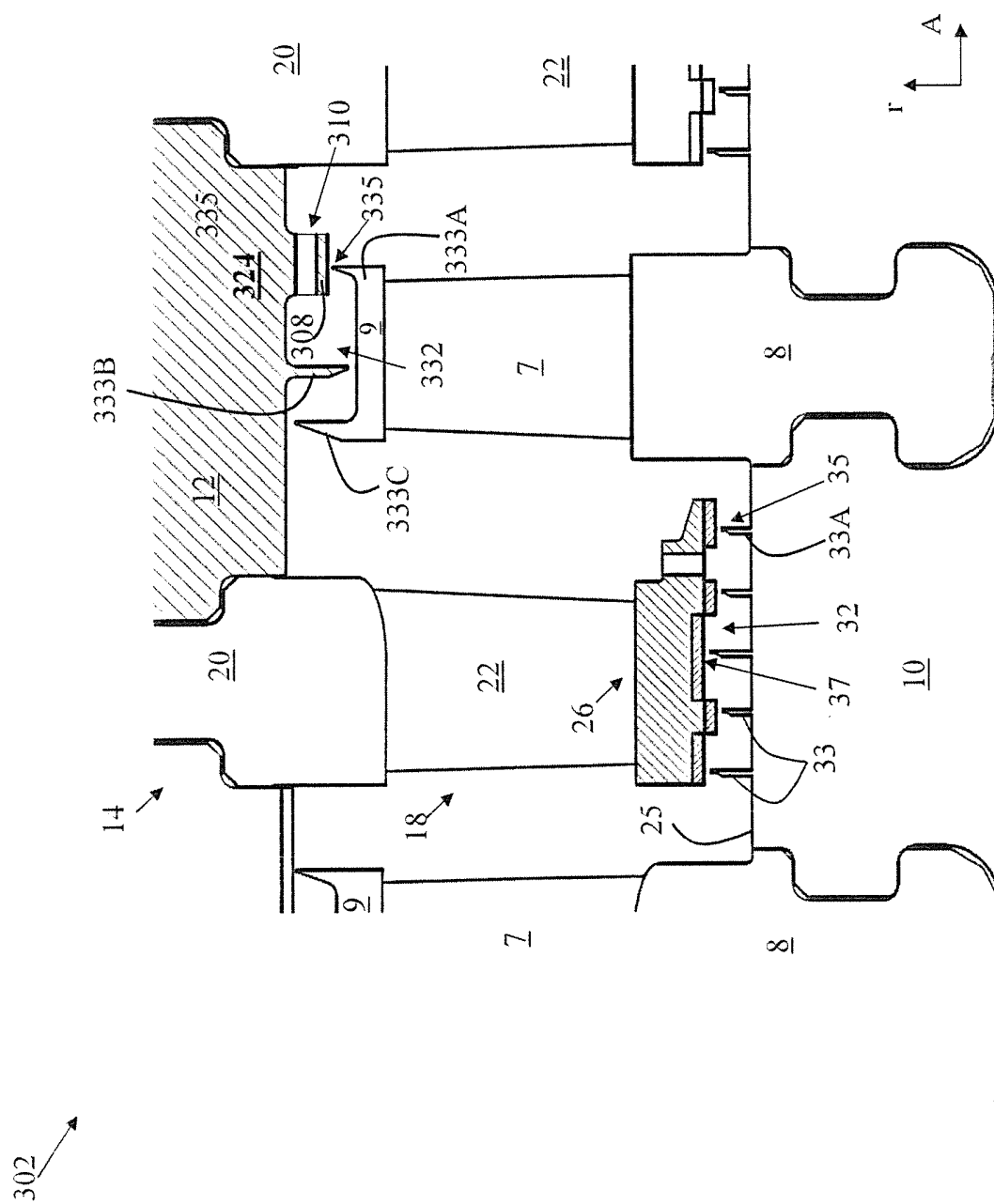


FIG. 6