



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2014 118 013.5

(51) Int Cl.: F01D 5/32 (2006.01)

(22) Anmelddatag: 05.12.2014

(43) Offenlegungstag: 18.06.2015

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17.04.2025

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:  
14/109,549 17.12.2013 US

(72) Erfinder:  
Deallenbach, Robert Edward, Greenville, S.C., US;  
Nair, Ravichandran Pazhur, West Chester, Ohio, US;  
Lupe, Douglas Arthur, Schenectady, N.Y., US

(73) Patentinhaber:  
General Electric Technology GmbH, Baden, CH

(56) Ermittelter Stand der Technik:

(74) Vertreter:  
Rüger Abel Patent- und Rechtsanwälte, 73728  
Esslingen, DE

US 2006 / 0 177 314 A1  
US 2009 / 0 290 983 A1

(54) Bezeichnung: **Laufadanordnung mit einer Schaufelabschlussanordnung und zugehörige Turbine**

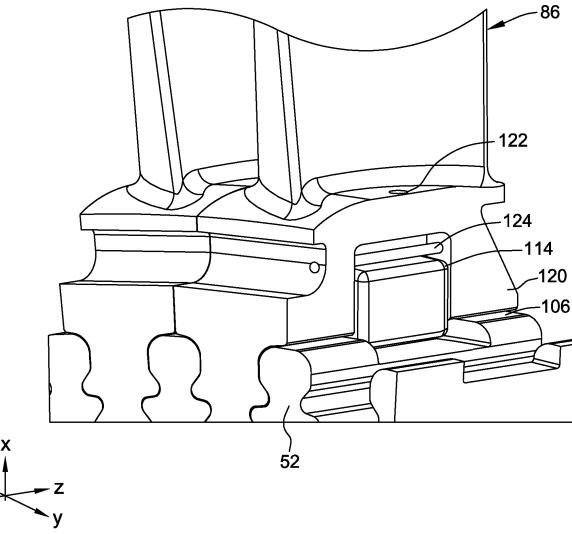
(57) Hauptanspruch: Laufadanordnung (50), die aufweist; ein Laufrad (52), das mehrere Schwalbenschwanzschlitze (54) aufweist, die in Umfangsrichtung um den Umfang des Laufrads (52) herum im Abstand zueinander angeordnet sind;

eine Schaufelabschlussanordnung (94), die aufweist: eine führende Hilfsschaufel (73), die mit dem Laufrad (52) gekoppelt ist, wobei die führende Hilfsschaufel (73) einen Schwalbenschwanz (60), der eingerichtet ist, um mit einem entsprechenden der mehreren Schwalbenschwanzschlitze (54) gekoppelt zu sein, und eine integrale Abdeckung (66) aufweist, die eine zweite Vorderseitenumfangskante (84) aufweist, die im Wesentlichen parallel zu der zweiten Hinterseitenumfangskante (92) ausgerichtet ist, wobei die erste Hinterseitenumfangskante mit der ersten Vorderseitenumfangskante in passender Eingriffsverbindung steht und die zweite Hinterseitenumfangskante (92) mit der zweiten Vorderseitenumfangskante (84) in passender Eingriffsverbindung steht;

Schwalbenschwanz (60), der eingerichtet ist, um mit einem entsprechenden der mehreren Schwalbenschwanzschlitze (54) gekoppelt zu sein, und eine integrale Abdeckung (66) aufweist, die eine zweite Vorderseitenumfangskante (84) aufweist, die im Wesentlichen parallel zu der zweiten Hinterseitenumfangskante (92) ausgerichtet ist, wobei die erste Hinterseitenumfangskante mit der ersten Vorderseitenumfangskante in passender Eingriffsverbindung steht und die zweite Hinterseitenumfangskante (92) mit der zweiten Vorderseitenumfangskante (84) in passender Eingriffsverbindung steht; dadurch gekennzeichnet, ...

eine Abschlussshaufel (86), die neben der führenden Hilfsschaufel (73) mit dem Laufrad (52) gekoppelt ist, wobei die Abschlussshaufel (86) ein Schaufelblatt (64), eine Plattform (62), einen Schwalbenschwanz (60), der eingerichtet ist, um mit einem entsprechenden der mehreren Schwalbenschwanzschlitze (54) gekoppelt zu sein, und eine integrale Abdeckung (66) aufweist, die eine erste Vorderseitenumfangskante und eine zweite Hinterseitenumfangskante (92) aufweist, wobei die erste Vorderseitenumfangskante im Wesentlichen parallel zu der ersten Hinterseitenumfangskante ausgerichtet ist und die zweite Hinterseitenumfangskante (92) unter einem zweiten Winkel (B) bezüglich der Drehachse ausgerichtet ist, wobei der zweite Winkel (B) in die gleiche Richtung geneigt ist wie der erste Winkel (A); und

eine abschließende Hilfsschaufel (78), die neben der Abschlussshaufel (86) mit dem Laufrad (52) gekoppelt ist, wobei die abschließende Hilfsschaufel (78) einen



**Beschreibung****HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Turbinen und insbesondere eine Abschlussanordnung für eine zur axialen Einführung eingerichtete, mit einem integralen Deckband versehene Turbinenschaufel.

**[0002]** In wenigstens einigen bekannten Turbinen, wie z.B. Gasturbinen und Dampfturbinen, werden axial einführbare Schaufeln, d.h. Laufschaufeln, an ein Laufrad gekoppelt, indem die Laufschaufeln im Wesentlichen parallel zu der Rotorachse und in passende Schwalbenschwänze hinein geschoben werden, die an dem Laufrad ausgebildet sind. Einige bekannte Laufschaufeln weisen radial nach innen vorragende Schwalbenschwänze auf, die mit Schwalbenschwänzen an dem Laufrad zusammenpassen. Die Laufradschwalbenschwänze sind in Umfangsrichtung um den Umfang des Laufrads herum im Abstand zueinander angeordnet.

**[0003]** Einige bekannte Turbinen verwenden jedoch integrale Abdeckungen oder Deckbänder entlang der Laufschaufelspitzen. Im Allgemeinen weisen die Deckbänder überlappende Vorsprünge auf, die mit benachbarten Laufschaufeln verschachtelt sind. Einige bekannte Deckbänder können eine Z-förmige Konfiguration aufweisen, wenn man sie in eine Richtung radial nach innen betrachtet. Wenn die Laufschaufeln um das Laufrad herum unter Verwendung des Schwalbenschwanzsystems zur axialen Einführung montiert werden, können die Deckbänder der ersten und der vorletzten montierten Laufschaufel die Montage der letzten axial einführbaren Laufschaufel verhindern. Die blockierenden Abschnitte der Deckbänder können nicht entfernt werden, weil die Deckbänder entworfen sind, um eng aneinander zu passen und sich gegenseitig zu berühren, um eine fortlaufende Umfangskopplung der Laufschaufeln an ihren Spitzen aufrechtzuerhalten. Im Ergebnis ist der Spielraum zwischen den Deckbändern an den Laufschaufeln neben der Stelle der Abschlusssschaufel unzureichend, um eine axiale Einführung der Abschlusssschaufel zuzulassen.

**[0004]** Um die Einführung der letzten axial einführbaren Laufschaufel zu ermöglichen, verwendet wenigstens einige bekannte Turbinen einen Schwalbenschwanzabschlusseinsatz, um die Abschlusssschaufel zu sichern. Die Verwendung eines Schwalbenschwanzabschlusseinsatzes erhöht jedoch die Kosten solcher bekannter Turbinen und kann auch die in der Laufschaufel hervorgerufenen Betriebsbelastungen für die Laufradanordnung erhöhen. An sich können bekannte Methoden zur Sicherung der letzten Laufschaufel oder Abschlusssschaufel mit ihrem Deckband an der ansonsten mithilfe des Mon-

tageverfahrens mit axialer Einführung fertiggestellten Laufradanordnung schwierig und zeitaufwändig sein und können die Betriebsbelastungen auf die Turbine erhöhen.

**[0005]** US 2006 / 0 177 314 A1 offenbart eine Laufradanordnung, die die Merkmale des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 aufweist, und eine Turbine mit einer derartigen Laufradanordnung.

**[0006]** US 2009 / 0 290 983 A1 offenbart eine Sicherungsanordnung für eine Abschlusssschaufel einer Laufradanordnung, die eine Sicherungskeilnut in einer sich radial erstreckenden Fläche der Plattform der Abschlusssschaufel, einen Sicherungskeil, der innerhalb der Sicherungskeilnut angeordnet ist, eine Durchgangsöffnung, die sich radial durch die Plattform bis zur Sicherungskeilnut erstreckt, und einen Sicherungsstift aufweist, der in der Durchgangsöffnung eingesetzt und eingerichtet ist, um den Sicherungskeil in seiner Position in der Sicherungskeilnut zu sichern.

**[0007]** Ausgehend hiervon ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Laufradanordnung mit axial einführbaren Laufschaufeln zu schaffen, die eine einfache und schnelle Montage und Sicherung der Abschlusssschaufel ermöglicht. Eine weitere Aufgabe ist es, eine Turbine mit einer derartigen Laufradanordnung zu schaffen.

**KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG**

**[0008]** Zur Lösung der obigen Aufgabe ist in einem Aspekt eine Laufradanordnung geschaffen. Die Laufradanordnung enthält ein Laufrad, das mehrere Schwalbenschwanzschlitze aufweist, die in Umfangsrichtung um einen Umfang des Laufrads herum im Abstand zueinander angeordnet sind. Die Laufradanordnung weist ferner eine Schaufelabschlussanordnung auf. Die Schaufelabschlussanordnung enthält eine führende Hilfsschaufel, die mit dem Laufrad gekoppelt ist. Die führende Hilfsschaufel weist einen Schwalbenschwanz auf, der eingerichtet ist, um an einem entsprechenden der mehreren Schwalbenschwanzschlitze angebracht zu werden. Ferner weist die führende Hilfsschaufel eine integrale Abdeckung auf, die eine erste Hinterseitenumfangskante enthält, die unter einem ersten Winkel bezüglich einer Drehachse des Laufrads ausgerichtet ist. Zusätzlich enthält die Schaufelabschlussanordnung eine Abschlusssschaufel, die mit dem Laufrad gekoppelt ist. Die Abschlusssschaufel weist ein Schaufelblatt, eine Plattform, einen Schwalbenschwanz, der eingerichtet ist, um an einen entsprechenden der mehreren Schwalbenschwanzschlitze angebracht zu werden, und eine integrale Abdeckung mit einer zweiten Hinterseitenumfangskante und einer ersten Vorderseitenumfangskante auf. Die erste Vorderseitenumfangskante ist im

Wesentlichen parallel zu der ersten Hinterseitenumfangskante ausgerichtet, und die zweite Hinterseitenumfangskante ist unter einem zweiten Winkel bezüglich der Drehachse ausgerichtet. Der zweite Winkel ist in die gleiche Richtung geneigt wie der erste Winkel. Die Abschlusssschaufel weist ferner eine Sicherungskeilnut, die in einer sich radial erstreckenden Rückseitenfläche der Plattform ausgebildet ist, eine Öffnung, die sich in Axialrichtung durch die Plattform und durch die Sicherungskeilnut erstreckt, einen Sicherungskeil, der innerhalb der Sicherungskeilnut angeordnet ist, wobei der Sicherungskeil eine vordefinierte Dicke in der Umfangsrichtung aufweist, die kleiner als eine Strecke der Sicherungskeilnut in der Umfangsrichtung ist, und einen Sicherungsstift, der eingerichtet ist, um mit der Öffnung verschiebbar gekoppelt zu sein, wobei der Sicherungsstift eingerichtet ist, um den Sicherungskeil radial innen von dem Sicherungsstift innerhalb der Sicherungskeilnut zu sichern. Die Schaufelabschlussanordnung enthält ferner eine abschließende Hilfsschaufel, die mit dem Laufrad gekoppelt ist. Die abschließende Hilfsschaufel weist einen Schwabenschwanz auf, der eingerichtet ist, um an einem entsprechenden der mehreren Schwabenschwanzschlitze angebracht zu werden. Die abschließende Hilfsschaufel weist auch eine integrale Abdeckung auf, die eine zweite Vorderseitenumfangskante enthält, die im Wesentlichen parallel zu der zweiten Hinterseitenumfangskante ausgerichtet ist. Die erste Hinterseitenumfangskante ist in einem passenden Eingriff mit der ersten Vorderseitenumfangskante verbunden und die zweite Hinterseitenumfangskante ist in einem passenden Eingriff mit der zweiten Vorderseitenumfangskante verbunden.

**[0009]** In der zuvor erwähnten Laufradanordnung kann eine Umfangsweite jeder der integralen Abdeckungen eingerichtet sein, um einen Eingriffszustand mit den benachbarten integralen Abdeckungen zu schaffen, um eine Torsionskraft an jeder der integralen Abdeckungen hervorzurufen.

**[0010]** In der Laufradanordnung einer beliebigen vorstehend erwähnten Art können die mehreren Schwabenschwanzschlitze unter einem dritten Winkel bezüglich der Drehachse ausgerichtet sein.

**[0011]** In einer Ausführungsform sind der erste Winkel, der zweite Winkel und der dritte Winkel spitze Winkel, die in die gleiche Richtung bezüglich der Drehachse geneigt sind.

**[0012]** In der zuletzt erwähnten Ausführungsform kann der erste Winkel größer als der zweite Winkel sein.

**[0013]** Zusätzlich kann der zweite Winkel größer als der dritte Winkel sein.

**[0014]** In jeder beliebigen Laufradanordnung, die die mehreren Schwabenschwanzschlitze aufweist, die unter einem dritten Winkel ausgerichtet sind, können die mehreren Schwabenschwanzschlitze Schwanzschlitze zur axialen Einführung aufweisen, so dass der dritte Winkel ungefähr  $0^\circ$  beträgt.

**[0015]** In der Laufradanordnung einer beliebigen vorstehend erwähnten Art, kann ein Wert des zweiten Winkels größer als ungefähr  $0^\circ$  und kleiner als oder gleich ungefähr  $10^\circ$  sein.

**[0016]** Zur Lösung der obigen Aufgabe der Erfindung ist in einem weiteren Aspekt eine Turbine geschaffen. Die Turbine weist eine rotierende Welle auf, die eine Drehachse aufweist. Die Turbine enthält ferner ein Gehäuse, das sich in Umfangsrichtung um die rotierende Welle herum erstreckt. Das Gehäuse definiert wenigstens einen Durchgang, der eingerichtet ist, um ein Arbeitsfluid entlang einer Länge der rotierenden Welle zu leiten. Die Turbine auch eine Laufradanordnung, die eine beliebige der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen aufweist und an einem Abschnitt der rotierenden Welle angebracht ist, um mit dieser zu rotieren. Die Laufradanordnung ist eingerichtet, um das Arbeitsfluid zu expandieren.

**[0017]** In der zuvor erwähnten Turbine kann die integrale Abdeckung der führenden Hilfsschaufel eine Umfangsweite aufweisen, die eingerichtet ist, um einen Eingriffszustand mit der integralen Abdeckung der Abschlusssschaufel zu schaffen.

**[0018]** Zusätzlich oder alternativ können die erste Vorderseitenumfangskante und die zweite Hinterseitenumfangskante eingerichtet sein, um eine Reibungskontaktkraft zwischen ihnen hervorzurufen, um die Abschlusssschaufel an der Umfangsanordnung zu sichern.

**[0019]** In einer Ausführungsform sind die mehreren Schwabenschwanzschlitze unter einem dritten Winkel bezüglich der Drehachse ausgerichtet.

**[0020]** In der zuletzt erwähnten Ausführungsform können der erste Winkel, der zweite Winkel und der dritte Winkel spitze Winkel sein, die in die gleiche Richtung bezüglich der Drehachse geneigt sind, wobei der erste Winkel größer als der zweite Winkel sein kann und wobei der zweite Winkel größer als der dritte Winkel sein kann.

**[0021]** Zusätzlich oder alternativ können die mehreren Schwabenschwanzschlitze Schwabenschwanzschlitze zur axialen Einführung aufweisen, so dass der dritte Winkel ungefähr  $0^\circ$  beträgt.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**Fig. 1** ist eine schematische Ansicht einer beispielhaften Dampfturbine;

**Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht eines Abschnitts einer beispielhaften Laufradanordnung, die mit der in **Fig. 1** gezeigten Dampfturbine verwendet wird;

**Fig. 3** ist eine Draufsicht eines Abschnitts der in **Fig. 2** gezeigten Laufradanordnung, mit Blick radial nach innen in Richtung einer Mittelachse der Dampfturbine;

**Fig. 4** ist eine Draufsicht eines Abschnitts der in **Fig. 2** gezeigten Laufradanordnung, mit Blick radial nach innen und unter Veranschaulichung beispielhafter Kontaktkräfte, die auf integralen Abdeckungen eines Abschnitts einer Abschlussanordnung wirken können;

**Fig. 5** ist eine ausschnittsweise perspektivische Ansicht der in **Fig. 2** gezeigten Laufradanordnung, die einen beispielhaften Sicherungskeil zur Sicherung einer Abschlusschaufel veranschaulicht; und

**Fig. 6** ist eine ausschnittsweise perspektivische Ansicht der in **Fig. 2** gezeigten Laufradanordnung, die einen beispielhaften Sicherungsstift enthält, der zur Sicherung des bei der Abschlusschaufel verwendeten Sicherungskeils verwendet werden kann.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0022]** Die Ausdrücke „axial“ und „in Axialrichtung“, wie sie hier verwendet werden, beziehen sich auf Richtungen und Ausrichtungen, die im Wesentlichen parallel zu einer Längsachse einer Turbine verlaufen. Die Ausdrücke „radial“ und „in Radialrichtung“ beziehen sich ferner auf Richtungen und Ausrichtungen, die im Wesentlichen senkrecht zu der Längsachse der Turbine verlaufen. Zusätzlich beziehen sich die Ausdrücke „Umfangs-“ und „in Umfangsrichtung“ auf Richtungen und Ausrichtungen, die sich bogenförmig um die Längsachse der Turbine herum erstrecken.

**[0023]** **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht einer beispielhaften Dampfturbine 10. Während **Fig. 1** eine beispielhafte Dampfturbine beschreibt, sollte man erkennen, dass die hierin beschriebenen Laufschaufelabschlussysteme nicht auf irgendeinen bestimmten Turbinentyp beschränkt sind. Ein Fachmann wird erkennen, dass die hierin beschriebenen derzeitigen Schaufelabschlussysteme und Verfahren bei jeder rotierenden Maschine, einschließlich einer Gasturbine, in jeglicher geeigneten Konfiguration verwendet werden können, die eine solche Vor-

richtung oder ein solches System befähigt, wie hierin beschrieben zu arbeiten.

**[0024]** In der beispielhaften Ausführungsform ist die Dampfturbine 10 eine einflutige Dampfturbine. Alternativ kann die Dampfturbine 10 eine Dampfturbine jeder beliebigen Bauart, wie beispielsweise, ohne Beschränkung darauf, eine Niederdruckturbine, eine Gegenstrom-Dampfturbine, eine Hochdruck- und eine Mitteldruckdampfturbinenkombination, eine zweiflutige Dampfturbine und/oder ein anderer Dampfturbinentyp, sein. Darüber hinaus ist, wie vorstehend beschrieben, die vorliegende Erfindung nicht darauf beschränkt, nur in Dampfturbinen verwendet zu werden, und sie kann in anderen Turbinensystemen, wie z.B. in Gasturbinen, verwendet werden.

**[0025]** In der in **Fig. 1** gezeigten beispielhaften Ausführungsform enthält die Dampfturbine 10 mehrere Turbinenstufen 12, die an eine rotierende Welle 14 gekoppelt sind. Ein Gehäuse 16 ist axial in einen oberen Halbabschnitt 18 und einen (nicht gezeigten) unteren Halbabschnitt unterteilt. Der obere Halbabschnitt 18 weist einen Hochdruck(HD)-Dampfeinlass 20 und einen Niederdruck(ND)-Dampfauslass 22 auf. Die Welle 14 erstreckt sich durch das Gehäuse 16 hindurch, entlang einer Mittelachse 24. Die Welle 14 ist in dem Gehäuse 16 durch Lager 26 bzw. 28 gelagert, die mit entgegengesetzten Endabschnitten 30 der Welle 14 drehbar gekoppelt sind. Mehrere Dichtungselemente 31, 34 und 36 sind zwischen den Endabschnitten 30 der rotierenden Welle 14 und dem Gehäuse 16 eingekoppelt, um eine Abdichtung des Gehäuses 16 an der Welle 14 zu ermöglichen.

**[0026]** In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Dampfturbine 10 auch eine Statorkomponente 42, die mit einer Innenhülle 44 des Gehäuses 16 gekoppelt ist. Mehrere Dichtungselemente 34 sind mit der Statorkomponente 42 gekoppelt. Das Gehäuse 16, die Innenhülle 44 und die Statorkomponente 42 erstrecken sich jeweils in Umfangsrichtung um die Welle 14 und die Dichtungselemente 34 herum. In der beispielhaften Ausführungsform bilden die Dichtungselemente 34 einen gewundenen Dichtungspfad zwischen der Statorkomponente 42 und der Welle 14. Die Welle 14 enthält mehrere Turbinenstufen 12, durch die Dampf 40 hohen Drucks und hoher Temperatur mittels eines oder mehrerer Dampfkanäle 46 hindurchgeleitet wird. Die Turbinenstufen 12 enthalten mehrere Einlassleitschaufeln 48. Die Dampfturbine 10 kann jede beliebige Anzahl von Einlassleitschaufeln 48 enthalten, die die Dampfturbine 10 in die Lage versetzen, wie hierin beschrieben zu arbeiten. Beispielsweise kann die Dampfturbine 10 mehr oder weniger Einlassleitschaufeln enthalten, als in **Fig. 1** gezeigt. Die Turbinenstufen 12 enthalten auch mehrere Turbinenschaufeln oder Laufschaufeln.

feln 38. Die Dampfturbine 10 kann eine beliebige Anzahl von Laufschaufeln 38 enthalten, die der Dampfturbine 10 ermöglichen, wie hierin beschrieben zu arbeiten. Die Dampfturbine 10 kann beispielsweise mehr oder weniger Laufschaufeln 38 aufweisen, als in **Fig. 1** veranschaulicht. Der Dampfkanal 46 verläuft typischerweise durch das Gehäuse 16. Dampf 40 strömt in den Dampfkanal 46 durch den HD-Dampfeinlass 20 ein und strömt hinunter die Länge der Welle 14 entlang durch die Turbinenstufen 12 hindurch.

**[0027]** Während des Betriebs wird Dampf 40 hohen Drucks und hoher Temperatur von einer Dampfquelle, wie z.B. (einem nicht gezeigten) Kessel, zu den Turbinenstufen 12 geleitet, worin thermische Energie durch die Turbinenstufen 12 in mechanische Rotationsenergie umgewandelt wird. Insbesondere wird der Dampf 40 durch das Gehäuse 16 des HD-Dampfeinlasses 20 hindurch geleitet, wo er auf mehrere, allgemein mit 38 gekennzeichnete Turbinenschaufeln oder Laufschaufeln aufprallt, die an die Welle 14 gekoppelt sind, um eine Rotation der Welle 14 um die Mittelachse 24 hervorzurufen. Der Dampf 40 verlässt das Gehäuse 16 an dem ND-Dampfauslass 22. Der Dampf 40 kann dann zu dem (nicht gezeigten) Kessel geleitet werden, wo er wiederholt oder zu anderen Komponenten des Systems, z.B. zu einem (nicht gezeigten) Kondensator, geleitet werden kann.

**[0028]** **Fig. 2** ist eine perspektivische Ansicht eines Abschnitts einer beispielhaften Laufradanordnung 50 der in **Fig. 1** gezeigten Dampfturbine 10. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Laufradanordnung 50 ein Laufrad 52, das mehrere darin definierte Schwalbenschwanzschlitze 54 zur axialen Einführung enthält, die im Wesentlichen im gleichen Abstand zueinander um den Umfang des Laufrads 52 herum angeordnet sind. Jeder Schwalbenschwanzschlitz 54 verläuft im Wesentlichen parallel zu der Mittelachse 24 der Welle 14, wie allgemein durch die Mittellinie 55 angezeigt. Die Mittelachse 24 entspricht der Drehachse des Laufrads 52. In einer alternativen Ausführungsform können die Schwalbenschwanzschlitze 54 in einem Laufrad 52 unter jedem beliebigen Winkel bezüglich der Mittelachse 24 ausgerichtet sein, der es ihnen ermöglicht, wie hierin beschrieben zu arbeiten. Jeder Schwalbenschwanzschlitz 54 ist im Wesentlichen V-förmig und enthält eine Reihe von sich axial erstreckenden Vorsprüngen 56 und Nuten 58.

**[0029]** Die Mittelachse 24 verläuft, wie in **Fig. 1** gezeigt, im Wesentlichen parallel zu der Z-Achse des Koordinatensystems, wobei die primäre Strömungsrichtung des Dampfs 40 im Wesentlichen entlang der Z-Achse verläuft. Wie in **Fig. 2** gezeigt, rotiert das Laufrad 52 in die Richtung, die durch den

Pfeil R angezeigt ist, während der Dampf 40 durch die Laufradanordnung 50 strömt.

**[0030]** In der beispielhaften Ausführungsform enthält jede Laufschaufel 38 einen Fußabschnitt oder Schwalbenschwanz 60, eine Plattform 62, ein Schaufelblatt 64 und eine integrale Abdeckung 66. Unter Bezugnahme auf das Koordinatensystem wird auf die vorderste Umfangsseite jeder Laufschaufel 38 bezüglich der Drehrichtung der Laufradanordnung 50 als eine Vorderseite 65 Bezug genommen. Auf die entgegengesetzte Umfangsseite jeder Laufschaufel 38 oder die hinterste Seite bezüglich der Drehrichtung der Laufradanordnung 50 (d.h. die positive Richtung der Y-Achse) wird als eine Hinterseite 63 Bezug genommen.

**[0031]** In der beispielhaften Ausführungsform ist der Schwalbenschwanz 60 mit einer Form ausgebildet, die zu einem entsprechenden Schwalbenschwanzschlitz 54 im Wesentlichen komplementär ist, und jeder enthält verjüngte Seitenwände, die eine Reihe von sich axial erstreckenden Vorsprüngen 68 und Nuten 70 enthalten, die eingerichtet sind, um mit einem entsprechenden Schwalbenschwanzschlitz 54 ineinanderzugreifen. Wie beschrieben, sind der Schwalbenschwanzschlitz 54 und der Schwalbenschwanz 60 im Wesentlichen parallel zu der Mittelachse 24 der Dampfturbine 10 ausgerichtet, so dass die Laufschaufeln 38 auf dem Laufrad 52 installiert werden können, wenn der Schwalbenschwanz 60 einer entsprechenden Laufschaufel 38 axial in einen entsprechenden Schwalbenschwanzschlitz 54 eingeführt wird. Wenn sie montiert sind, bilden die Laufschaufeln 38 eine Anordnung von Laufschaufeln, die sich um den Umfang des Laufrads 52 herum erstreckt.

**[0032]** **Fig. 3** ist eine Draufsicht eines Abschnitts einer Laufradanordnung 50, mit Blick radial nach innen auf die integralen Abdeckungen 66 und in Richtung der Mittelachse 24. Insbesondere zeigt **Fig. 3** eine vergrößerte Draufsicht eines beispielhaften Abschnitts einer Schaufelabschlussanordnung 94, die bei der Laufradanordnung 50 verwendet wird. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Laufradanordnung 50 mehrere reguläre Laufschaufeln 72 und die Schaufelabschlussanordnung 94. Jede integrale Abdeckung 66 ist im Wesentlichen in Form eines Parallelogramms ausgebildet. Jede integrale Abdeckung 66 der regulären Laufschaufel 72 weist Außenkanten 74 und 76 auf, die im Wesentlichen senkrecht zu der Mittelachse 24 des Laufrads 52 ausgerichtet sind, wenn jede integrale Abdeckung 66 innerhalb der Laufradanordnung 50 in Stellung eingekoppelt ist. Zusätzlich enthält jede integrale Abdeckung 66 der regulären Laufschaufel 72 ein Paar Umfangskanten 32, die im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind und sich jeweils unter einem Winkel A bezüglich der Mittelachse 24

erstrecken. Allgemein befindet sich eine entsprechende Umfangskante 32 an der Vorderseite 65 und an der Hinterseite 63 der regulären Laufschaufel 72. In der beispielhaften Ausführungsform beträgt der Winkel A mehr als ungefähr  $0^\circ$  und weniger als ungefähr  $90^\circ$ . Alternativ kann der Winkel A ein beliebiger Winkel sein, der den mehreren Laufschaufeln 38 ermöglicht, wie hierin beschrieben zu arbeiten.

**[0033]** In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Schaufelabschlussanordnung 94 eine führende Hilfsschaufel 73. Die führende Hilfsschaufel 73 ist einer regulären Laufschaufel 72 ähnlich. Die Schaufelabschlussanordnung 94 enthält auch eine abschließende Hilfsschaufel 78. Die integrale Abdeckung 66 der abschließenden Hilfsschaufel 78 ist im Wesentlichen in Form eines Trapezoids ausgebildet und enthält Kanten 80 und 82, die im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen und im Wesentlichen senkrecht zur Mittelachse 24 des Laufrads 52 ausgerichtet sind, wenn die Laufradanordnung 50 vollständig montiert ist. Die abschließende Hilfsschaufel 78 enthält eine Umfangskante 32 (Hinterseitenumfangskante), die im Wesentlichen parallel zu einer entsprechenden Umfangskante 32 einer regulären Laufschaufel 72 ausgerichtet ist, wenn die Laufradanordnung 50 vollständig montiert ist. Zusätzlich enthält die integrale Abdeckung 66 der abschließenden Hilfsschaufel 78 eine Vorderseitenumfangskante 84, die unter einem Winkel B bezüglich der Mittelachse 24 ausgerichtet ist. In der beispielhaften Ausführungsform ist der Winkel B ein spitzer Winkel von weniger als oder gleich ungefähr  $10^\circ$  und mehr als ungefähr  $0^\circ$ . Zusätzlich ist der Winkel B kleiner als der Winkel A, so dass die Bedingung  $0^\circ < |B| < |A|$  erfüllt ist. Alternativ dazu kann der Winkel B jeder beliebige Winkel sein, der der abschließenden Hilfsschaufel 78 ermöglicht, wie hierin beschrieben zu arbeiten.

**[0034]** In der beispielhaften Ausführungsform enthalten die Laufschaufeln 38 auch eine Abschluss-schaufel 86. Die integrale Abdeckung 66 der Abschluss-schaufel ist im Wesentlichen in Form eines Trapezoids ausgebildet und enthält Kanten 88 und 90, die im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen und im Wesentlichen senkrecht zu der Mittelachse 24 des Laufrads 52 ausgerichtet sind, wenn die Laufradanordnung 50 vollständig montiert ist. Die Abschluss-schaufel 86 enthält eine Umfangskante 32 (Vorderseitenumfangskante), die im Wesentlichen parallel zu einer entsprechenden Umfangskante 32 einer führenden Hilfsschaufel 73 verläuft, wenn die Laufradanordnung 50 vollständig montiert ist. Zusätzlich enthält die integrale Abdeckung 66 der Abschluss-schaufel eine Hinterseitenumfangskante 92, die sich unter einem Winkel B bezüglich der Z-Achse erstreckt und die im Wesentlichen parallel zu der Vorderseitenumfangskante 84 der abschließenden Hilfsschaufel 78 verläuft. Wie

vorstehend beschrieben, ist der Winkel B ein positiver Winkel bezüglich der Mittelachse 24, und er ist ein spitzer Winkel, der kleiner als der Winkel A ist und der größer als ungefähr  $0^\circ$  ist, so dass die Bedingung  $0^\circ < |B| < |A|$  erfüllt ist.

**[0035]** In der beispielhaften Ausführungsform sind der Schwabenschwanzschlitz 54 und der Schwabenschwanz 60 jeweils im Wesentlichen parallel zu der Mittelachse 24 ausgerichtet. Alternativ können der Schwabenschwanzschlitz 54 und der Schwabenschwanz 60 unter einem Winkel C ausgerichtet sein. In der beispielhaften Ausführungsform beträgt der Winkel C  $0^\circ$ . Der Winkel C kann jedoch ein beliebiger spitzer Winkel sein, der die Bedingung  $|C| < |B| < |A|$  erfüllt. In alternativen Ausführungsformen kann der Winkel C ein beliebiger Winkel sein, der es der Schaufelabschlussanordnung 94 ermöglicht, wie hierin beschrieben zu arbeiten.

**[0036]** **Fig. 4** zeigt eine Draufsicht eines Abschnitts der Laufradanordnung 50 mit Blick radial nach innen, die beispielhafte Kontaktkräfte veranschaulicht, die auf die integralen Abdeckungen 66 der Schaufelabschlussanordnung 94 wirken. Eine Umfangsweite 100 einer jeweiligen integralen Abdeckung 66 ist mit einer verglichen mit dem verfügbaren Raum in der Laufradanordnung 50 erhöhten tangentialen Teillungslänge hergestellt, d.h. die Summe der Umfangsweiten 100 der integralen Abdeckungen 66 ist größer als der Umfang eines Kreises, der sich durch die integralen Abdeckungen 66 der Laufradanordnung 50 erstreckt. In Folge dessen erzeugt die Umfangsweite 100 einen Eingriffszustand an den Umfangskanten 32 der integralen Abdeckungen 66. Um den Eingriffszustand zu entlasten, werden die integralen Abdeckungen 66 zu einer kleineren Umfangsweite hin verdreht, wie allgemein durch gekrümmte Pfeile 102 gekennzeichnet. Die Verdrehung ruft eine Vorverwindung der Schaufelblätter 64 hervor. In der beispielhaften Ausführungsform wirkt jedes entsprechende Schaufelblatt 64 als eine Torsionsfeder, und es werden Reibungskontaktkräfte F1 entlang der Umfangskanten 32 der integralen Abdeckungen 66 erzeugt. Die Reibungskontaktkräfte F1 stellen sicher, dass jede entsprechende Laufschaufel 38 und jede entsprechende Schaufelabschlussanordnung 94 miteinander gekoppelt sind. Wenn die Abschluss-schaufel 86 montiert wird, wird eine Reibungskontaktkraft F2 auch an der zwischen der Vorderseitenumfangskante 84 und der Hinterseitenumfangskante 92 definierten Verbindungsstelle erzeugt, und zwar sowohl aufgrund des an dieser Verbindungsstelle angewendeten Eingriffszustands als auch aufgrund der tangentialen Kompression, die aufgrund der Vorverwindung des Schaufelblatts 64 um die Reihe herum entsteht. Die Abschluss-schaufel 86 ist somit mit den benachbarten führenden und abschließenden Hilfsschaufeln 73 und 78 gekoppelt. Da die Vorderseitenumfangskante 84

und die Hinterseitenumfangskante 92 unter einem Winkel B ausgerichtet sind, gleiten während des Betriebs der Dampfturbine 10 die integralen Abdeckungen 66 nicht im großen Umfang relativ zueinander.

**[0037]** **Fig. 5** ist eine ausschnittsweise perspektivische Ansicht einer Laufradanordnung 50. In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Abschlusschaufl 86 eine Sicherungskeilnut 110, die in einer Rückseite 96 der Plattform 62 definiert ist. Die Sicherungskeilnut 110 ist in ihrer Form im Wesentlichen rechteckig und erstreckt sich über eine vordefinierte Strecke 98 unterhalb einer Rückseitenfläche 120 der Plattform 62. Alternativ kann die Sicherungskeilnut 110 jede beliebige Form aufweisen, die die Sicherungskeilnut befähigt, wie hierin beschrieben zu arbeiten. Die Sicherungskeilnut 110 ist innerhalb der Plattform 62 in einer axialen Richtung im Wesentlichen zentriert und erstreckt sich durch eine Unterseite 104 der Plattform 62 hindurch. Das Laufrad 52 enthält eine zugehörige Aussparung 118, die in einer Umfangsfläche 106 des Laufrads 52 zwischen entsprechenden Schwabenschwanzschlitzen 54 definiert ist. Die Aussparung 118 ist mit der Sicherungskeilnut 110 im Wesentlichen ausgerichtet, d.h. sowohl die Sicherungskeilnut 110 als auch die Aussparung 118 weisen eine im Wesentlichen ähnliche Abmessung in Richtung der Z-Achse auf.

**[0038]** In der beispielhaften Ausführungsform ist ein Sicherungskeil 114 innerhalb einer Sicherungskeilnut 110 und einer Aussparung 118 angeordnet, um die axiale Position einer Abschlusschaufl 86 zu sichern. Der Sicherungskeil 114 ist in seiner Form im Wesentlichen rechteckig und weist eine vordefinierte Dicke 108 auf, die kleiner als die Strecke 98 der Sicherungskeilnut 110 ist, um die Abschlusschaufl 86 zu befähigen, als die letzte Laufschaufel auf die Laufradanordnung 50 eingeführt zu werden, ohne dass der Sicherungskeil 114 die abschließende Hilfsschaufel 78 störend beeinflusst. Alternativ dazu kann der Sicherungskeil 114 jede beliebige Form aufweisen, die den Sicherungskeil 114 befähigt, wie hierin beschrieben zu arbeiten. Der Sicherungskeil 114 weist eine Weite 109 und eine Höhe 107 auf, die es möglich machen, dass der Sicherungskeil 114 mit den Abmessungen der Sicherungskeilnut 110 und der Aussparung 118 im Wesentlichen ausgerichtet ist, während es dem Sicherungskeil 114 ermöglicht wird, sich innerhalb der Sicherungskeilnut 110 und der Aussparung 118 vertikal zu bewegen.

**[0039]** In der beispielhaften Ausführungsform enthält die Plattform 62 eine sich durch sie hindurch erstreckende Öffnung 112. Die Öffnung 112 erstreckt sich im Wesentlichen axial durch die Plattform 62 und verläuft im Wesentlichen parallel zu der Mittelachse 24 der (in **Fig. 1** gezeigten) Dampfturbine 10. Die Öffnung 112 erstreckt sich durch die Sicherungs-

keilnut 110 hindurch, um dem Sicherungskeil 114 zu ermöglichen, darin befestigt zu werden. Die Plattform 62 enthält auch eine Öffnung 122, die darin definiert ist und die sich vertikal in eine radiale Richtung bezüglich der Laufradanordnung 50 erstreckt. Die Öffnung 122 ermöglicht einem Stab 116 (z.B. einem Bolzen, ohne Beschränkung darauf), sich durch sie hindurch zu erstrecken, um den Sicherungskeil 114 innerhalb der Aussparung 118 zu positionieren.

**[0040]** **Fig. 6** zeigt eine ausschnittsweise perspektivische Ansicht einer Laufradanordnung 50, die einen beispielhaften Sicherungsstift 124 enthält, der zur Sicherung des Sicherungskeils 114 verwendet werden kann. In der beispielhaften Ausführungsform wird der Sicherungsstift 124 in die Öffnung 112 eingeführt, um den Sicherungskeil 114 darin in einer radial inneren Position zu sichern. Alternativ dazu kann der Sicherungsstift 124 ein beliebiger Sicherungsmechanismus, der den Sicherungskeil 114, wie hierin beschrieben, sichert, einschließlich z.B. eines Federstifts, eines Passstifts und/oder eines Befestigungsmittels mit Gewinde, sein.

**[0041]** Im Betrieb wird die abschließende Hilfsschaufel 78 in einen Schwabenschwanzschlitz 54 des Laufrads 52 eingeführt und mit einem (nicht gezeigten) Sicherungskeil in Stellung gesichert. Alternativ dazu kann die Hilfsschaufel 78 durch jegliche herkömmliche Mittel, die zur Sicherung von Laufschaufeln verwendet werden, beispielsweise, ohne Beschränkung darauf, mittels einer Drehriegelsicherung, in Stellung gesichert werden. Eine reguläre Laufschaufel 72 wird in einen benachbarten Schwabenschwanzschlitz 54 des Laufrads 52 eingeführt und auf gleiche Weise in Stellung gesichert. Eine zusätzliche reguläre Laufschaufel 72 wird anschließend in einen benachbarten Schwabenschwanzschlitz 54 des Laufrads 52 eingeführt und in Stellung gesichert, was um das Laufrad 52 fortgeführt wird, bis zwei Schwabenschwanzschlitze 54 übrigbleiben. Die führende Hilfsschaufel 73 wird in den vorvorletzten Schwabenschwanzschlitz 54 eingeführt und in Stellung gesichert. Die abschließende Hilfsschaufel 78 und die führende Hilfsschaufel 73 sind auseinander gespreizt, um eine Öffnung für die Abschlusschaufl 86 auszubilden. Die Abschlusschaufl 86 wird in den letzten Schwabenschwanzschlitz 54 eingeführt. Um die abschließende Hilfsschaufel 78 und die führende Hilfsschaufel 73 auseinanderzuspreizen, wird eine erste, im Wesentlichen tangentiale Kraft auf die abschließende Hilfsschaufel 78 in eine Richtung weg von der führenden Hilfsschaufel 73 ausgeübt, und eine zweite, im Wesentlichen tangentiale Kraft wird in die entgegengesetzte Richtung auf die führende Hilfsschaufel 73 ausgeübt. Das Auseinanderspreizen der abschließenden Hilfsschaufel 78 und der führenden Hilfsschaufel 73 ist notwendig, weil die Beziehung zwischen den Winkeln A, B und C so ist, dass die

Bedingung  $|C| < |B| < |A|$  erfüllt ist. Diese Beziehung stellt gemeinsam mit der Umfangsweite 100 der integralen Abdeckungen 66 sicher, dass die Abschlusssschaufel 86 nicht in das Laufrad 52 eingeführt werden kann, ohne zuerst die zwischen der abschließenden Hilfsschaufel 78 und der führenden Hilfsschaufel 73 definierte Öffnung zu verbreitern, wodurch jede der Laufschaufeln nach der endgültigen Montage der Abschlusssschaufel 86 arretiert wird.

**[0042]** In der beispielhaften Ausführungsform wird die Abschlusssschaufel 86 mit dem Sicherungskeil 114 in der radial äußeren Position montiert, wobei dieser vollständig innerhalb der Sicherungskeilnut 110 erfasst wird. Nachdem die Abschlusssschaufel 86 in den Schwalbenschwanzschlitz 54 des Laufrads 52 eingeführt ist, wird der Stab 116 verwendet, um den Sicherungskeil 114 in eine radial innere Position zu bewegen. Der Sicherungskeil 114 wird positioniert, um gleichzeitig sowohl mit der Sicherungskeilnut 110 als auch mit der Aussparung 118 im Eingriff zu stehen. Der Stab 116 wird aus der Öffnung 122 entfernt, und der Sicherungsstift 124 wird in die Öffnung 112 eingeführt, um den Sicherungskeil 114 in der Eingriffsposition zu sichern.

**[0043]** Die hierin beschriebenen Systeme ermöglichen die Verbesserung der Turbinenleistung durch die Schaffung eines axial einführbaren Laufschaufelsystems, das an der Turbine hervorgerufene Betriebsbelastungen wesentlich reduziert. Insbesondere sind eine Abschlusssschaufel und eine abschließende Hilfsschaufel mit einer besonderen Verbindungsstelle integraler Abdeckungen beschrieben. Die Abschlusssschaufel kann ohne die Verwendung eines Schwalbenschwanzeinsatzes oder eines anderen ähnlichen Sicherungsmechanismus in axialer Weise an einem Laufrad montiert oder von einem Laufrad demontiert werden. Im Unterschied zu bekannten Turbinen, die axial einführbare Laufschaufeln verwenden, ermöglichen die hierin beschriebenen Vorrichtungen und Systeme folglich eine Reduktion der Zeitdauer und Schwierigkeit bei der Montage axial einfühbarer Eingangsschaufeln mit integralen Abdeckungen und ermöglichen eine Reduktion von Betriebsbelastungen und Kosten, die mit Schwalbenschwanzabschlusseinsätzen verbunden sind.

**[0044]** Die hierin beschriebenen Systeme sind nicht auf die hierin beschriebenen speziellen Ausführungsformen beschränkt. Zum Beispiel können die Komponenten eines jeden Systems unabhängig und separat von anderen hierin beschriebenen Komponenten angewendet und/oder umgesetzt werden. Zusätzlich kann jede Komponente auch mit anderen Anordnungen angewendet und/oder umgesetzt werden.

**[0045]** Während die Erfindung anhand verschiedener spezieller Ausführungsformen beschrieben wurde, werden Fachleute erkennen, dass die durch die nachfolgenden Ansprüche definierte Erfindung mit Modifikationen umgesetzt werden kann.

**[0046]** Eine Laufradanordnung 50 weist ein Laufrad 52 auf, das mehrere Schwalbenschwanzschlitze 54 enthält. Die Laufradanordnung 50 enthält eine Schaufelabschlussanordnung 94, die eine führende Hilfsschaufel 73 mit einem Schwalbenschwanz 60, der mit einem Schwalbenschwanzschlitz 54 gekoppelt ist, und eine integrale Abdeckung 66 aufweist, die eine Umfangskante 32 (Hinterseitenkante) aufweist, die unter einem ersten Winkel A bezüglich der Drehachse 24 des Laufrads 52 ausgerichtet ist. Die Schaufelabschlussanordnung 94 enthält eine Abschlusssschaufel 86, die einen Schwalbenschwanz 60, der mit einem Schwalbenschwanzschlitz 54 gekoppelt ist, und eine integrale Abdeckung 66 aufweist, die eine Umfangskante 32 (Vorderseitenkante) und eine Hinterseitenumfangskante 92 aufweist, wobei die Hinterseitenumfangskante 92 unter einem zweiten Winkel B ausgerichtet ist und die Vorderseitenkante parallel zu der Hinterseitenkante der führenden Hilfsschaufel 73 verläuft. Die Schaufelabschlussanordnung 94 enthält eine abschließende Hilfsschaufel 78, die einen Schwalbenschwanz 60, der mit einem Schwalbenschwanzschlitz 54 gekoppelt ist, und eine integrale Abdeckung 66 aufweist, die eine Vorderseitenkante 84 aufweist, die parallel zu der Hinterseitenumfangskante 92 der Abschlusssschaufel 86 verläuft.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

10	Dampfturbine
12	Turbinenstufen
14	Welle
16	Gehäuse
18	oberer Halbabschnitt
20	HD-Dampfeinlass
22	ND-Dampfauslass
24	Mittelachse
26	Lager
28	Lager
30	Endabschnitte
31	Dichtungselemente
32	Umfangskante
34	Dichtungselemente
36	Dichtungselemente
38	Laufschaufeln

40	Dampf	108	Dicke
R	Drehrichtungspfeil	109	Weite
42	Statorkomponente	110	Keilnut
44	Innenhülle	112	Öffnung
46	Dampfkanal	114	Sicherungskeil
48	Einlassleitschaufeln	116	Stab
50	Laufadanordnung	118	Aussparung
52	Laufrad	120	Rückseitenfläche
54	Schwalbenschwanzschlitz	122	Öffnung
55	Mittellinie	124	Sicherungsstift
56	Sich axial erstreckende Vorsprünge		

58	Nuten
60	Schwalbenschwanz
62	Plattform
63	Hinterseite
64	Schaufelblatt
65	Vorderseite
66	Integrale Abdeckung
68	Sich axial erstreckende Vorsprünge
70	Nuten
72	Reguläre Laufschaufel
73	Führende Hilfsschaufel
74	Außenkante
76	Außenkante
78	Abschließende Hilfsschaufel
80	Kante
82	Kante
84	Vorderseitenumfangskante
86	Abschlusssschaufel
88	Kante
90	Kante
92	Hinterseitenumfangskante
94	Schaufelabschlussanordnung
96	Rückseite
98	Strecke
100	Umfangsweite
102	Gekrümmter Pfeil
104	Unterseite
106	Umfangsfläche
107	Höhe

### Patentansprüche

1. Laufadanordnung (50), die aufweist; ein Laufrad (52), das mehrere Schwalbenschwanzschlitze (54) aufweist, die in Umfangsrichtung um den Umfang des Laufrads (52) herum im Abstand zueinander angeordnet sind; eine Schaufelabschlussanordnung (94), die aufweist: eine führende Hilfsschaufel (73), die mit dem Laufrad (52) gekoppelt ist, wobei die führende Hilfsschaufel (73) einen Schwalbenschwanz (60), der eingerichtet ist, um mit einem entsprechenden der mehreren Schwalbenschwanzschlitze (54) gekoppelt zu sein, und eine integrale Abdeckung (66) aufweist, die eine erste Hinterseitenumfangskante aufweist, die unter einem ersten Winkel (A) bezüglich einer Drehachse des Laufrads (52) ausgerichtet ist; eine Abschlusssschaufel (86), die neben der führenden Hilfsschaufel (73) mit dem Laufrad (52) gekoppelt ist, wobei die Abschlusssschaufel (86) ein Schaufelblatt (64), eine Plattform (62), einen Schwalbenschwanz (60), der eingerichtet ist, um mit einem entsprechenden der mehreren Schwalbenschwanzschlitze (54) gekoppelt zu sein, und eine integrale Abdeckung (66) aufweist, die eine erste Vorderseitenumfangskante und eine zweite Hinterseitenumfangskante (92) aufweist, wobei die erste Vorderseitenumfangskante im Wesentlichen parallel zu der ersten Hinterseitenumfangskante ausgerichtet ist und die zweite Hinterseitenumfangskante (92) unter einem zweiten Winkel (B) bezüglich der Drehachse ausgerichtet ist, wobei der zweite Winkel (B) in die gleiche Richtung geneigt ist wie der erste Winkel (A); und eine abschließende Hilfsschaufel (78), die neben der Abschlusssschaufel (86) mit dem Laufrad (52) gekoppelt ist, wobei die abschließende Hilfsschaufel (78) einen Schwalbenschwanz (60), der eingerichtet ist, um mit einem entsprechenden der mehreren Schwalbenschwanzschlitze (54) gekoppelt zu sein, und eine integrale Abdeckung (66) aufweist, die eine zweite Vorderseitenumfangskante (84) aufweist, die im Wesentlichen parallel zu der zweiten Hinterseitenumfangskante (92) ausgerichtet ist,

wobei die erste Hinterseitenumfangskante mit der ersten Vorderseitenumfangskante in passender Eingriffsverbindung steht und die zweite Hinterseitenumfangskante (92) mit der zweiten Vorderseitenumfangskante (84) in passender Eingriffsverbindung steht;

**dadurch gekennzeichnet**, dass die Abschlusschaufel (86) ferner aufweist:  
 eine Sicherungskeilnut (110), die in einer sich radial erstreckenden Rückseitenfläche (120) der Plattform (62) ausgebildet ist;  
 eine Öffnung (112), die sich in Axialrichtung durch die Plattform (62) und durch die Sicherungskeilnut (110) erstreckt;  
 einen Sicherungskeil (114), der innerhalb der Sicherungskeilnut (110) angeordnet ist, wobei der Sicherungskeil (114) eine vordefinierte Dicke (108) in der Umfangsrichtung aufweist, die kleiner als eine Strecke (98) der Sicherungskeilnut (110) in der Umfangsrichtung ist; und  
 einen Sicherungsstift (124), der eingerichtet ist, um mit der Öffnung (112) verschiebbar gekoppelt zu sein, wobei der Sicherungsstift (124) eingerichtet ist, um den Sicherungskeil (114) radial innen von dem Sicherungsstift (124) innerhalb der Sicherungskeilnut (110) zu sichern.

2. Laufradanordnung (50) gemäß Anspruch 1, wobei eine Umfangsweite (100) jeder der integralen Abdeckungen (66) eingerichtet ist, um einen Eingriffszustand mit den benachbarten integralen Abdeckungen (66) zu schaffen, um eine Torsionskraft an jeder der integralen Abdeckungen (66) hervorzurufen.

3. Laufradanordnung (50) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die mehreren Schwalbenschwanzschlitze (54) unter einem dritten Winkel (C) bezüglich der Drehachse ausgerichtet sind.

4. Laufradanordnung (50) gemäß Anspruch 3, wobei der erste Winkel (A), der zweite Winkel (B) und der dritte Winkel (C) spitze Winkel sind, die bezüglich der Drehachse in die gleiche Richtung geneigt sind, wobei der erste Winkel (A) größer als der zweite Winkel (B) ist.

5. Laufradanordnung (50) gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei der zweite Winkel (B) größer als der dritte Winkel (C) ist.

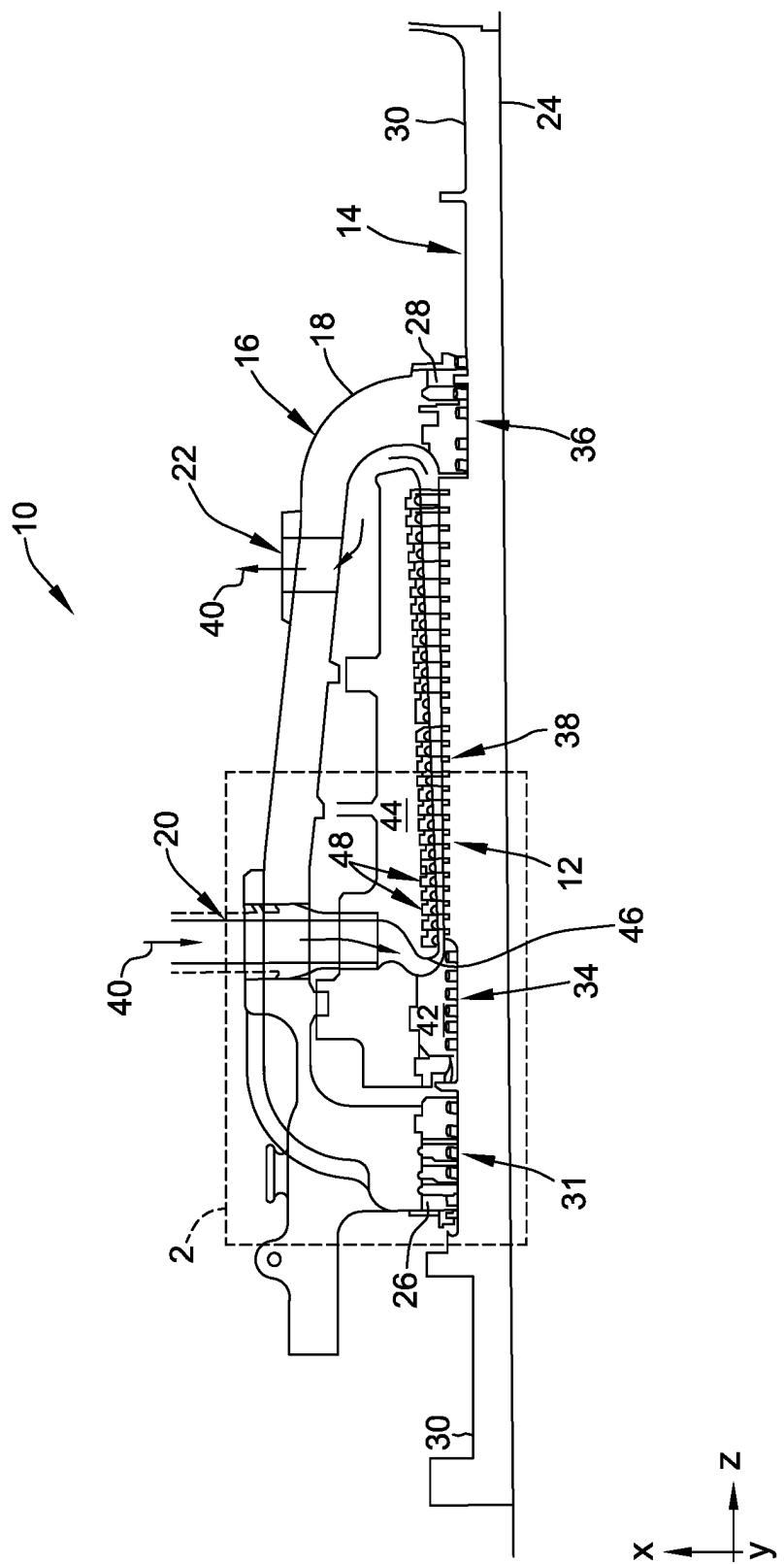
6. Laufradanordnung (50) gemäß Anspruch 3, 4 oder 5, wobei die mehreren Schwalbenschwanzschlitze (54) Schwalbenschwanzschlitze zur axialen Einführung aufweisen, so dass der dritte Winkel (C) ungefähr  $0^\circ$  beträgt.

7. Laufradanordnung (50) gemäß einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Wert

des zweiten Winkels (B) größer als ungefähr  $0^\circ$  und kleiner als oder gleich ungefähr  $10^\circ$  ist.

8. Turbine (10), die aufweist:  
 eine drehbare Welle (14), die eine Drehachse aufweist;  
 ein Gehäuse (16), das sich in Umfangsrichtung um die drehbare Welle (14) herum erstreckt, wobei das Gehäuse (16) wenigstens einen Durchgang definiert, der eingerichtet ist, um ein Arbeitsfluid entlang einer Länge der drehbaren Welle (14) zu leiten;  
 eine Laufradanordnung (50) nach einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, wobei die Laufradanordnung (50) mit einem Abschnitt der drehbaren Welle (14) gekoppelt ist.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen



## FIG.

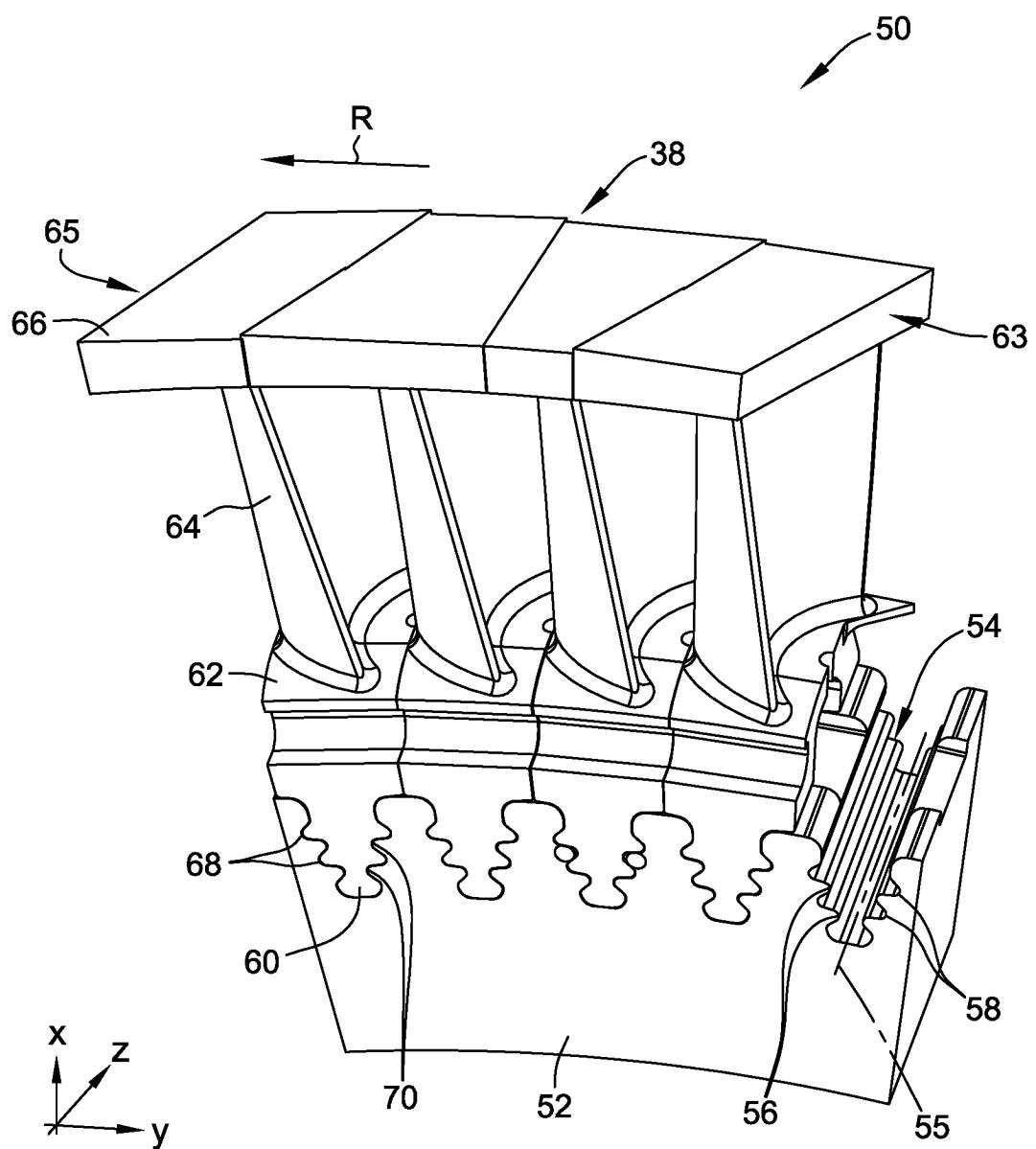


FIG. 2

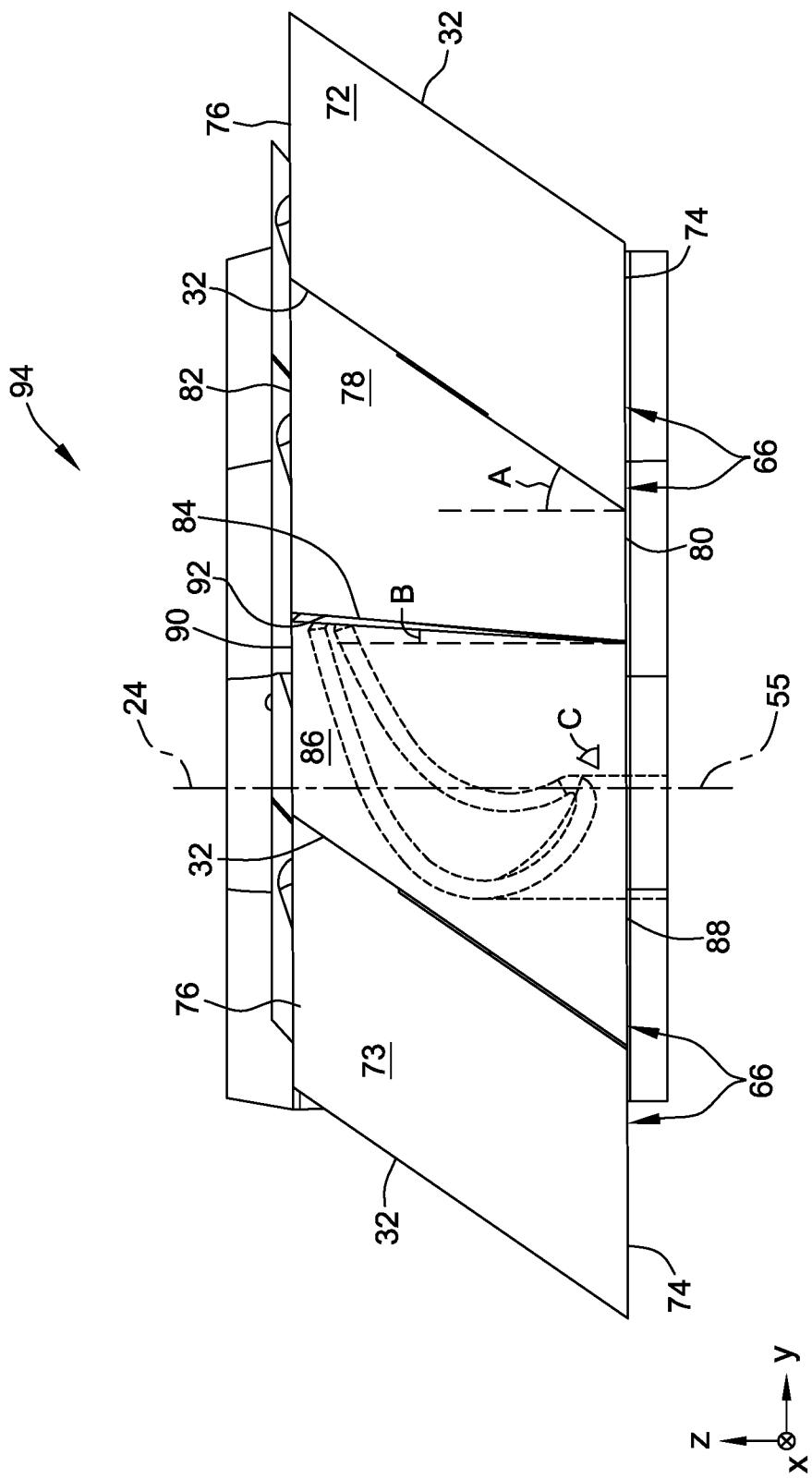


FIG. 3

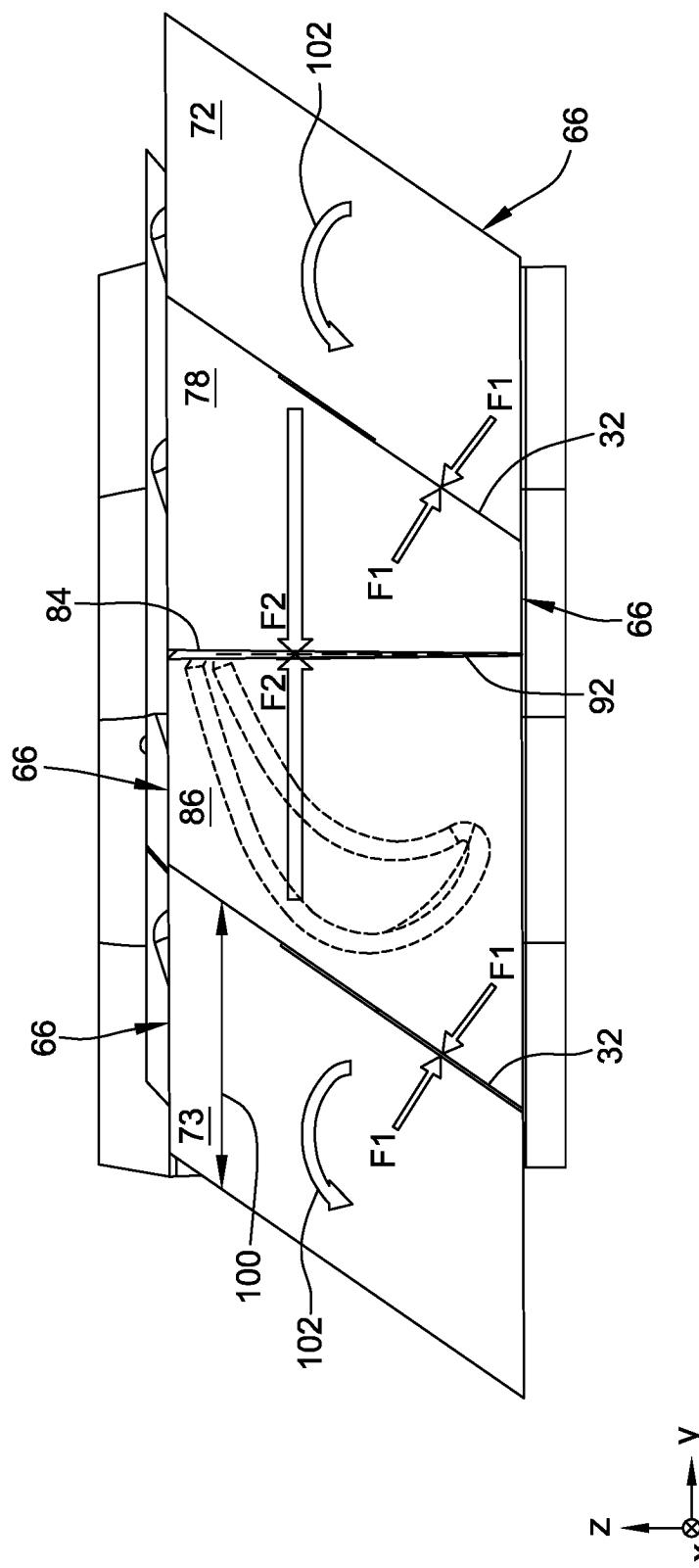


FIG. 4

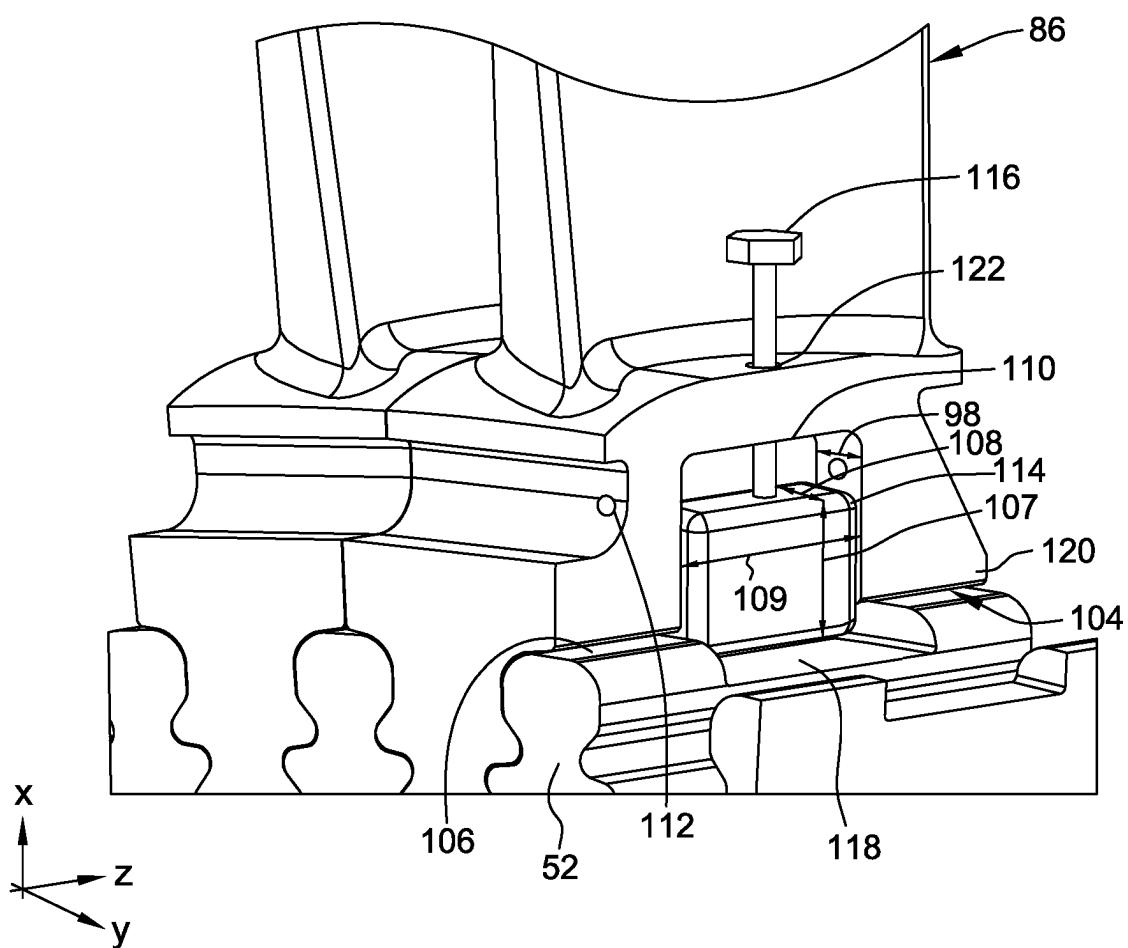


FIG. 5

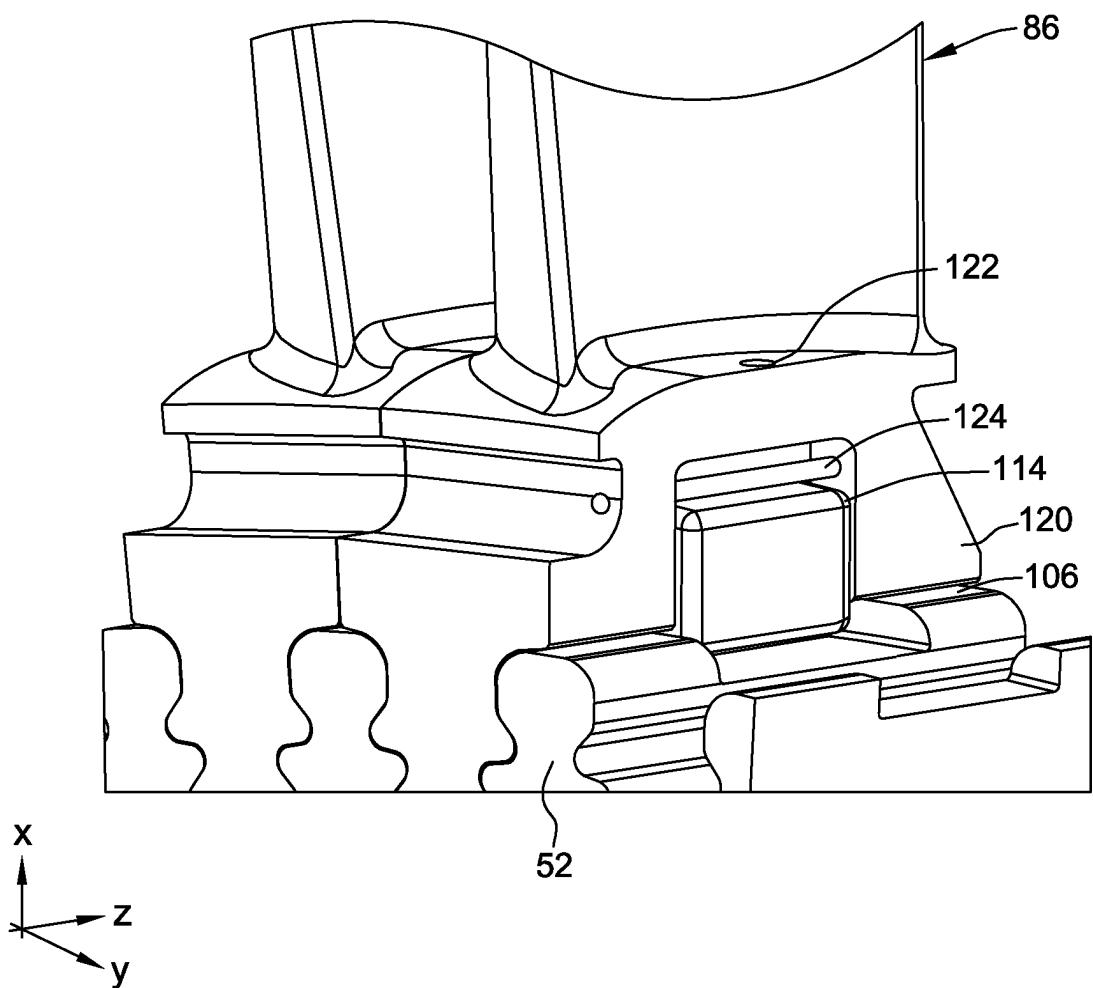


FIG. 6