



(10) **DE 10 2014 101 852 B4** 2025.05.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 101 852.4**

(22) Anmeldetag: **13.02.2014**

(43) Offenlegungstag: **28.08.2014**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.05.2025**

(51) Int Cl.: **F01D 5/30 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität: 13/755,932 25.02.2013 US	(72) Erfinder: Willet jr., Fred Thomas, Schenectady, N.Y., US
(73) Patentinhaber: General Electric Technology GmbH, Baden, CH	(56) Ermittelter Stand der Technik: US 2011 / 0 158 819 A1 US 5 236 308 A
(74) Vertreter: Rüger Abel Patent- und Rechtsanwälte, 73728 Esslingen, DE	

(54) Bezeichnung: **Rotortrommel-Schwalbenschwanzbauteil und zugehöriges Rotortrommelsystem**

(57) Hauptanspruch: Turbinenschaufel (200, 204), umfassend:

einen Schaufelbasisteil (220, 820), der passend zu einem Schaufelschaftspalt (740) in einem Rotor (210) einer Turbine (300, 800) gestaltet ist, wobei der Schaufelbasisteil (220) beinhaltet:

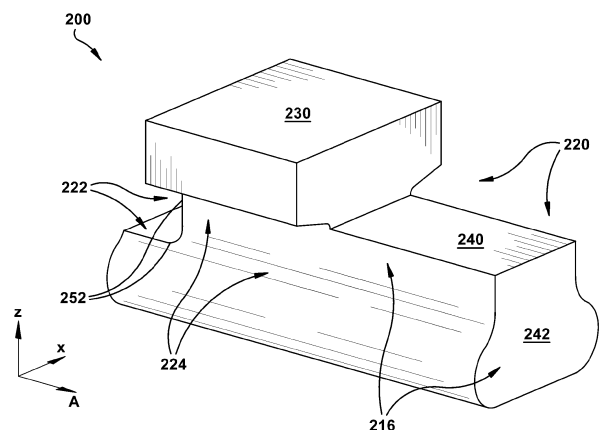
einen vorderen Teil (216), der gestaltet ist, um sich axial zuströmseitig eines sich in Umfangsrichtung erstreckenden Schaufelschaftspalts (740) der ersten Stufe des Rotors (210) in einen ersten Rotorsteg (270) des Rotors (210) hinein zu erstrecken,

einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprung (222), der in einem hinteren Ende des Schaufelbasisteils (220) ausgebildet ist und zur Verbindung mit einem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Spalt in dem Rotor (210) gestaltet ist, und

einen Satz axialer Vorsprünge (224), die an tangentialen Seiten des Schaufelbasisteils (220) ausgebildet und zur Verbindung mit axialen Spalten in dem Rotor (210) gestaltet sind, und

eine Schaufelplattform (230, 830), die sich vom Schaufelbasisteil (220) radial nach außen erstreckt, wobei die Schaufelplattform (230, 830) für die Verbindung mit einem Schaufelblatt (232) konfiguriert ist,

wobei der vordere Teil (216) des Schaufelbasisteils (220) sich axial über die Schaufelplattform (230, 830) hinaus erstreckt und den Satz axialer Vorsprünge (224) umfasst, die an seinen tangentialen Seiten ausgebildet sind.



Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Der hier beschriebene Gegenstand betrifft Turbomaschinen und speziell Turbinen und die Lastverteilung, den Einbau und die Sicherung von kombinierten axialen und sich in Umfangsrichtung erstreckenden Schwalbenschwanzbauteilen (z.B. Schaufeln) in einer Turbinenrotortrommel.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Einige Kraftwerkssysteme, z.B. gewisse Kernkraft-, Gas- oder Dampfturbinen- und Gas- und Dampfkombikraftwerke, setzen in ihrer Auslegung und ihrem Betrieb Turbinen ein. Einige dieser Turbinen werden bei hohen Temperaturen betrieben und weisen Rotoren (z.B. eine Rotortrommel, einen Rotor mit Laufrad und Leitapparat usw.) auf, die mit Hochtemperaturdampf in direktem Kontakt sind, was die Lebensdauer des Rotors und der Rotorbauteile (z.B. Schaufeln) verkürzen kann. Diese Schaufeln sind über einen Satz von Eintrittsspalten in den Rotorstegen und/oder Rotorkränzen in Umfangsrichtung um den Rotor eingebaut. Ein Bereich des Rotors, der während des Betriebs heftige Umweltbedingungen (z.B. Temperaturen, Drücke usw.) erfährt, ist der vordere Rotorsteg, der sich vor der Schaufel der ersten Stufe befindet. Während des Turbinenbetriebs kann der vordere Rotorsteg aufgrund von Fliehkraft- und Biegebelastungen, die von der Schaufel der ersten Stufe ausgeübt werden, von der Schaufel der ersten Stufe weg kriechen. Dieser Kriecheffekt kann einen Schwalbenschwanzspalt im Rotor öffnen, der die Schaufeln der ersten Stufe festhält, was möglicherweise zu einer Lockerung der Schaufeln der ersten Stufe führt.

[0003] Die **Fig. 1** bis **3** zeigen schematische Ausschnittsansichten von Turbinensystemen vom Stand der Technik. **Fig. 1** und **Fig. 2** zeigen ein Turbinensystem 50 vom Stand der Technik mit einem Stator 52 und einem Rotor 54, die im Wesentlichen einen Arbeitsfluidströmungsweg 7 (z.B. Dampfströmungsweg) definieren. Der in **Fig. 1** veranschaulichte Rotor 54 hat eine Vielzahl von Laufschaufeln 70, die zwischen einer Vielzahl von Leitschaufeln 78 angeordnet sind, wobei die Laufschaufeln 70 eine Laufschaufel der ersten Stufe 72 beinhalten, die in einem Schwalbenschwanzspalt 80 zwischen einem ersten Rotorsteg 82 und einem zweiten Rotorsteg 84 angeordnet ist. Während des Betriebs, wie in **Fig. 2** gezeigt, kann auf den ersten Rotorsteg 82 ein Kräfteungleichgewicht 41 (z.B. ein Biegemoment) ausgeübt werden, da auf eine erste Seite 92 des ersten Rotorstegs 82 keine Schaufelbelastung wirkt und auf eine zweite Seite 94 des ersten Rotorstegs 82 eine Schaufelbelastung von der Laufschaufel der ersten Stufe 72 wirkt. Einige Systeme vom Stand

der Technik, wie in **Fig. 3** gezeigt, vergrößern eine axiale Länge „L“ des ersten Rotorstegs 82, um das Kräfteungleichgewicht 41 (in **Fig. 2** angedeutet) auszugleichen, wobei diese größere Länge vor Kriechverformung und axialer Öffnung des Schwalbenschwanzspalts 80 schützt. Während des Betriebs kann ein Fluidstrom durch den Arbeitsfluidströmungsweg 7 (in **Fig. 1** gezeigt) mit der Laufschaufel der ersten Stufe 72 in Kontakt kommen und eine Kraft auf den Rotor ausüben. Eine Vergrößerung der Länge L des ersten Rotorstegs 82, um den von der Laufschaufel der ersten Stufe 72 auf den Rotor ausgeübten Kräften entgegenzuwirken, kann eine größere axiale Rotorspannweite und andere konstruktionsbezogene Erwägungen erfordern, welche die Turbinenkonstruktion und -herstellung einschränken könnten.

[0004] US 5 236 308 A beschreibt eine Turbine mit einem Stator, der einen Arbeitsfluidkanal umgibt, und einem Rotor, der einen Schaufelschaftspalt der ersten Turbinenstufe, einen ersten Rotorsteg und einen zweiten Rotorsteg umfasst. Der Rotor weist einen Satz Turbinenschaufeln auf, die in dem Schaufelschaftspalt angeordnet und über den ersten und den zweiten Rotorsteg mit dem Rotor verbunden sind. Die Turbinenschaufeln umfassen jeweils einen Schaufelbasisteil und eine Schaufelplattform, die sich von dem Schaufelbasisteil radial nach außen erstreckt und für eine Verbindung mit einem Schaufelblatt konfiguriert ist. Der Schaufelbasisteil und der Schaufelschaftspalt sind zueinander passend im Wesentlichen L-förmig gestaltet. Der Schaufelbasisteil umfasst einen axial vorderen Teil mit einer vertikalen Stützfläche, die an einer axialen vertikalen Stützfläche des Schaufelschaftspalts abgestützt ist, und einen sich horizontal weg und in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprung, der einen hinteren Teil des Schaufelbasisteils bildet und zur Verbindung mit einer horizontalen Vertiefung in dem Schaufelschaftspalt gestaltet ist. Die Schaufelplattform erstreckt sich axial über den vorderen Teil des Schaufelbasisteils hinaus.

[0005] US 2011 / 0 158 819 A1 beschreibt einen Rotor einer Turbomaschine mit einem Satz Laufschaufeln, die einen schwalbenschwanzförmigen Basisteil aufweisen, der einen Satz axialer Vorsprünge enthält, die auf tangentialen Seiten des Basisteils ausgebildet und gestaltet sind, um mit schwalbenschwanzförmigen axialen Nuten in dem Rotor passend verbunden zu sein.

[0006] Ausgehend hiervon ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die vorstehend erwähnten Unzulänglichkeiten zu beseitigen und eine Turbinenschaufel für die erste Stufe einer Turbine und eine Turbine mit einem Satz derartiger Turbinenschaufeln zu schaffen, die einen einfachen Einbau und eine

gute Verteilung und Ableitung von Kräften und Belastungen aus der Turbinenschaufel ermöglichen.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0007] Es werden Systeme und Vorrichtungen offenbart, die für die Sicherung von Schwalbenschwanzbauteilen (z.B. Schaufeln) in der Rohrtrommel einer Turbine und für die Verringerung der Rotorbauteilverlagerung ausgelegt sind.

[0008] Zur Lösung der oben genannten Aufgabe sieht ein erster Aspekt der Erfindung eine Turbinenschaufel vor, die beinhaltet: einen Schaufelbasisteil, der passend zu einem Schaufelschaftspalt in einem Rotor einer Turbine gestaltet ist, wobei der Schaufelbasisteil beinhaltet: einen vorderen Teil, der gestaltet ist, um sich axial zuströmseitig eines sich in Umfangsrichtung erstreckenden Schaufelschaftspalts der ersten Stufe des Rotors in einen ersten Rotorsteg des Rotors hinein zu erstrecken, einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprung, der in einem hinteren Ende des Schaufelbasisteils ausgebildet ist und zur Verbindung mit einem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Spalt im Rotor gestaltet ist, und einen Satz axialer Vorsprünge, die an tangentialen Seiten des Schaufelbasisteils ausgebildet und zur Verbindung mit axialen Spalten im Rotor gestaltet sind, und eine Schaufelplattform, die sich vom Schaufelbasisteil radial nach außen erstreckt, wobei die Schaufelplattform für die Verbindung mit einem Schaufelblatt konfiguriert ist. Der vordere Teil des Schaufelbasisteils erstreckt sich axial über die Schaufelplattform hinaus erstreckt und den Satz axialer Vorsprünge umfasst, die an seinen tangentialen Seiten ausgebildet sind.

[0009] Der Satz axialer Vorsprünge der Turbinenschaufel kann sich über den ersten Rotorstegteil erstrecken und einen Satz Kontaktflächen definieren, die zum Verteilen einer Belastung auf den Rotor über eine beträchtliche axiale Länge des ersten Rotorsteigs gestaltet sind.

[0010] Der vordere Teil einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann so bemessen sein, dass er sich über den Schaufelschaftspalt durch den ersten Rotorsteg erstreckt, der vordere Teil kann bemessen sein, um den Schaufelschaftspalt im Wesentlichen zu füllen und eine im Wesentlichen ebene axiale Oberfläche mit dem ersten Rotorsteg und eine im Wesentlichen ebene radiale Oberfläche mit dem ersten Rotorsteg zu bilden.

[0011] Die Schaufelplattform einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann eine Abschrägung zwischen der Turbinenschaufel und einem zweiten Rotorsteg des Rotors definieren, wobei die Abschrägung so gestaltet ist, dass ein Strom in den Schaufelschaftspalt eintreten kann.

[0012] Die Schaufelplattform einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann einen Satz durch die Turbinenschaufel führender Öffnungen definieren, wobei der Satz Öffnungen so gestaltet ist, dass ein Strom in den Schaufelschaftspalt eintreten kann.

[0013] Der sich in Umfangsrichtung erstreckende Vorsprung einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann eine Schwalbenschwanzgestalt haben, die zur Verbindung mit einem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Flansch gestaltet ist, die an einem zweiten Rotorsteg des Rotors angeordnet ist.

[0014] Der Satz axialer Vorsprünge einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann eine Schwalbenschwanzgestalt haben, die zur Verbindung mit einem Satz axialer Flansche gestaltet ist, die am ersten Rotorsteg des Rotors angeordnet sind.

[0015] Der Schaufelbasisteil einer oben erwähnten Turbinenschaufel kann einen Satz J-Dichtungsnuten aufweisen, die zur Verbindung mit einem Satz J-Dichtungen gestaltet sind.

[0016] Zur Lösung der oben genannten Aufgabe sieht ein zweiter Aspekt der Erfindung ferner eine Turbine vor, die beinhaltet: einen Stator, einen von dem Stator im Wesentlichen umgebenen Arbeitsfluidkanal und einen Rotor, der sich radial einwärts des Arbeitsfluidkanals befindet und einen ersten Rotorsteg und einen zweiten Rotorsteg beinhaltet, wobei der Rotor einen Satz Turbinenschaufeln, wie vorstehend beschrieben, aufweist, die über den ersten Rotorsteg und den zweiten Rotorsteg mit dem Rotor verbunden sind.

[0017] Der vordere Teil kann so bemessen sein, dass er sich über den Schaufelschaftspalt durch den ersten Rotorsteg erstreckt, wobei der vordere Teil den Schaufelschaftspalt im Wesentlichen füllt und mit dem ersten Rotorsteg eine im Wesentlichen ebene axiale Oberfläche bildet und eine im Wesentlichen ebene radiale Oberfläche mit dem ersten Rotorsteg bildet.

[0018] Die Schaufelplattform kann eine Abschrägung zwischen der Turbinenschaufel und einem zweiten Rotorsteg des Rotors definieren, wobei die Abschrägung so gestaltet ist, dass ein Strom in den Schaufelschaftspalt eintreten kann.

[0019] Der in Umfangsrichtung ausgerichtete Vorsprung kann eine Schwalbenschwanzgestalt haben, die zur Verbindung mit einer in Umfangsrichtung ausgerichteten Rippe gestaltet ist, die an dem zweiten Rotorsteg des Rotors angeordnet ist.

[0020] Der Satz axial ausgerichteter Vorsprünge kann eine Schwalbenschwanzgestalt haben, die zur Verbindung mit einem Satz axial ausgerichteter Rippen

pen gestaltet ist, die an dem ersten Rotorsteg des Rotors angeordnet sind.

[0021] Der Schaufelbasisteil definiert einen Satz Nuten, die zur Verbindung mit einem Satz J-Dichtungen gestaltet sind.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] Diese und andere Merkmale dieser Erfindung werden anhand der folgenden ausführlichen Beschreibung der verschiedenen Aspekte der Erfindung in Verbindung mit den Begleitzeichnungen, die verschiedene Ausführungsformen der Erfindung darstellen, leichter verständlich, wobei:

Fig. 1 eine schematische teilweise Schnittansicht einer Turbine gemäß dem Stand der Technik zeigt,

Fig. 2 eine schematische teilweise Schnittansicht einer Turbine und eines Rotorstegs gemäß dem Stand der Technik zeigt,

Fig. 3 eine schematische teilweise Schnittansicht einer Turbine und eines Rotorstegs gemäß dem Stand der Technik zeigt,

Fig. 4 eine dreidimensionale perspektivische Ansicht von Teilen einer Turbinenschaufel gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt,

Fig. 5 eine schematische teilweise Schnittansicht von Teilen einer Turbine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt,

Fig. 6 eine schematische teilweise Schnittansicht von Teilen einer Turbine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt,

Fig. 7 eine schematische teilweise Schnittansicht von Teilen eines Rotors gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt,

Fig. 8 eine schematische teilweise Schnittansicht von Teilen einer Turbine gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt,

Fig. 9 eine dreidimensionale perspektivische Ansicht von Teilen einer Turbinenschaufel gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt,

Fig. 10 ein schematisches Blockdiagramm zeigt, das Teile eines Gas-und-Dampf-Kombikraftwerksystems gemäß Ausführungsformen der Erfindung veranschaulicht,

Fig. 11 ein schematisches Blockdiagramm zeigt, das Teile eines Gas-und-Dampf-Kombikraftwerksystems mit einzelner Welle gemäß Ausführungsformen der Erfindung zeigt.

[0023] Es ist zu beachten, dass die Zeichnungen der Erfindung nicht unbedingt maßstabgerecht sind. Die Zeichnungen sollen lediglich typische Aspekte der Erfindung abbilden und dürfen daher nicht als den Umfang der Erfindung beschränkend betrachtet werden. Es ist zu beachten, dass Elemente mit ähnlichen Bezugszeichen in den Figuren bezüglich der Beschreibung in Bezug aufeinander im Wesentlichen ähnlich sein können. Ferner können in mit Bezug auf die **Fig. 1** bis 11 gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente darstellen. Die redundante Erläuterung dieser Elemente wurde aus Gründen der Deutlichkeit weggelassen. Schließlich ist zu beachten, dass die Bauteile der **Fig. 1** bis 11 und ihre Begleitbeschreibungen auf jede hierin beschriebene Ausführungsform angewendet werden können.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0024] Wie hierin angedeutet, sehen Aspekte der Erfindung Systeme und Vorrichtungen vor, die dafür ausgelegt sind, die Verlagerung von Turbinenbauteilen zu verringern und die Lebensdauer von Rotoren und Rotorbauteilen durch Verbessern der Sicherung und der Lastverteilung (z.B. Ändern und Verteilen eines Belastungsprofils auf einen vorderen/ zuströmseitigen Rotorteil eines Rotors) der Turbinenschaufeln verlängern. Die Turbinenschaufeln dieser Systeme sind über einen Satz Eintrittsspalten in einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Spalt um den Rotor eingebaut und beinhalten einen Satz axialer Vorsprünge und einen Satz von sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprüngen, die konfiguriert sind, um formschlüssig mit dem Rotor verbunden zu werden. Diese axialen und sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprünge versehen jede Turbinenschaufel mit einer Vielzahl von Kontaktflächen mit dem Rotor, durch welche Betriebsbelastungen und -momente verteilt werden können. Der Rotor beinhaltet einen Satz axialer Flansche und einen Satz von sich in Umfangsrichtung erstreckenden Flanschen, die Spalten definieren, die konfiguriert sind, um mit den Vorsprüngen verbunden zu werden, wobei diese Spalten und Vorsprünge die Turbinenschaufel darin festhalten und Kräfte und Belastungen aus der Turbinenschaufel verteilen und ableiten. Diese Verbindung reduziert Lastmomente, Spannungskonzentrationen und das Potential für eine Verlagerung (z.B. Kriechen) im ersten Rotorteil (z.B. dem zuströmseitigen Rotorsteg) und engt die Turbinenschaufel der ersten Stufe innerhalb des Rotors ein. In einer Ausführungsform kann durch eine Schaufelplattform der Turbinenschaufel ein Satz Abschrägungen/Aussparungen/Öffnungen ausgebildet sein, um Strömungszugang zu dem Schaufelbasisteil, den Vorsprüngen, den Spalten und den Schwalbenschwanzmerkmalen zu gewähren.

[0025] Der hierin verwendete Richtungsschlüssel im unteren linken Bereich der **Fig. 1** bis 11 ist zur leichteren Bezugnahme bereitgestellt. Wie gezeigt, ist dieser Schlüssel in Bezug auf die Detailansichten von Teilen von hierin beschriebenen Dampfturbinenträgerbaugruppen ausgerichtet. Zum Beispiel stellt die „z“-Achse, wie in den **Fig. 1** bis 11 verwendet, die Ansichten von Dampfturbinenbaugruppen zeigen, die vertikale (oder radiale) Ausrichtung dar, „x“ stellt die horizontale (oder sich in Umfangsrichtung erstreckende) Ausrichtung dar und die „A“-Achse stellt die axiale Ausrichtung dar (entlang der Achse des Turbinenrotors, die zwecks Deutlichkeit weggelassen wurde).

[0026] In den Figuren, auf die jetzt Bezug genommen wird, werden Ausführungsformen von Systemen und Baugruppen einschließlich Axial-Umfangsturbinenschaufeln gezeigt, wobei Vorsprünge (z.B. Schwalbenschwänze) in den Turbinenschaufeln durch Reduzieren von Kräfteungleichgewichten in der Baugruppe den Rotorbaugruppeneinbau beeinflussen und die Lebenserwartung des Rotors, der Turbine und der Energieerzeugungsanlage allgemein verlängern können. Die Bauteile in den Figuren können jeweils über konventionelle Mittel, z.B. durch eine Schweißung, Angießen oder andere bekannte Mittel, wie in den **Fig. 4** bis 11 gezeigt, angefügt werden. Speziell wird, Bezug nehmend auf **Fig. 4**, eine dreidimensionale perspektivische Ansicht einer Turbinenschaufel 200 (zwecks Deutlichkeit ohne Schaufelblatt gezeigt) mit einem Schaufelbasisteil 220 und einem Strömungsteil (z.B. einer Schaufelplattform 230) gemäß Ausführungsformen der Erfindung gezeigt. Der Schaufelbasisteil 220 beinhaltet einen Satz axialer Vorsprünge 224 (z.B. axial ausgerichteter Vorsprünge, Haken usw.), die für die Verbindung mit einem Rotor 210 (in **Fig. 5** gezeigt) und für die Befestigung der Turbinenschaufel 200 am Rotor 210 ausgelegt sind. Der Schaufelbasisteil 220 kann sich relativ zu einem Strom 7 (in **Fig. 5** gezeigt) axial zuströmseitig erstrecken und kann auch einen Satz von sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprüngen 222 (z.B. in Umfangsrichtung ausgerichtete Vorsprünge, Haken usw.) definieren, die für die Verbindung mit dem Rotor 210 (in **Fig. 5** gezeigt) und für die Befestigung der Turbinenschaufel 200 am Rotor 210 ausgelegt sind. Axiale Vorsprünge 224 und sich in Umfangsrichtung erstreckende Vorsprünge 222 können sich die Belastung der Turbinenschaufel 200 über den Rotor 210 teilen, wobei sie eine Vielzahl von Kontaktflächen zwischen ihnen bereitstellen. Die Schaufelplattform 230 kann (sich über) axiale Vorsprünge 224 und sich in Umfangsrichtung erstreckende Vorsprünge 224 erstrecken und/oder teilweise definieren, die formschlüssig mit im Rotor 210 ausgebildeten axialen Flanschen 280 und sich in Umfangsrichtung erstreckenden Flanschen 322 (in **Fig. 5**, Spalten definierend, gezeigt) verbunden werden können.

[0027] Die Turbinenschaufel 200 kann ferner eine Strömungsoberfläche 240 des ersten Rotorstegs und eine Strömungsoberfläche 242 des zweiten Rotorstegs beinhalten. Die Strömungsoberfläche 240 des ersten Rotorstegs kann auf einer radialen Oberfläche des Schaufelbasisteils 220 ausgebildet sein und kann mit einem durch die Turbine 300 (in **Fig. 5** gezeigt) strömenden Arbeitsfluid (z.B. Dampf) in Kontakt sein, das durch die Turbine 300 (in **Fig. 5** gezeigt) strömt. In einer Ausführungsform kann die Strömungsfläche 240 des ersten Rotorstegs im Wesentlichen mit einer Strömungsfläche eines Gegenrotors (z.B. erster Rotorstegteil) radial sein, wodurch sie eine im Wesentlichen glatte und/oder ununterbrochene Strömungsfläche für den Arbeitsfluidströmungsweg 7 bildet. Die Strömungsfläche 242 des zweiten Rotorstegs kann die axiale Oberfläche des Schaufelbasisteils 220 sein und kann mit einem Strom durch die Turbine in Kontakt sein. In einer Ausführungsform kann die Strömungsfläche 242 des zweiten Rotorstegs mit einer Strömungsfläche eines Gegenrotors (z.B. erster Rotorstegteil) komplanar sein, wodurch sie eine im Wesentlichen glatte und/oder ununterbrochene Strömungsfläche für den Arbeitsfluidströmungsweg 7 bildet. Die Schaufelplattform 230 kann ein Schaufelblatt 232 (in **Fig. 5** gezeigt) aufweisen, das sich in den Arbeitsfluidströmungsweg 7 hinein erstreckt.

[0028] In verschiedenen Ausführungsformen kann der Schaufelbasisteil 220 einen vorderen Teil 216 beinhalten, der gestaltet und/oder bemessen ist, um sich in einem ersten Rotorsteg (z.B. in einem Schaufelschaftspalt) zu erstrecken. Axiale Vorsprünge 224 können sich über den Schaufelbasisteil 220 einschließlich des vorderen Teils 216 erstrecken und können einen Satz Kontaktflächen 254 (in **Fig. 5** gezeigt) beinhalten, welche die Turbinenschaufel 200 am Rotor 210 befestigen, indem sie einen Satz von axialen Vorsprüngen 224 definieren. Der Satz Kontaktflächen kann im Wesentlichen tangential (z.B. Oberflächen, die sich nicht vollständig in Umfangsrichtung erstrecken oder nicht vollständig radial sind), im Wesentlichen radial und/oder sich im Wesentlichen in Umfangsrichtung erstreckend sein. In einer Ausführungsform kann ein Satz axialer Vorsprünge 224 Schwalbenschwanzmerkmale (z.B. einen traditionellen T-Fuß-Schwalbenschwanz) beinhalten, die passend zu einem ersten Rotorsteg des Rotors 210 konfiguriert sind. In einer Ausführungsform liegt der sich in Umfangsrichtung erstreckende Vorsprung 222 an einem hinteren Ende der Turbinenschaufel 200 und kann einen Satz Kontaktflächen 252 beinhalten, die gestaltet sind, um mit einem/einer komplementären Spalt/Rippe verbunden zu werden, die in einem zweiten Rotorsteg des Rotors 210 ausgebildet ist. Auf diese Weise kann die Turbinenschaufel 200 über einen Satz von sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprüngen 222 in Umfangsrichtung und über einen Satz axialer Vor-

sprünge 224 axial mit dem Rotor 210 verbunden werden.

[0029] In **Fig. 5**, auf die jetzt Bezug genommen wird, wird eine Querschnittansicht von Teilen einer Turbine 300 gezeigt, einschließlich der Turbinenschaufel 200, die gemäß Ausführungsformen der Erfindung mit dem Rotor 210 verbunden ist. Der Schaufelbasisteil 220 kann zu einem Teil des ersten Rotorstegs 270 passen und die Schaufelplattform 230 kann ein Schaufelblatt 232 beinhalten, das sich in den Arbeitsfluidströmungsweg 7 hinein erstreckt. In dieser Ausführungsform ist ein Satz von sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprüngen 222 mit einem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Flansch 322 verbunden, der sich von einem zweiten Rotorsteg 272 des Rotors 210 erstreckt. Wie zu sehen ist, nimmt ein Satz von sich in Umfangsrichtung erstreckenden Oberflächen 252 (z.B. Oberflächen, die (sich) im Wesentlichen in Umfangsrichtung erstrecken und/oder ausgerichtet sind) den sich in Umfangsrichtung erstreckenden Flansch 322 formschlüssig auf (z.B. bilden einen komplementären Schwalbenschwanz) und verbindet die Turbinenschaufel 200 mit dem zweiten Rotorsteg 272. In einer Ausführungsform kann der Satz tangentialer Oberflächen 254, die im Wesentlichen den axialen Vorsprung 224 bilden, mit einem Satz axialer Flansche 280 (in **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt) in Kontakt kommen, die im ersten Rotorsteg 270 ausgebildet sind. Der vordere Teil 216 kann einen Satz J-Dichtungsritzen 218 definieren, die im Wesentlichen in Umfangsrichtung um den Rotor 210 ausgerichtet sein können. Der Satz J-Dichtungsritzen 218 kann mit einem Satz J-Dichtungen verbunden werden, die zur Sicherung der Turbinenschaufel 200 im Rotor 210 beitragen, wie hierin beschrieben wird.

[0030] In **Fig. 6**, auf die jetzt Bezug genommen wird, wird eine Querschnittansicht von Teilen des Rotors 210 gezeigt, einschließlich eines Schaufelschaftspalts 740, der gemäß Ausführungsformen der Erfindung zwischen/von dem ersten Rotorsteg 270 und dem zweiten Rotorsteg 272 angeordnet ist/definiert wird. Der sich in Umfangsrichtung erstreckende Flansch 322 kann sich axial in den sich in Umfangsrichtung erstreckenden Schaufelschaftspalt 740 erstrecken, wodurch er eine Momentfläche 742 bereitstellt, die so liegt, dass sie mit axialen Oberflächen 252 in Kontakt ist und eine Kraft eines Biegemoments reduziert, das von der Turbinenschaufel 200 übertragen wird. In einer Ausführungsform kann der erste Rotorsteg 270 Oberflächen 256 beinhalten, die so verlaufen können, dass sie eine Sicherungsfläche 282 bereitstellen, die teilweise einen ersten Rotorstegspalt 840 (in **Fig. 7** gezeigt) definiert. Der erste Rotorstegspalt 840 (in **Fig. 7** gezeigt) und/oder die tangentialen Oberflächen 256 können mit dem Schaufelbasisteil 220 und dem Satz axialer Vorsprünge 224 im Wesentlichen komplementär sein

und/oder formschlüssig verbunden sein. In verschiedenen Ausführungsformen können axiale Vorsprünge 224 mit der Sicherungsfläche 282 in Kontakt sein und ein(e) von der Turbinenschaufel 200 durch sie hindurch erzeugte Kraft und/oder Moment verteilen. Es versteht sich, dass die Turbinenschaufel 200 mithilfe beliebiger jetzt bekannter oder später noch entwickelter Methoden einschließlich axialer Oberflächen 322, J-Dichtungsstreifen, tangentialer Oberflächen 254 usw. im Schaufelschaftspalt 740 gesichert werden kann.

[0031] In **Fig. 7**, auf die jetzt Bezug genommen wird, wird eine Querschnittansicht eines Teils einer Turbine 800 mit einem Rotor 210 gezeigt, der gemäß Ausführungsformen der Erfindung mit einem Satz Turbinenschaufeln 200 verbunden ist. In einer Ausführungsform kann der Rotor 210 einen Satz Stege 212 beinhalten, die in Kombination mit einem Satz Turbinenschaufeln 200 einen kontinuierlichen ersten Rotorsteg 270 (in **Fig. 5 - 6** gezeigt) bilden und tangentiale Rippen bzw. axiale Flansche 280 beinhalten, die einen ersten Rotorstegspalt 840 bilden. In einer Ausführungsform kann der erste Rotorstegspalt 840 durch den Rotor ausgebildet sein und die Notwendigkeit einer Schlussschaufel beseitigen und der Schaufelschaftspalt 740 kann ermöglichen, dass der erste Rotorstegspalt 840 als durchgehende Ausnehmung anstelle einer Blindausnehmung ausgebildet/hergestellt wird. Diese Kombination der Verbindung der Spalte 740 und 840 mit der Turbinenschaufel 200 bildet eine kombinierte Axial-Umfangs-Verbindung (z.B. Schwalbenschwanz). Tangentiale Rippen bzw. axiale Flansche 280 können so gestaltet sein, dass sie einen Schwalbenschwanz bilden, der konfiguriert ist, um den Schaufelbasisteil 220 der Turbinenschaufel 200 formschlüssig aufzunehmen und mit axialen Vorsprüngen 224 in Kontakt zu sein zur Sicherung und/oder Kraftverteilung von Belastungen und Momenten, die auf die und von der Turbinenschaufel 200 übertragen werden. Die Turbinenschaufel 200 kann über das Zusammenpassen der Schwalbenschwanzgestalt des Schaufelbasisteils 220 und der komplementären Schwalbenschwanzgestalt des ersten Rotorstegspalts 840 in dem Rotor 210 und dem ersten Rotorstegspalt 840 gesichert werden. Die Schaufelplattform 230 der Turbinenschaufel 200 kann über dem ersten Rotorstegspalt 840 und über den Satz Stege 212 verlaufen. In einer Ausführungsform können Schaufelplattformen 230 benachbarter Turbinenschaufeln 200 (mit) eine(r) Verbindung 802 an der Oberseite eines Stegs 212 in Kontakt sein und/oder bilden. Der Schaufelbasisteil 220 kann in den ersten Rotorstegspalt 840 eingesetzt werden, wo er gleitend von den Sicherungsflächen 282 (in **Fig. 6** gezeigt) und dem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprung 322 des Rotors 210 aufgenommen wird. In einer Ausführungsform können ein Schaufelbasisteil 220 und ein Satz Stege 212 einen im

Wesentlichen ununterbrochenen umlaufenden Steg um den Rotor 210 bilden.

[0032] In **Fig. 8**, auf die jetzt Bezug genommen wird, wird eine Querschnittsansicht von Teilen der Turbine 800 gezeigt, wobei der Rotor 210 gemäß Ausführungsformen der Erfindung mit der Turbinenschaufel 200 verbunden ist. In dieser Ausführungsform wird der vordere Schaufelbasisteil 216 (in **Fig. 4** gezeigt) der Turbinenschaufel 200 im Wesentlichen vom ersten Rotorsteg 270 verdeckt und der Teil des Schaufelbasisteils 220 in dem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Schaufelschaftspalt 740 des Rotors (in **Fig. 6** gezeigt) ist sichtbar. In verschiedenen Ausführungsformen kann ein Satz J-Dichtungen 208 tangential über den ersten Rotorsteg 270 und den Schaufelbasisteil 220/vorderen Teil 216 im Satz J-Dichtungsritzen 218 (in **Fig. 5** gezeigt) angeordnet sein. Der Satz J-Dichtungen 208 kann mit Rotorstegen 270 und Turbinenschaufeln 200 verbunden werden und dadurch den Schaufelbasisteil 220 axial, radial und/ oder in Umfangsrichtung im Rotor 210 festhalten und/oder den Schaufelschaftspalt 740 gegen Teile des Stroms 7 abdichten. In einer in **Fig. 9** gezeigten Ausführungsform kann eine Turbinenschaufel 204 eine Schaufelplattform 830 mit einer durch einen abgeschrägten Rand gebildeten Abschrägung 890 beinhalten. Die Abschrägung 890 kann die Rotorkühlung (z.B. negative Schaufelfuß-Reaktionskühlung) ermöglichen, indem sie einen Kühlungsstrom 807 (gestrichelt dargestellt) (z.B. Dampf) relativ zum Arbeitsfluidströmungsweg 7 (in **Fig. 9** gezeigt) stromabwärts eintreten und am Schwalbenschwanz zwischen dem Schaufelbasisteil 220 und dem Rotor 210/ersten Rotorsteg 270 entlang strömen lässt. In einer weiteren Ausführungsform kann in der Schaufelplattform 830 ein Satz Aussparungen 207 und/oder Öffnungen 209 (gestrichelt dargestellt) ausgebildet sein, um den Kühlungsstrom 807 zum Schwalbenschwanz gelangen zu lassen.

[0033] In **Fig. 10**, auf die jetzt Bezug genommen wird, wird eine schematische Darstellung von Teilen eines mehrwelligen Gas-und-Dampf-Kombikraftwerks 900 gezeigt. Das Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk 900 kann zum Beispiel eine Gasturbine 902 beinhalten, die funktionell mit einem Generator 908 verbunden ist. Der Generator 908 und die Gasturbine 902 können durch eine Welle 907, die Energie zwischen einer Antriebswelle (nicht gezeigt) der Gasturbine 902 und dem Generator 908 übertragen kann, mechanisch gekoppelt sein. In **Fig. 10** wird auch ein Wärmetauscher 904 gezeigt, der funktionell mit der Gasturbine 902 und einer Dampfturbine 906 verbunden ist. Der Wärmetauscher 904 kann über konventionelle Leitungen (ohne Bezugszeichen) fluidisch mit der Gasturbine 902 und mit einer Dampfturbine 906 verbunden sein. Die Gasturbine 902 und die Dampfturbine 906 können eine Rotortrommel 210 und/oder eine Turbinenschaufel 200 von **Fig. 4** oder

anderen hierin beschriebenen Ausführungsformen beinhalten. Der Wärmetauscher 904 kann ein konventioneller Abhitzedampferzeuger (HRSG) wie die in konventionellen Gas-und-Dampf-Kombikraftwerken verwendeten sein. Wie in der Energieerzeugungstechnik bekannt ist, kann der HRSG 904 heiße Abgase aus der Gasturbine 902 in Kombination mit einer Wasserversorgung verwenden, um Dampf zu erzeugen, der in die Dampfturbine 906 eingespeist wird. Die Dampfturbine 906 kann fakultativ (über eine zweite Welle 907) mit einem zweiten Generatorsystem 908 gekoppelt sein. Es versteht sich, dass die Generatoren 908 und die Wellen 907 ein(e) beliebige(r) in der Technik bekannte(r) Größe haben oder Typ sein können und sich je nach ihrer Anwendung oder dem System, mit dem sie verbunden sind, unterscheiden können. Die Bezeichnung der Generatoren und Wellen mit den gleichen Bezugszeichen dient zur Verdeutlichung und legt nicht unbedingt nahe, dass diese Generatoren oder Wellen identisch sind. In einer weiteren Ausführungsform, die in **Fig. 11** gezeigt wird, kann ein Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk 990 mit einzelner Welle einen einzelnen Generator 908 beinhalten, der über eine einzelne Welle 907 mit der Gasturbine 902 und mit der Dampfturbine 906 gekoppelt ist. Die Dampfturbine 906 und/oder die Gasturbine 902 können die Rotortrommel 210 und/oder die Turbinenschaufel 200 von **Fig. 4** oder anderen hierin beschriebenen Ausführungsformen beinhalten.

[0034] Die Turbinenschaufeln und -rotoren der vorliegenden Erfindung sind nicht auf ein(e) spezifische (s) Turbine, Energieerzeugungssystem oder anderes System beschränkt und können mit anderen Energieerzeugungssystemen und/oder Systemen (z.B. Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk, Gas- oder Dampfturbinenkraftwerk, Kernreaktor usw.) verwendet werden. Außerdem können die Turbinenschaufeln und -rotoren der vorliegenden Erfindung mit anderen, hierin nicht beschriebenen Systemen verwendet werden, denen die Stabilität, die einfache Montage und die Sicherungsfähigkeit nützen können, die hierin beschrieben werden.

[0035] Die hierin verwendete Terminologie dient nur dem Zweck der Beschreibung spezieller Ausführungsformen und ist nicht zur Beschränkung der Offenbarung vorgesehen. Es ist vorgesehen, dass die hierin verwendete singulare Form „ein/eine“ und „der/die/das“ auch jeweils die plurale Form einschließt, sofern dies vom Zusammenhang nicht deutlich anderweitig festgelegt wird. Des Weiteren versteht es sich, dass die Begriffe „aufweisen“/„umfassen“ und/oder „aufweisend“/„umfassend“, wenn sie in dieser Beschreibung verwendet werden, die Anwesenheit von angegebenen Merkmalen, Ganzzahlen, Schritten, Vorgängen, Elementen und/oder Komponenten angeben, die Anwesenheit oder Hinzufügung von einem oder mehreren

Merkmale, Ganzzahlen, Schritten, Vorgängen, Elementen, Komponenten und/ oder Gruppen von diesen aber nicht ausschließen.

[0036] Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele zur Offenbarung der Erfindung, einschließlich der besten Art der Ausführung, und auch, um einer Fachperson die Ausübung der Erfindung zu ermöglichen, einschließlich der Herstellung und Benutzung jedweder Vorrichtungen oder Systeme und der Durchführung eingebundener Verfahren. Der patentfähige Umfang der Erfindung wird von den Ansprüchen definiert und kann weitere Beispiele beinhalten, die fachkundigen Personen einfallen werden. Es ist vorgesehen, dass derartige weitere Beispiele in den Umfang der Ansprüche fallen, wenn sie strukturelle Elemente haben, die sich nicht von der wörtlichen Sprache der Ansprüche unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit unwesentlichen Unterschieden von den wörtlichen Sprachen der Ansprüche beinhalten.

[0037] Es werden Systeme und Vorrichtungen offenbart, die für die Sicherung von Schwalbenschwanzbauteilen (z.B. Schaufeln) in der Rohrtrommel einer Turbine und für die Verringerung der Rotorbauteilverlagerung ausgelegt sind. In einer Ausführungsform beinhaltet eine Turbinenschaufel: einen Schaufelbasisteil, der passend zu einem Schaufelschaftspalt in einem Rotor einer Turbine gestaltet ist, wobei der Schaufelbasisteil Folgendes beinhaltet: einen vorderen Teil, der gestaltet ist, um sich zuströmseitig eines sich in Umfangsrichtung erstreckenden Spalts der ersten Stufe des Rotors in einen ersten Rotorsteg des Rotors hinein zu erstrecken, einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprung, der in einem hinteren Ende des Schaufelbasisteils ausgebildet ist und zur Verbindung mit dem Rotor gestaltet ist, und einen Satz axialer Vorsprünge, die an tangentialen Seiten des Schaufelbasisteils ausgebildet und zur Verbindung mit dem Rotor gestaltet sind, und eine Schaufelplattform, die sich vom Schaufelbasisteil radial nach außen erstreckt, wobei die Schaufelplattform passend zu einem Schaufelblatt konfiguriert ist.

BEZUGSZEICHENLISTE:

200	Turbinenschaufel
207	Satz Aussparungen
208	Satz J-Dichtungen
209	Öffnungen
210	Rotortrommel
212	Steg
216	vorderer Teil
218	J-Dichtungsnuten

220	Schaufelbasisteil
222	sich in Umfangsrichtung erstreckende Vorsprünge
224	axiale Vorsprünge
230	Strömungsteil
232	Schaufelblatt
240	erste Rotorstegströmungsfläche
242	zweite Rotorstegströmungsfläche
252	Kontaktflächen
254	Kontaktflächen
256	tangentiale Oberflächen
270	erster Rotorsteg
272	zweiter Rotorsteg
280	axiale Flansche
282	Sicherungsfläche surface
300	Turbine
322	sich in Umfangsrichtung erstreckende Flansche
740	Schaufelschaftspalt
742	Momentfläche
800	Turbine
802	Verbindung
807	Kühlungsstrom
830	Schaufelplattform
840	erster Rotorstegspalt
890	abgeschrägter Rand
890	Abschrägung
900	mehrwelliges Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk
902	Gasturbine
904	Wärmetauscher
904	Abhitzedampferzeuger (HRSG)
906	Dampfturbine
907	zweite Welle
908	Generator
990	Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk mit einzelner Welle

Patentansprüche

1. Turbinenschaufel (200, 204), umfassend: einen Schaufelbasisteil (220, 820), der passend zu einem Schaufelschaftspalt (740) in einem Rotor (210) einer Turbine (300, 800) gestaltet ist, wobei

der Schaufelbasisteil (220) beinhaltet:

einen vorderen Teil (216), der gestaltet ist, um sich axial zuströmseitig eines sich in Umfangsrichtung erstreckenden Schaufelschaftspalts (740) der ersten Stufe des Rotors (210) in einen ersten Rotorsteg (270) des Rotors (210) hinein zu erstrecken, einen sich in Umfangsrichtung erstreckenden Vorsprung (222), der in einem hinteren Ende des Schaufelbasisteils (220) ausgebildet ist und zur Verbindung mit einem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Spalt in dem Rotor (210) gestaltet ist, und einen Satz axialer Vorsprünge (224), die an tangentialen Seiten des Schaufelbasisteils (220) ausgebildet und zur Verbindung mit axialen Spalten in dem Rotor (210) gestaltet sind, und eine Schaufelplattform (230, 830), die sich vom Schaufelbasisteil (220) radial nach außen erstreckt, wobei die Schaufelplattform (230, 830) für die Verbindung mit einem Schaufelblatt (232) konfiguriert ist, wobei der vordere Teil (216) des Schaufelbasisteils (220) sich axial über die Schaufelplattform (230, 830) hinaus erstreckt und den Satz axialer Vorsprünge (224) umfasst, die an seinen tangentialen Seiten ausgebildet sind.

2. Turbinenschaufel (200) nach Anspruch 1, wobei der Satz axialer Vorsprünge (224) sich über den ersten Rotorsteg (270) erstreckt und einen Satz Kontaktflächen (254) definiert, die zum Verteilen einer Belastung auf den Rotor (210) über eine beträchtliche axiale Länge des ersten Rotorstegs (270) gestaltet sind.

3. Turbinenschaufel (200) nach Anspruch 1, wobei der vordere Teil (216) so bemessen ist, dass er sich über den Schaufelschaftspalt (740) durch den ersten Rotorsteg (270) erstreckt, wobei der vordere Teil (216) bemessen ist, um den Schaufelschaftspalt (740) im Wesentlichen zu füllen und eine im Wesentlichen ebene axiale Oberfläche mit dem ersten Rotorsteg (270) und eine im Wesentlichen ebene radiale Oberfläche mit dem ersten Rotorsteg (270) zu bilden.

4. Turbinenschaufel (204) nach Anspruch 1, wobei die Schaufelplattform (830) eine Abschrägung (890) zwischen der Turbinenschaufel (204) und einem zweiten Rotorsteg (272) des Rotors (210) definiert, wobei die Abschrägung (890) so gestaltet ist, dass ein Strom in den Schaufelschaftspalt (740) eintreten kann.

5. Turbinenschaufel (204) nach Anspruch 1, wobei die Schaufelplattform (830) einen Satz Öffnungen (207, 209) durch die Turbinenschaufel (204) definiert, wobei der Satz Öffnungen (207, 209) so gestaltet ist, dass ein Strom in den Schaufelschaftspalt (740) eintreten kann.

6. Turbinenschaufel (200) nach Anspruch 1, wobei der sich in Umfangsrichtung erstreckende Vorsprung (222) eine Schwalbenschwanzgestalt hat, die zur Verbindung mit einem sich in Umfangsrichtung erstreckenden Flansch (322) gestaltet ist, der an einem zweiten Rotorsteg (272) des Rotors (210) angeordnet ist.

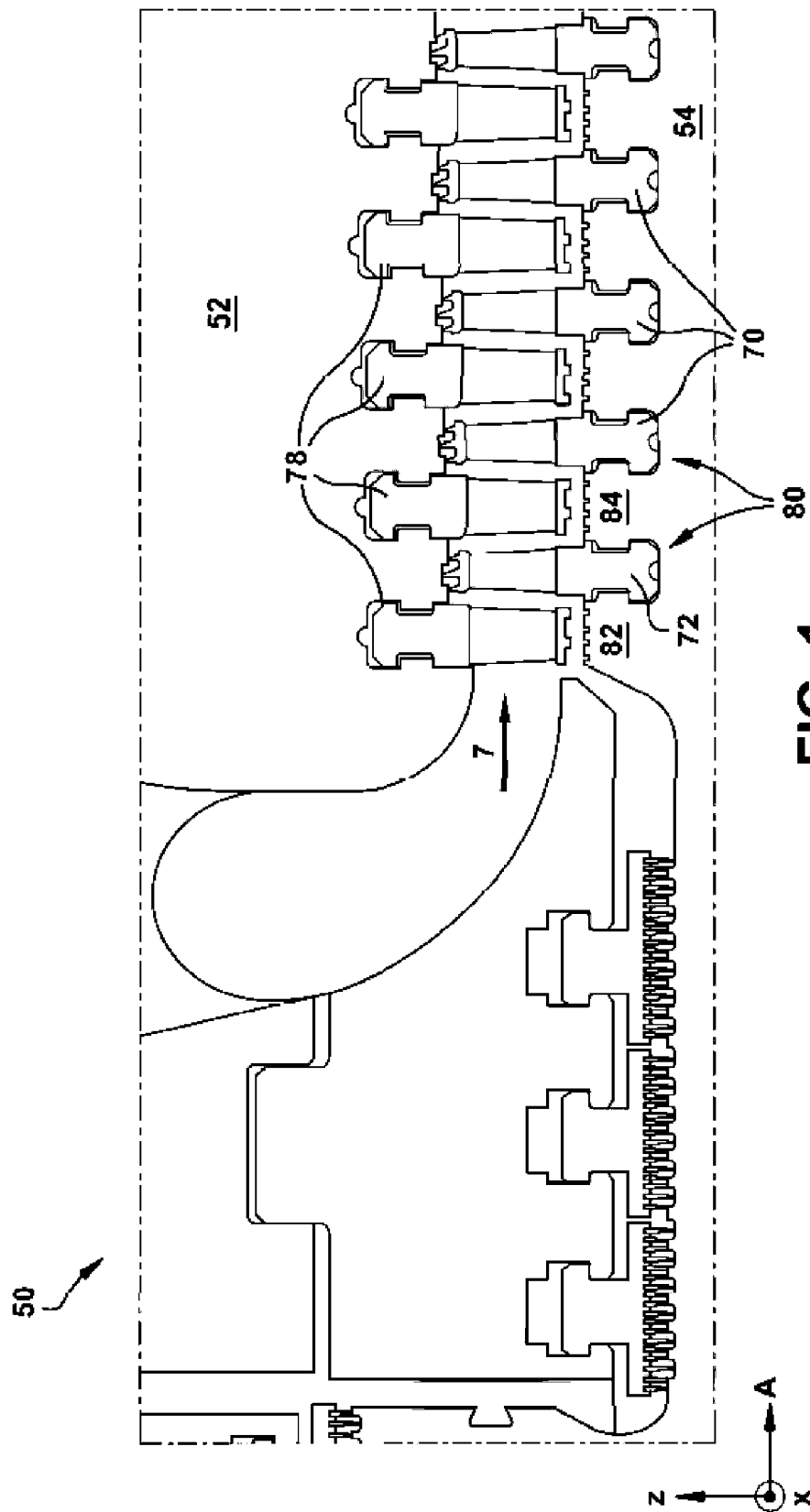
7. Turbinenschaufel (200) nach Anspruch 1, wobei der Satz axialer Vorsprünge (224) eine Schwalbenschwanzgestalt hat, die zur Verbindung mit einem Satz axialer Flansche (280) gestaltet ist, die an dem ersten Rotorsteg (270) des Rotors (210) angeordnet sind.

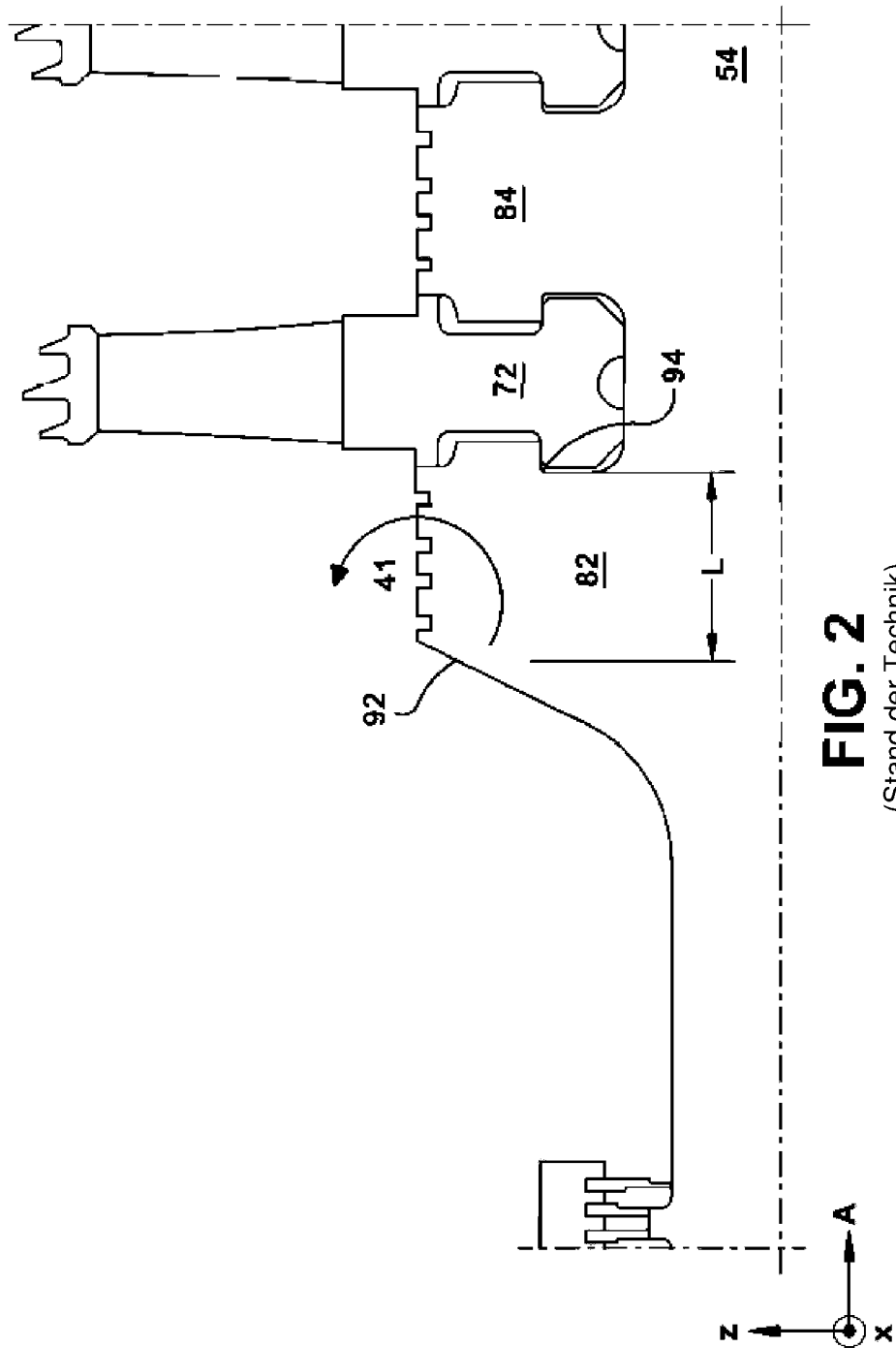
8. Turbinenschaufel (200) nach Anspruch 1, wobei der Schaufelbasisteil (220) einen Satz J-Dichtungsnuten (218) aufweist, die zur Verbindung mit einem Satz J-Dichtungen (208) gestaltet sind.

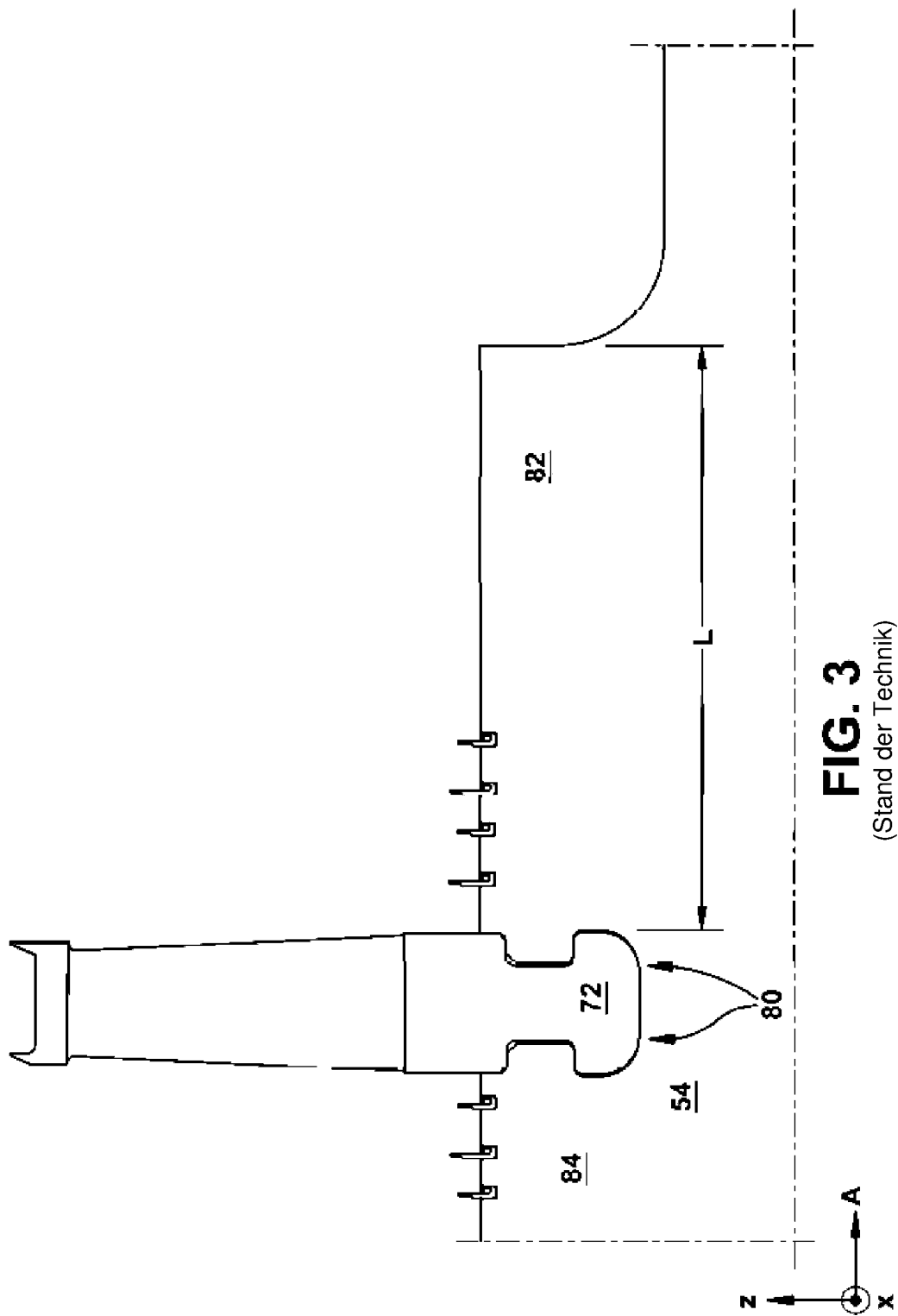
9. Turbine (300, 800), umfassend:
einen Stator (52),
einen von dem Stator (52) im Wesentlichen umgebenen Arbeitsfluidkanal (7) und
einen Rotor (210), der sich radial einwärts des Arbeitsfluidkanals (7) befindet und einen ersten Rotorsteg (270) und einen zweiten Rotorsteg (272) beinhaltet, wobei der Rotor (210) einen Satz Turbinenschaufeln (200, 204) nach Anspruch 1 aufweist, die über den ersten Rotorsteg (270) und den zweiten Rotorsteg (272) mit dem Rotor (210) verbunden sind.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen







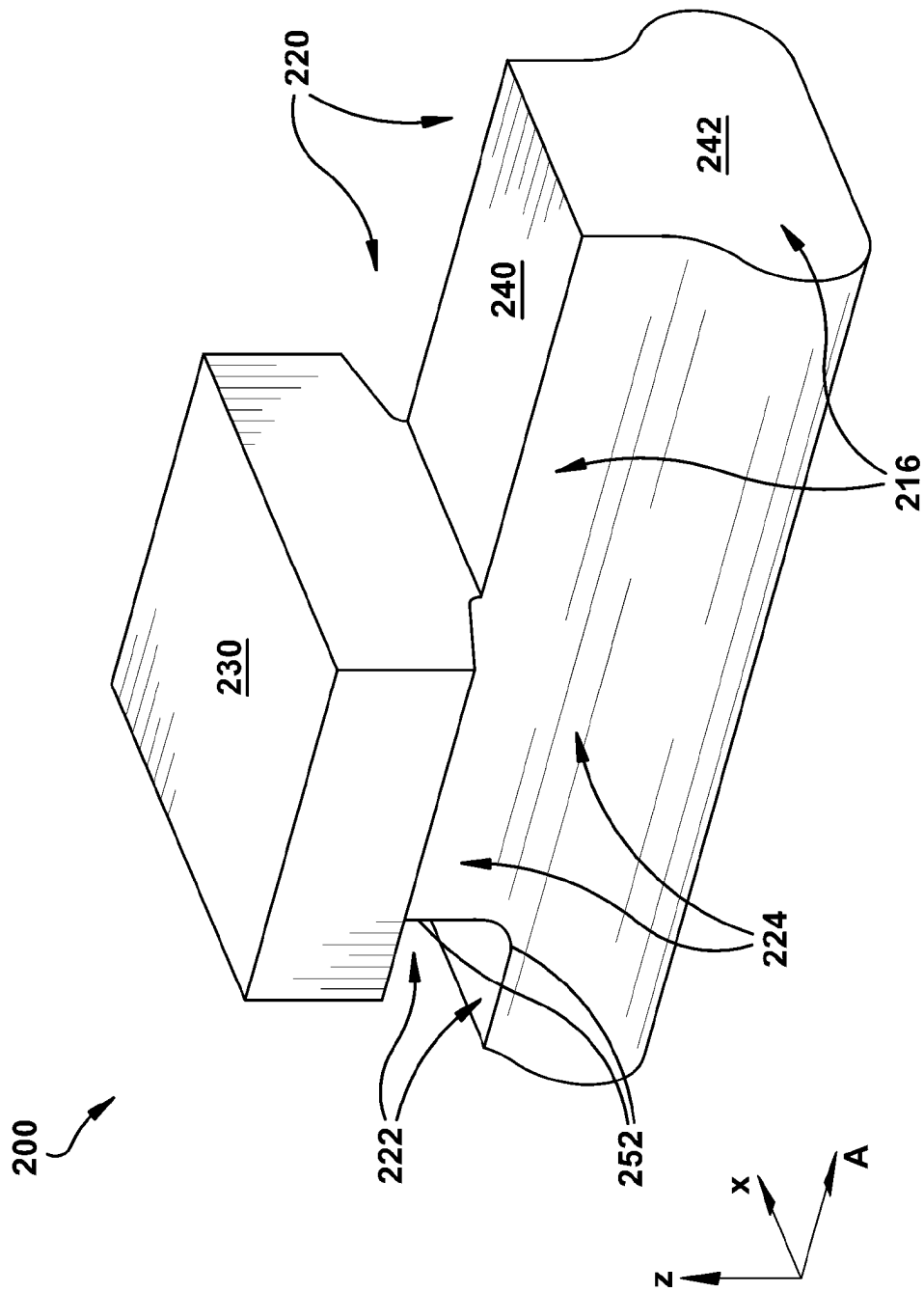
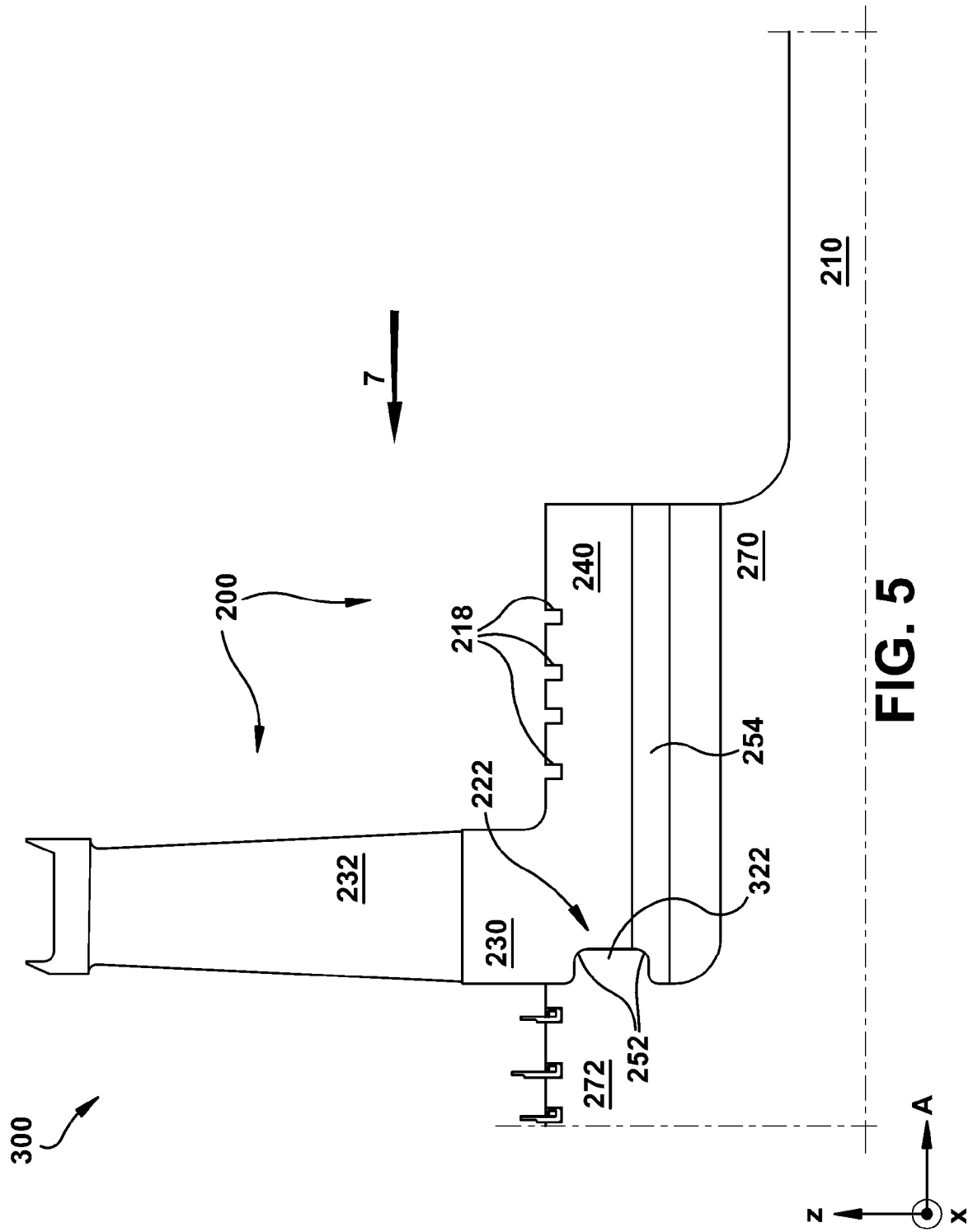


FIG. 4



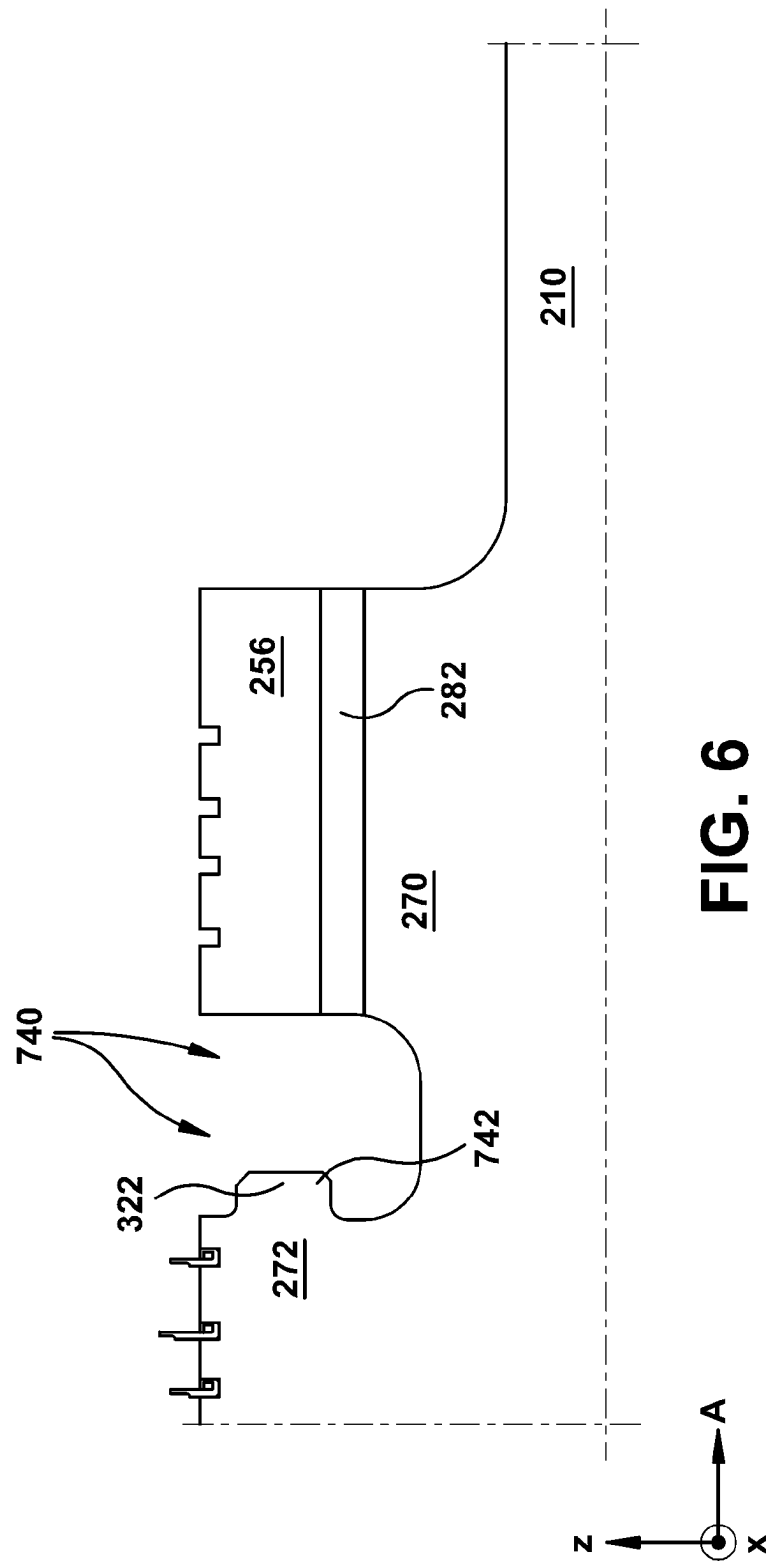


FIG. 6

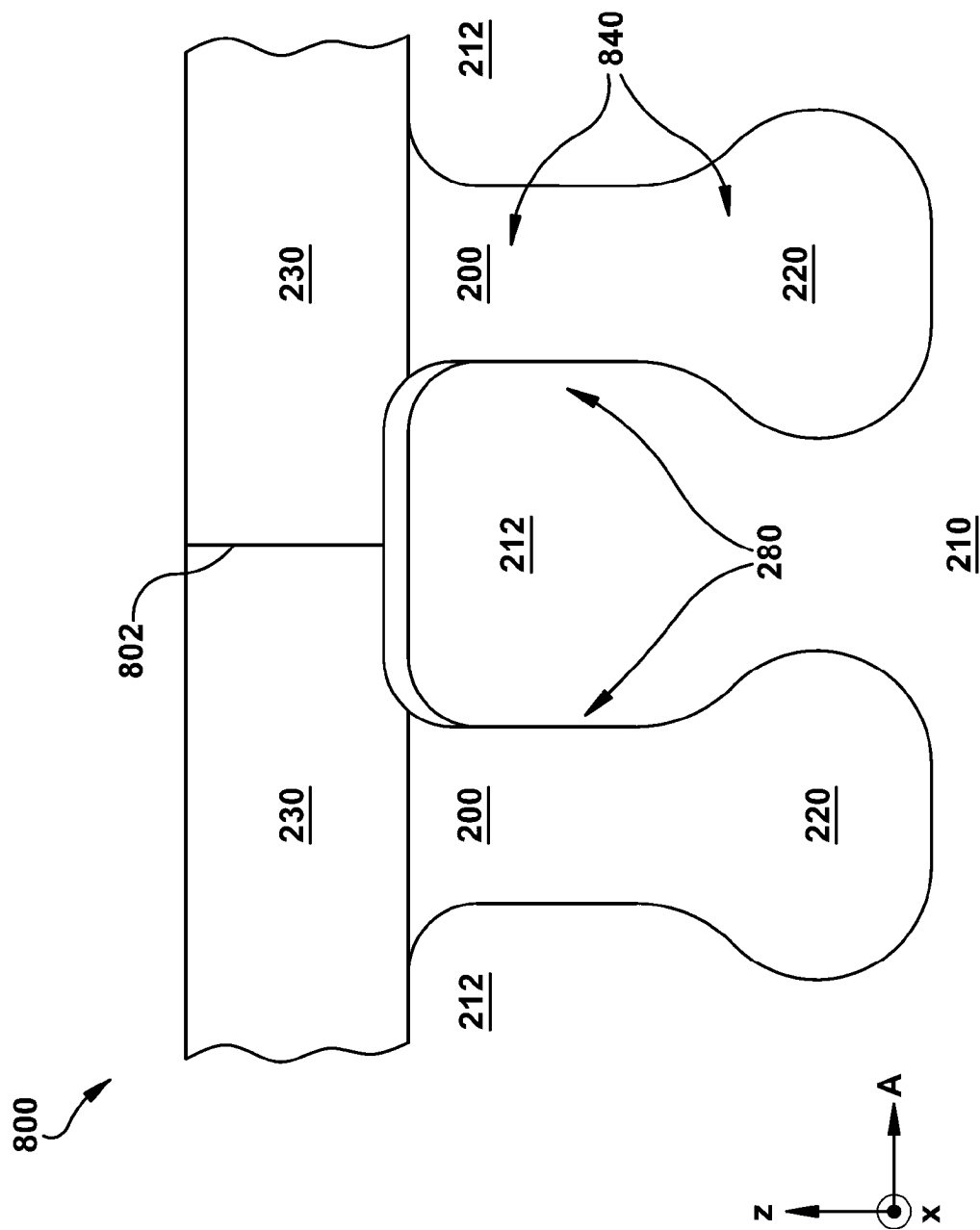


FIG. 7

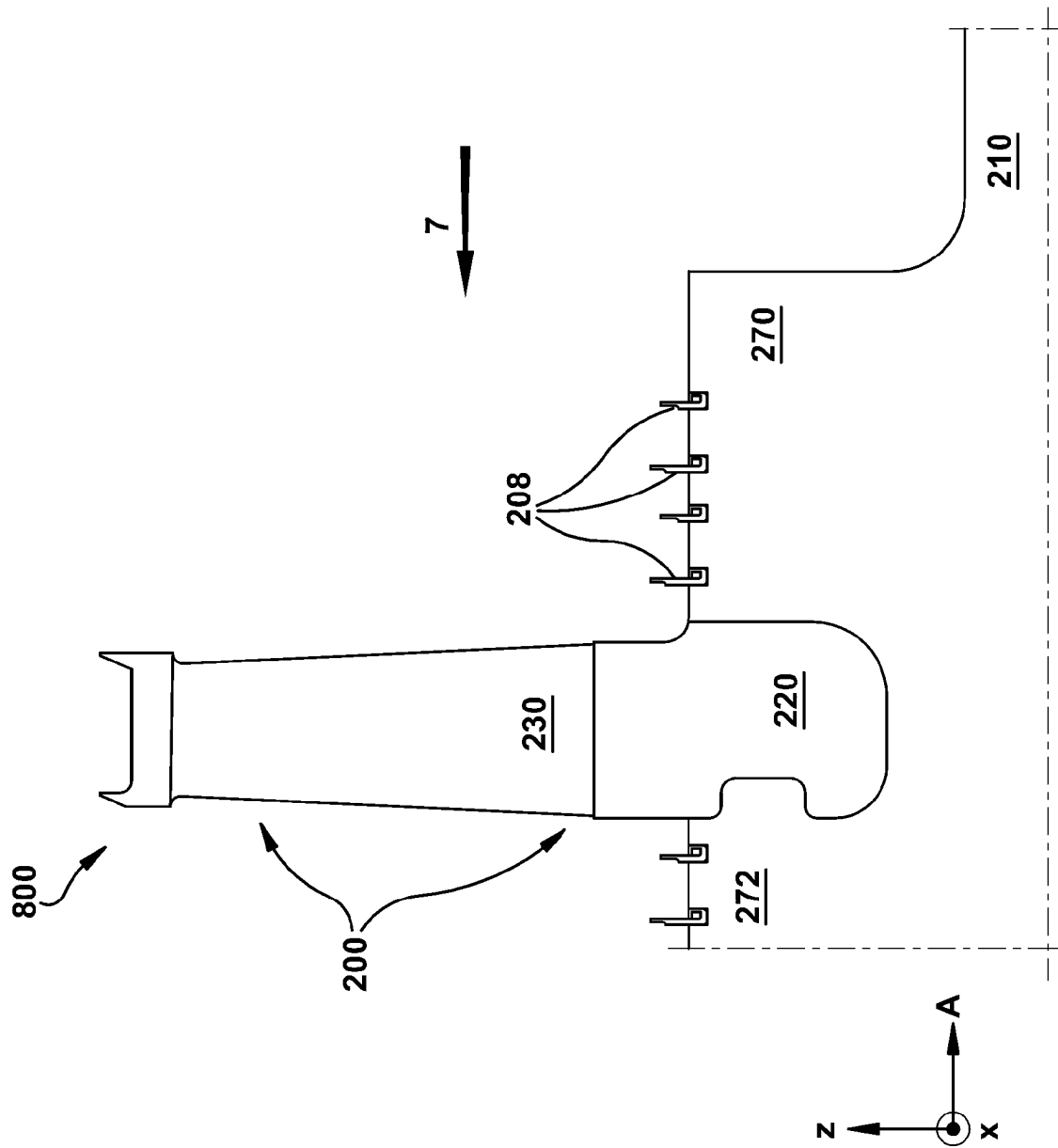


FIG. 8

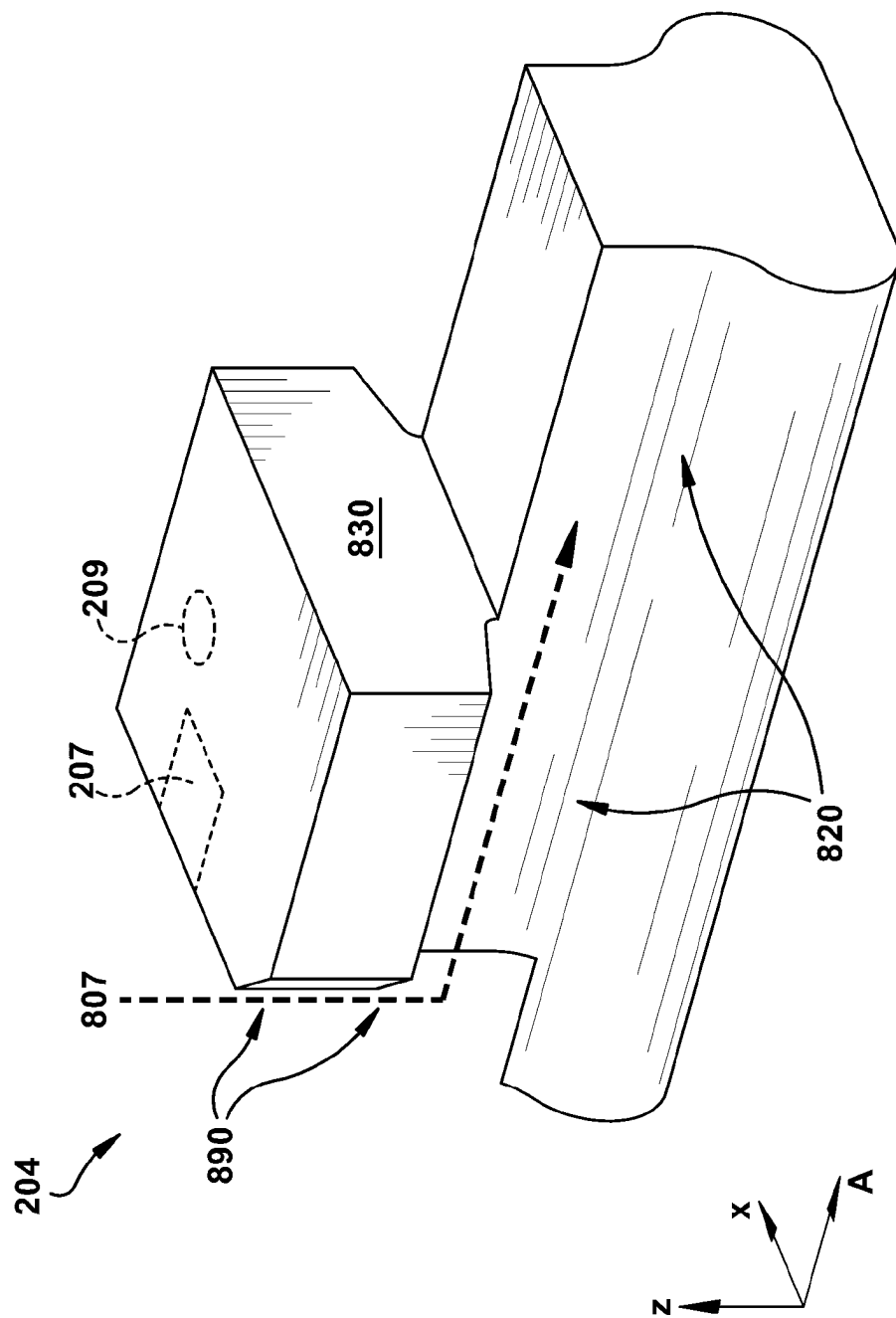


FIG. 9

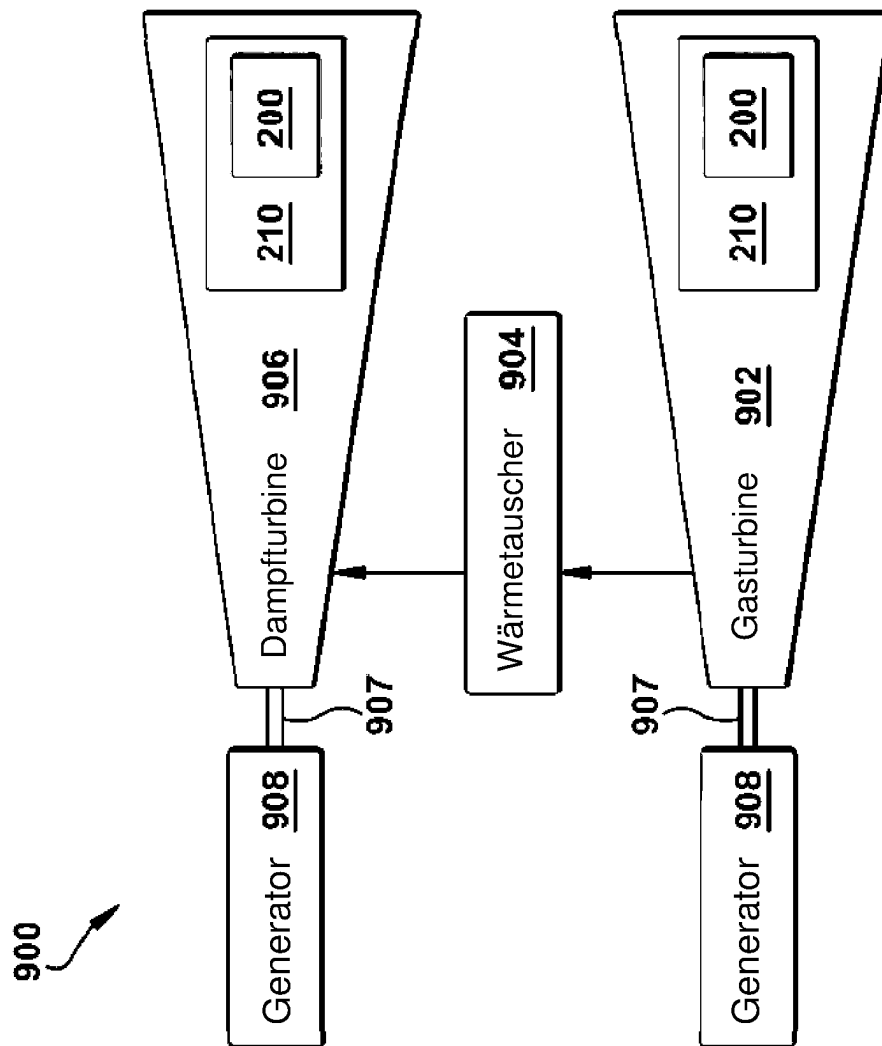


FIG. 10

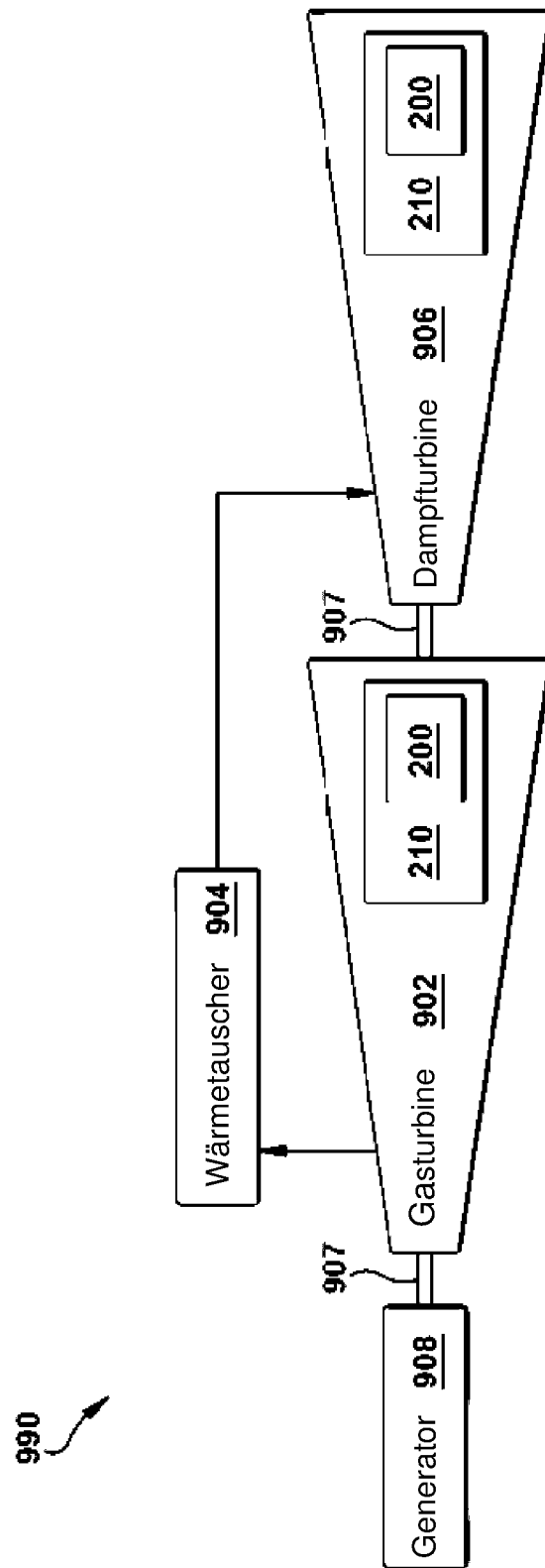


FIG. 11