



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

703 660 A2

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

**Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01371/11

(22) Anmeldedatum: 22.08.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 29.02.2012

(30) Priorität: 27.08.2010 US 12/870,445

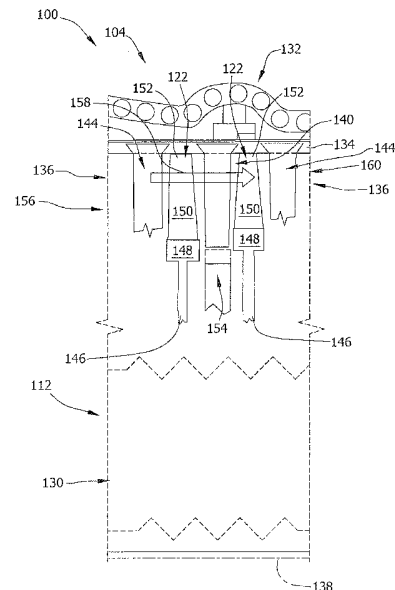
(71) Anmelder:  
General Electric Company, 1 River Road  
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:  
Kyle William Reno, Greenville, South Carolina 29615 (US)

(74) Vertreter:  
R. A. Egli & Co. Patentanwälte, Horneggstrasse 4  
8008 Zürich (CH)

(54) **Laufschaufel für eine Rotationsmaschine.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Laufschaufel für eine Rotationsmaschine, enthaltend einen Rotor. Der Rotor enthält wenigstens ein Laufrad. Mit dem wenigstens einen Laufrad ist wenigstens eine Laufschaufel (124) verbunden. Die wenigstens eine Laufschaufel (124) enthält einen Schwalbenschwanzabschnitt (176), der konfiguriert ist, um die Laufschaufel mit dem wenigstens einen Laufrad zu koppeln. Die Laufschaufel enthält ferner eine Schaufelplattform (200), die mit einer im Wesentlichen doppel-C-förmigen Gestalt ausgebildet ist.



## Beschreibung

### Hintergrund zu der Erfindung

[0001] Die hierin beschriebenen Ausführungsformen betreffen allgemein Rotationsmaschinen und insbesondere Verfahren und Vorrichtungen zum Zusammenbau von Turbinen.

[0002] Wenigstens einige bekannte Turbinen enthalten mehrere umlaufende Turbinenschaufeln oder Laufschaufeln, die Hochtemperaturfluide durch Gasturbinen leiten oder den Dampf durch Dampfturbinen leiten. Bekannte Turbinenschaufeln sind gewöhnlich mit einem Laufradabschnitt eines Rotors innerhalb der Turbine gekoppelt und wirken mit dem Rotor zusammen, um einen Turbinenabschnitt zu bilden. Ausserdem sind bekannte Turbinenschaufeln in einer sich an dem Rotor erstreckenden Reihe längs des Umfangs beabstandet angeordnet. Darüber hinaus sind bekannte Turbinenschaufeln gewöhnlich in axial voneinander beabstandeten Reihen angeordnet, die von mehreren stationären Leitapparatsegmenten getrennt sind, die das durch die Maschine strömende Fluid in Richtung auf jede nachfolgende Reihe von Laufschaufeln leiten. Jede Reihe von Segmenten wird in Verbindung mit einer zugehörigen Reihe von Turbinenlaufschaufeln gewöhnlich als eine Turbinenstufe bezeichnet, und die bekanntesten Turbinen enthalten mehrere Turbinenstufen.

[0003] Ausserdem enthalten wenigstens einige der bekannten Gasturbinen auch mehrere umlaufende Verdichterschaufeln, die Luft durch die Gasturbine leiten. Bekannte Verdichterlaufschaufeln sind gewöhnlich längs des Umfangs voneinander beabstandet in axial beabstandeten Reihen angeordnet. Viele bekannte Verdichter enthalten ferner mehrere stationäre Leitapparatsegmente oder Leitschaufeln, die Luft stromabwärts zu den Verdichterlaufschaufeln leiten.

[0004] Wenigstens einige bekannte Turbinenlaufschaufeln und/oder bekannte Verdichterlaufschaufeln enthalten jeweils einen Schaufelblattabschnitt, der mit einem Plattformabschnitt verbunden ist. Plattformabschnitte von Verdichterschaufeln und von Turbinenschaufeln sind im Allgemeinen mit einem geringen Spiel in Umfangsrichtung voneinander getrennt. Wenigstens einige bekannte Plattformen sind rechteckig, und eine Wärmeausdehnung der Plattformen während des Betriebs reduziert die kleinen umfangsseitigen Spiele, so dass benachbarte Plattformen miteinander in Kontakt gelangen können. Derartige Kontaktkräfte sind im Allgemeinen kollinear, so dass kein Nettobiegemoment auf die Turbinenschaufeln und/oder Verdichterschaufeln eingeleitet wird und so das eine Gefahr einer Überlappung oder überhängenden Anordnung, d.h. einer schindelartigen Überdeckung benachbarter Plattformen gering ist. Da jedoch einige grössere Schaufelblätter nicht in einen Oberflächenbereich, der durch derartige Plattformen definiert ist, passen können, kann gegebenenfalls eine Grösse der Schaufelblätter, die verwendet werden können, begrenzt sein.

[0005] Um grössere Schaufelblätter aufzunehmen, verwenden wenigstens einige bekannte Plattformen nicht-rechteckige Geometrien. Jedoch bringt ein Kontakt zwischen nicht-rechteckigen Plattformen, wie beispielsweise trapezförmigen Plattformen, nicht-lineare Kontaktkräfte in die Plattformen ein und/oder leitet Torsionskräfte und/oder Biegemomente in die Turbinenlaufschaufeln und/oder Verdichterlaufschaufeln ein. Im Laufe der Zeit wird eine Wahrscheinlichkeit für eine schindelartige Überlappung benachbarter Plattformen im Vergleich zu rechteckigen Plattformen grösser. Eine derartige schindelartige Überlappung kann eine Nutzungslebensdauer der zugehörigen Turbinenlaufschaufel und/oder Verdichterlaufschaufel verkürzen.

### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0006] In einem Aspekt ist ein Verfahren zum Zusammenbau einer Rotationsmaschine geschaffen. Das Verfahren enthält ein Bereitstellen eines Rotors, der mehrere Laufräder enthält. Das Verfahren enthält ferner ein Positionieren des Rotors in einer derartigen Weise, dass sich wenigstens ein Abschnitt eines stationären Teils der Rotationsmaschine wenigstens teilweise um den Rotor herum erstreckt. Das Verfahren enthält ferner ein Bereitstellen einer Laufschaufel, die eine Schaufelplattform enthält, die mit einer im Wesentlichen doppel-C-förmigen Gestalt ausgebildet ist. Das Verfahren enthält ferner ein Koppeln der Laufschaufel mit dem Rotor.

[0007] In einem weiteren Aspekt ist eine Laufschaufel für eine Rotationsmaschine geschaffen. Die Rotationsmaschine enthält einen Rotor, der wenigstens ein Laufrad enthält. Die Laufschaufel enthält einen Schwalbenschwanzabschnitt, der konfiguriert ist, um die Laufschaufel mit dem wenigstens einen Laufrad zu koppeln. Die Laufschaufel enthält ferner eine Schaufelplattform, die mit einer im Wesentlichen doppel-C-förmigen Gestalt ausgebildet ist.

[0008] In einem weiteren Aspekt ist ein Turbinenantrieb geschaffen. Der Antrieb enthält einen Rotor, der wenigstens ein Laufrad aufweist. Der Antrieb enthält ferner einen stationären Teil, der sich wenigstens teilweise um den Rotor herum erstreckt. Der Antrieb enthält ferner wenigstens eine Laufschaufel, die mit dem wenigstens einen Laufrad gekoppelt ist. Die Laufschaufel enthält eine Schaufelplattform, die mit einer im Wesentlichen doppel-C-förmigen Gestalt ausgebildet ist.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0009] Die hierin beschriebenen Ausführungsformen können durch Bezugnahme auf die folgende Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen besser verstanden werden.

[0010] Fig. 1 zeigt eine schematisierte Darstellung eines beispielhaften Turbinenantriebs;

[0011] Fig. 2 zeigt eine vergrösserte Querschnittsansicht eines Abschnitts eines Verdichters, der bei dem in Fig. 1 veranschaulichten Turbinenantrieb verwendet werden kann, und aufgenommen entlang des Bereiches 2;

**[0012]** Fig. 3 zeigt eine vergrösserte Querschnittsansicht eines Abschnitts einer Turbine, die bei dem in Fig. 1 veranschaulichten Turbinenantrieb verwendet werden kann, und aufgenommen entlang des Bereiches 3;

**[0013]** Fig. 4 zeigt eine schematisierte Axialansicht mehrerer beispielhafter Laufschaufeleinrichtungen, die bei der in Fig. 3 veranschaulichten Turbine verwendet werden können, und aufgenommen entlang des Bereiches 4;

**[0014]** Fig. 5 zeigt eine schematisierte Draufsicht von oben auf mehrere beispielhafte Schaufelplattformen, die bei den in Fig. 4 veranschaulichten Laufschaufeleinrichtungen verwendet werden können; und

**[0015]** Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren zum Zusammenbau eines Teils des in Fig. 1 veranschaulichten Turbinenantriebs veranschaulicht.

### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0016]** Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht einer Rotationsmaschine 100, d.h. eines Turbinenantriebs. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Rotationsmaschine 100 ein Gasturbinenantrieb. Es sollte beachtet werden, dass Fachleute auf dem Gebiet verstehen werden, dass alternativ andere Antriebe verwendet werden können. In der beispielhaften Ausführungsform enthält der Turbinenantrieb 100 einen Lufteinlassabschnitt 102 und einen Verdichterabschnitt 104, der sich stromabwärts von und in Strömungsverbindung mit dem Einlassabschnitt 102 befindet. Ein Brennkammerabschnitt 106 ist stromabwärts von und in Strömungsverbindung mit dem Verdichterabschnitt 104 angeschlossen, und ein Turbinenabschnitt 108 ist stromabwärts von und in Strömungsverbindung mit dem Brennkammerabschnitt 106 angeschlossen. Der Turbinenantrieb 100 enthält einen Auslassabschnitt 110, der stromabwärts von dem Turbinenabschnitt 108 angeordnet ist. Ausserdem ist in der beispielhaften Ausführungsform der Turbinenabschnitt 108 mit dem Verdichterabschnitt 104 über eine Rotoranordnung 112 gekoppelt, die eine Antriebswelle 114 enthält.

**[0017]** In der beispielhaften Ausführungsform enthält der Brennkammerabschnitt 106 mehrere Brennkammern 116, die jeweils in Strömungsverbindung mit dem Verdichterabschnitt 104 stehen. Der Brennkammerabschnitt 106 enthält ferner wenigstens eine Brennstoffdüsenanordnung 118. Jede Brennkammer 116 steht in Strömungsverbindung mit wenigstens einer Brennstoffdüsenanordnung 118. Ausserdem sind in der beispielhaften Ausführungsform der Turbinenabschnitt 108 und der Verdichterabschnitt 104 über die Antriebswelle 114 mit einer Last 120 drehfest gekoppelt. Z.B. kann die Last 120 einschliesslich, jedoch nicht darauf beschränkt, einen elektrischen Generator und/oder eine mechanische Antriebsvorrichtung, z.B. eine Pumpe, enthalten. In der beispielhaften Ausführungsform enthält der Verdichterabschnitt 104 wenigstens eine Verdichterlaufschaufelanordnung 122. Ferner enthält der Turbinenabschnitt 108 in der beispielhaften Ausführungsform wenigstens eine Turbinenlaufschaufel oder Laufschaufeleinrichtung 124. Jede Verdichterschaufelanordnung 122 und jede Turbinenschaufeleinrichtung 124 ist mit der Rotoranordnung 112 verbunden.

**[0018]** Im Betrieb leitet der Lufteinlassabschnitt 102 Luft zu dem Verdichterabschnitt 104 hin. Der Verdichterabschnitt 104 verdichtet die Einlassluft mittels der Verdichterschaufeleinrichtungen 122 auf höhere Drücke und Temperaturen, bevor er die verdichtete Luft zu dem Brennkammerabschnitt 106 ausgibt. Die verdichtete Luft wird in dem Abschnitt 106 mit Brennstoff vermischt und gezündet, um Verbrennungsgase zu erzeugen, die stromabwärts zu dem Turbinenabschnitt 108 hin geleitet werden. Insbesondere wird ein Teil der verdichteten Luft zu der Brennstoffdüsenanordnung 118 geleitet. Es wird auch Brennstoff zu der Brennstoffdüsenanordnung 118 geleitet, worin der Brennstoff mit der Luft vermischt und in den Brennkammern 116 gezündet wird. In den Brennkammern 116 erzeugte Verbrennungsgase werden stromabwärts zu dem Turbinenabschnitt 108 geleitet. Nachdem sie auf die Turbinenschaufeleinrichtungen 124 auftreffen, wird die Wärmeenergie in den Verbrennungsgasen in mechanische Rotationsenergie umgewandelt, die verwendet wird, um die Rotoranordnung 112 anzutreiben. Der Turbinenabschnitt 108 treibt den Verdichterabschnitt 104 und/oder die Last 120 über die Antriebswelle 114 an, und Abgasgase werden durch den Auslassabschnitt 110 zur Umgebungsatmosphäre ausgegeben.

**[0019]** Fig. 2 zeigt eine vergrösserte Querschnittsansicht eines Teils des Verdichterabschnitts 104. In der beispielhaften Ausführungsform enthält der Verdichterabschnitt 104 eine Verdichterrotoranordnung 130 und eine stationäre Verdichterstatoranordnung 132. Die Anordnungen 130 und 132 sind innerhalb eines Verdichtergehäuses angeordnet, der wenigstens teilweise einen Strömungspfad 136 definiert. In der beispielhaften Ausführungsform bildet die Verdichterrotoranordnung 130 einen Teil der Rotoranordnung 112. Insbesondere ist in der beispielhaften Ausführungsform der Verdichterabschnitt 104 im Wesentlichen symmetrisch um eine axiale Rotormittellinie 138 ausgerichtet. Alternativ kann der Verdichterabschnitt 104 eine beliebige umlaufende, mit Schaufeln versehene, mehrstufige Fluidübertragungsvorrichtung, die dem Verdichterabschnitt 104 ermöglicht, in der hierin beschriebenen Weise zu arbeiten, einschliesslich, jedoch nicht darauf beschränkt, eine eigenständige Fluidverdichtereinheit oder ein Gebläse, sein.

**[0020]** Der Verdichterabschnitt 104 enthält mehrere Stufen 140 (von denen nur eine einzige veranschaulicht ist), die jeweils eine Reihe von in Umfangsrichtung beabstandeten Verdichterlaufschaufeln 122 und eine Reihe von Statorschaufeln oder Leitschaufeln 144 enthalten. In der beispielhaften Ausführungsform sind die Verdichterschaufeln 122 mit einem Verdichterlaufrad 146 über eine Befestigungseinrichtung 148 derart verbunden, dass sich jede Laufschaufel 122 von dem Laufrad 146 radial nach aussen erstreckt. Ferner enthält jede Laufschaufel 122 in der beispielhaften Ausführungsform einen Schaufelblattabschnitt 150, der sich von jeder Schaufelbefestigungseinrichtung 148 aus radial nach aussen bis zu einer Laufschaufelspitze 152 erstreckt. Die Verdichterstufen 140 wirken mit einem Antriebs- oder Arbeitsfluid, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, mit Luft, zusammen. Insbesondere wird das Antriebsfluid in aufeinanderfol-

genden Stufen 140 verdichtet. Eine Zwischenstufendichtungseinrichtung 154 ist mit jedem Laufrad 146 und/oder mit jeder Schaufelbefestigungseinrichtung 148 gekoppelt.

**[0021]** Im Betrieb wird der Verdichterabschnitt 104 durch den Turbinenabschnitt 108 über die Rotoranordnung 112 drehend angetrieben. Von einem Niederdruck- oder stromaufwärtigen Verdichterbereich 156 über die Stufen 140 aufgenommenes Fluid wird durch die Laufschaufelblattabschnitte 150 in Richtung auf die Statorschaufeleinrichtungen 144 geleitet. Indem das Fluid verdichtet wird, wird ein Druck des Fluids erhöht, während das Fluid durch den Strömungspfad 136 geleitet wird, wie dies durch einen Strömungspfeil 158 angezeigt ist. Insbesondere strömt das Fluid durch nachfolgende Stufen 140 und innerhalb des Strömungspfads 136.

**[0022]** Verdichtetes und unter Druck stehendes Fluid wird anschliessend in einen Hochdruck- oder stromabwärtigen Verdichterbereich 160 zur Verwendung innerhalb des Turbinenantriebs 100 geleitet.

**[0023]** Fig. 3 zeigt eine vergrösserte Querschnittsansicht eines Teils des Turbinenabschnitts 108, der eine Turbinenrotoranordnung 162 enthält. Der Turbinenabschnitt 108 enthält ferner mehrere stationäre Schaufeln, oder Turbinenleitapparateinrichtungen 164, die innerhalb eines Turbinengehäuses 166 positioniert sind, das wenigstens teilweise einen Strömungspfad 168 darin definiert. In der beispielhaften Ausführungsform bildet die Turbinenrotoranordnung 162 einen Teil der Rotoranordnung 112. Ausserdem ist in der beispielhaften Ausführungsform der Turbinenabschnitt 108 im Wesentlichen symmetrisch um die axiale Rotormittellinie 138 ausgerichtet. Alternativ kann der Turbinenabschnitt 108 eine beliebige umlaufende, mit Schaufeln versehene, mehrstufige Energieumwandlungsvorrichtung, die eine Funktionsweise des Turbinenabschnitts 108 in der hierin beschriebenen Weise ermöglicht, einschliesslich, jedoch nicht darauf beschränkt, eine Dampfturbine, sein.

**[0024]** Der Turbinenabschnitt 108 enthält mehrere Stufen 170 (von denen nur eine einzige veranschaulicht ist), die jeweils eine Reihe von in Umfangsrichtung beabstandeten Rotorschaukeln oder Turbinenschaufeleinrichtungen oder Turbinenlaufschaufeln 124 und eine Reihe von Leitapparateinrichtungen 164 oder eine Leitschaufelanordnung 172 enthalten. Insbesondere enthält der Turbinenabschnitt 108 in der beispielhaften Ausführungsform drei Stufen 170. Alternativ kann der Turbinenabschnitt 108 eine beliebige Anzahl von Stufen 170 enthalten, die dem Turbinenantrieb 100 ermöglicht, in der hierin beschriebenen Weise zu funktionieren. In der beispielhaften Ausführungsform sind die Turbinenlaufschaufeln 124 mit einem Turbinenlaufrad 174 über eine Schaufelbefestigungseinrichtung 176 gekoppelt. Ferner enthält jede Turbinenlaufschaufel 124 in der beispielhaften Ausführungsform einen Schaufelblattabschnitt 177, der sich von jeder Schaufelbefestigungseinrichtung 176 aus radial nach aussen erstreckt. Die Turbinenstufen 170 wirken mit einem Antriebs- oder Arbeitsfluid, einschliesslich beispielsweise Verbrennungsgasen, Dampf und/oder verdichteter Luft, zusammen. Eine Zwischenstufendichtungseinrichtung 178 ist mit jedem Laufrad 174 und/oder jeder Schaufelbefestigungseinrichtung 176 gekoppelt.

**[0025]** Im Betrieb empfängt der Turbinenabschnitt 108 Hochdruck-Verbrennungsgase, die durch die (in Fig. 1 veranschaulichten) Brennkammern 116 erzeugt werden. Die von einem Hochdruckbereich 188 über die Leitapparatanordnung 172 aufgenommenen Verbrennungsgase werden durch die Turbinenlaufschaufeln 174 in Richtung auf die Leitapparateinrichtungen 164 geleitet. Während die Verbrennungsgase durch den Strömungspfad 164 geleitet werden, wie dies durch einen Pfeil 189 angezeigt ist, werden die Verbrennungsgase wenigstens teilweise dekomprimiert. Die Verbrennungsgase strömen weiter durch nachfolgende Stufen 170, bevor sie in einen Niederdruckbereich 190 zur weiteren Verwendung innerhalb des Turbinenantriebs 100 ausgegeben und/oder aus dem Turbinenantrieb 100 ausgelassen werden.

**[0026]** Fig. 4 zeigt eine schematisierte axiale Ansicht mehrerer beispielhafter Laufschaufeln oder Schaufeleinrichtungen 124, die bei dem Turbinenabschnitt 108 eingesetzt werden können, und aufgenommen entlang des Bereiches 4 (beides in Fig. 3 veranschaulicht). Fig. 5 zeigt eine schematisierte Draufsicht auf mehrere beispielhafte Schaufel- oder Laufschaufelplattformen 200, die bei den Laufschaufeln 124 verwendet werden können. Die Plattformen 200 können auch bei dem (in den Fig. 1 und 2 veranschaulichten) Verdichterabschnitt 104 und insbesondere der (in Fig. 2 veranschaulichten) Verdichterlaufschaufel 122 verwendet werden, wodurch die Plattformen 200 als Schaufelplattformen bezeichnet werden. Hier werden die Ausdrücke «Schaufelplattform» und «Laufschaufelplattform», einschliesslich deren Mehrzahl, in gegeneinander austauschbarer Weise verwendet. Jede Laufschaufel 124 enthält eine Befestigungseinrichtung 176 und einen Schaufelblattabschnitt 177. In der beispielhaften Ausführungsform ist die Befestigungseinrichtung 176 eine Schwalbenschwanzvorrichtung. Ausserdem enthält jede Laufschaufel 124 in der beispielhaften Ausführungsform ferner eine Schaufelplattform 200, wobei jede Schaufelplattform 200 und jeder Schaufelblattabschnitt 177 einen Schaufelblattfussabschnitt 202 definieren. Ferner sind in der beispielhaften Ausführungsform die Schaufelbefestigungseinrichtung 176, der Schaufelblattabschnitt 177 und die Schaufelplattform 200 gemeinsam zu einer einstückigen Einheit geformt. Ausserdem enthält jeder Schaufelblattabschnitt 177 in der beispielhaften Ausführungsform eine Vorderkante 204 und eine Hinterkante 206.

**[0027]** In der beispielhaften Ausführungsform weist jede Schaufelplattform 200 eine Doppel-C-Gestalt oder ein Doppel-C-Profil auf, d.h. jede Schaufelplattform 200 weist einen vorderen C-förmig zugeschnittenen Abschnitt 208 und einen hinteren C-förmig zugeschnittenen Abschnitt 210 auf, die die Schaufelplattform 200 bilden. Insbesondere definiert der vordere C-förmig geschnittene Abschnitt 208 eine vorderste Plattformkante 212, und der hintere C-förmig geschnittene Abschnitt 210 definiert eine hinterste Plattformkante 214 der Schaufelplattform 200. Die vorderste Plattformkante 212 enthält mehrere Ecken 216 und 218. Insbesondere enthält die Kante 212 eine erste vordere zusammentreffende Ecke 216 und eine zweite vordere zusammentreffende Ecke 218. Ausserdem enthält die hinterste Plattformkante 214 mehrere Ecken 220

und 222. Insbesondere enthält die Kante 214 eine erste hintere zusammentreffende Ecke 220 und eine zweite hintere zusammentreffende Ecke 222. Für die Zwecke der Veranschaulichung definieren die Ecken 216, 218, 220 und 222 einen rechteckigen Plattformumriss 224, der eine vorderste Seite 226, eine hinterste Seite 228, eine Vorderkantenseite 230 und eine Hinterkantenseite 232 enthält.

**[0028]** Der rechteckige Plattformumriss 224 veranschaulicht, dass die beispielhafte Schaufelplattform 200 einen grösseren mit dieser zu koppelnden Schaufelblattfussabschnitt 202 aufnimmt, als dies unter Verwendung einer im Umriss 224 veranschaulichten rechteckigen Plattform möglich ist. Ein derartiger grösserer Schaufelblattfuss 202 ermöglicht ein grösseres Schaufelblatt 177, wobei das Schaufelblatt 177 und der Fussabschnitt 202 eine Schaufelsehne 233 definieren, die ferner zwischen der Vorderkante 204 und der Hinterkante 206 definiert ist.

**[0029]** An sich ermöglicht die Verwendung grösserer Schaufelblätter 177 in dem Turbinenabschnitt 108 eine Vergrösserung des Verbrennungsgasdurchflusses 189 (wie in Fig. 3 veranschaulicht) durch den Turbinenabschnitt 108 im Vergleich zu den kleineren rechteckigen Plattformen und zugehörigen kleineren Laufschaufeln, wobei ein derartiger vergrößerter Gasfluss 189 eine gesteigerte Nennleistungserzeugung des (in Fig. 1 veranschaulichten) Turbinenantriebs 100 ohne Vergrösserung einer Stellfläche des Antriebs 100 ermöglicht. In ähnlicher Weise ermöglicht die Verwendung grösserer Schaufelblätter 150 in dem Verdichterabschnitt 104 eine Steigerung des Luftdurchflusses 185 (wie in Fig. 2 veranschaulicht) durch den Verdichterabschnitt 104 im Vergleich zu den kleineren rechteckigen Plattformen und zugehörigen kleineren Laufschaufeln, wobei ein derartiger vergrößerter Luftfluss 158 eine gesteigerte Nennleistungserzeugung des Turbinenantriebs 100 ohne eine Vergrösserung einer Stellfläche des Antriebs 100 ermöglicht. Ausserdem weisen derartige grössere Schaufelblätter 177 und 150 eine längere Sehne 233 als ihre kleineren Gegenstücke auf, wobei eine derartige grössere Sehnenlänge 233 eine Reduktion der Strömungsablösung von den Schaufelblättern 177 und 150 ermöglicht, wodurch eine Verbesserung des Leistungsverhaltens des Turbinenantriebs 100 ermöglicht wird. Darüber hinaus ermöglicht ein grösserer Schaufelblattfussabschnitt 202 im Vergleich zu einem kleineren Gegenstück eine Reduktion der Biegemomente, die ansonsten in Abschnitte des Schaufelblattabschnitts 177 benachbart zu dem Fussabschnitt 202 eingeleitet werden können.

**[0030]** In der beispielhaften Ausführungsform ist ein Spalt 234 zwischen in Umfangsrichtung benachbarten Plattformen 200 ausgebildet. Ferner definiert in der beispielhaften Ausführungsform der vordere C-förmig geschnittene Abschnitt 208 eine vordere Symmetrieachse 236 der Schaufelplattform 200, und der hintere C-förmig geschnittene Abschnitt 210 definiert eine hintere Symmetrieachse 238 der Schaufelplattform 200. Ausserdem schneiden in der beispielhaften Ausführungsform der vordere C-förmig geschnittene Abschnitt 208 und der hintere C-förmig geschnittene Abschnitt 210 einander, um eine Schaufelplattformverzweigungsachse 240 zu definieren. D.h., in der beispielhaften Ausführungsform weisen der vordere C-förmig geschnittene Abschnitt 208 und der hintere C-förmig geschnittene Abschnitt 210 für eine gegebene axiale Plattformlänge L jeweils eine halbe axiale Länge von  $0,5 L$  auf. Es ist als solche eine symmetrische Beziehung zwischen dem vorderen C-förmig geschnittenen Abschnitt 208 und dem hinteren C-förmig geschnittenen Abschnitt 210 quer zu der Verzweigungsachse 240 definiert. Alternativ weisen der vordere C-förmig geschnittene Abschnitt 208 und der hintere C-förmig geschnittene Abschnitt 210 keine gleiche Länge von  $0,5 L$  auf, sondern weisen beliebige nicht übereinstimmende Längen auf, die eine Funktionsweise der Plattform 200 in der hierin beschriebenen Weise ermöglichen, so dass z.B., jedoch ohne Beschränkung, der vordere C-förmig geschnittene Abschnitt 208 eine Länge von  $0,33 L$  aufweist und der hintere C-förmig geschnittene Abschnitt 210 eine Länge von  $0,67 L$  aufweist. In einem derartigen Beispiel ist die Verzweigungsachse 240 zu der vordersten Plattformkante 212 hin und von der hintersten Plattformkante 214 weg verschoben. Deshalb ist die Verzweigungsachse 240 alternativ an einer beliebigen Stelle entlang der Längserstreckung L definiert, die eine Funktionsweise der Plattform 200 in der hierin beschriebenen Weise ermöglicht.

**[0031]** Ausserdem definieren in der beispielhaften Ausführungsform der vordere C-förmig geschnittene Abschnitt 208 und der hintere C-förmig geschnittene Abschnitt 210 eine nach aussen ragende Abschnittskante 242 und eine bogenförmige Abschnittskante 244. Die Abschnittskanten 242 und 244 sind komplementär zueinander gestaltet, was bedeutet, dass während eines Einbaus der Schaufelbefestigungseinrichtung 176 in das Turbinenlaufrad 174 eine Abschnittskante 242 einer ersten Plattform 200 und eine Abschnittskante 244 einer benachbarten Plattform 200 derart positioniert werden können, dass ein Spalt 234 zwischen diesen und entlang der Längserstreckung L im Wesentlichen gleichmässig ist. Ferner ist in der beispielhaften Ausführungsform eine erste Dicke  $T_1$  der Plattform 200 an den Kanten 212, 214, 242 und 244 geringer als eine zweite Dicke  $T_2$  der Plattform 200 an dem Schaufelblattfussabschnitt 202, wodurch eine sich verjüngende Dicke von dieser definiert ist.

**[0032]** Im Betrieb, insbesondere während Anlaufvorgänge des Turbinenantriebs 100, heizen sich die Schaufelplattformen 200 auf und dehnen sich in Umfangsrichtung, wodurch ein Abstand des Spaltes 234, der zwischen benachbarten Plattformen 200 definiert ist, verringert wird, bis in Umfangsrichtung benachbarte Plattformen 200 miteinander in Kontakt gelangen. In der beispielhaften Ausführungsform werden, wenn benachbarte Plattformen 200 miteinander in Kontakt treten, Kräfte auf die Plattformen 200 in einer senkrechten Richtung zu Abschnitten der bogenförmigen Abschnittskante 244 und der sich nach aussen erstreckenden Abschnittskante 242 einer benachbarten Plattform 200 eingeleitet. Ferner werden in den beispielhaften Ausführungsformen Reibungskräfte an einer (nicht veranschaulichten) Verbindungsstelle, die zwischen dem (in Fig. 2 veranschaulichten) Verdichterlaufrad 146 und der Schaufelbefestigungseinrichtung 148 definiert ist, eingeleitet. Derartige Reibungskräfte sorgen für einen Widerstand gegen die Kräfte und wirken den Kräften entgegen, die die in Umfangsrichtung benachbarten Plattformen 200 auf jede andere ausüben, wenn sie sich wärmebedingt ausdehnen. Ferner werden, wenn in der beispielhaften Ausführungsform Kräfte auf die Plattform 200 eingeleitet werden, re-

sultierende Kräfte 250 in einer im Wesentlichen kollinearen Richtung zu der vorderen Symmetrieachse 236 und zu der hinteren Symmetrieachse 238 ausgeübt. D.h., die Kräfte 250 sind in Bezug auf die vordere Symmetrieachse 236 und in Bezug auf die hintere Symmetrieachse 238 symmetrisch. Folglich wird eine Reduktion der auf benachbarte Plattformen 200 eingeleiteten Nettomomente ermöglicht. Weil ausserdem in der beispielhaften Ausführungsform die Kräfte 250 im Wesentlichen symmetrisch über der Verzweigungsachse 240 sind, wird weiter ermöglicht, die auf benachbarte Plattformen 200 eingeleiteten Nettomomente zu reduzieren. An sich wird auch eine Reduktion der Wahrscheinlichkeit einer schindelartigen Überlappung der Kanten 242 und 244 ermöglicht. Alternativ wird in denjenigen Ausführungsformen, die einen vorderen C-förmig geschnittenen Abschnitt 208 und einen hinteren C-förmig geschnittenen Abschnitt 210 mit nicht übereinstimmenden Längen und demgemäss eine zu einer nicht symmetrischen Position entlang der Längserstreckung L verschobene Verzweigungsachse 240 enthalten, aufgrund der um die vordere Symmetrieachse 236 und um die hintere Symmetrieachse 238 symmetrischen Kräften 250 ebenfalls eine Reduktion von auf benachbarte Plattformen 200 eingeleiteten Nettomomenten ermöglicht.

**[0033]** Fig. 6 zeigt ein Flussdiagramm, das ein beispielhaftes Verfahren 300 zum Zusammenbau eines Abschnitts eines Turbinenantriebs 100 (wie in den Fig. 1, 2 und 3 veranschaulicht) ermöglicht. In der beispielhaften Ausführungsform wird ein Rotor 112 bereitgestellt, 302, der mehrere Laufräder 146/174 (wie in Fig. 2 bzw. 3 veranschaulicht) enthält. Eine Verdichterrotoranordnung 130 / Turbinenrotoranordnung 162 (wie in Fig. 2 bzw. 3 veranschaulicht) wird derart positioniert, 304, dass wenigstens ein Teil der Verdichterrotoranordnung 132 / Turbinenleitapparatanordnung 164 (wie in Fig. 2 bzw. 3 veranschaulicht) sich wenigstens teilweise um die Verdichterrotoranordnung 130 / Turbinenrotoranordnung 162 herum erstreckt. Es werden Verdichterlaufschaukeln 122 / Turbinenlaufschaukeln 124 (wie in den Fig. 2 bzw. 3 veranschaulicht) bereitgestellt, 306, die (in den Fig. 4 und 5 veranschaulichte) Schaufelplattformen 200 mit einer im Wesentlichen Doppel-C-Gestalt enthalten. Insbesondere werden ein hinterer Abschnitt 210 und ein vorderer Abschnitt 208 (die beide in den Fig. 4 und 5 veranschaulicht sind) gebildet, 308, so dass sie in Form einer einstückigen Einheit die Schaufelplattform 200 bilden. Insbesondere werden ein hinterer C-Ausschnitt mit zugehöriger hinterer axialer Symmetrieachse 238 (wie in Fig. 5 veranschaulicht) und ein vorderer C-Ausschnitt mit zugehöriger vorderer axialer Symmetrieachse 236 (wie in Fig. 5 veranschaulicht) auf wenigstens einem Abschnitt 310 der Schaufelplattform 200 gebildet. Ferner werden in der beispielhaften Ausführungsform mehrere Laufschaukeln 124 bereitgestellt, 312, worin ein hinterer C-Ausschnitt und ein vorderer C-Ausschnitt innerhalb wenigstens eines Abschnitts jeder der Schaufelplattformen 200 erzeugt ist, wobei jeder der vorderen C-Ausschnitte in Bezug auf jeden der hinteren C-Ausschnitte im Wesentlichen komplementär ist. Ferner wird in der beispielhaften Ausführungsform wenigstens ein Abschnitt der Schaufeleinrichtung 124 mit dem Verdichterlaufrad 146 / Turbinenlaufrad 174 gekoppelt, 314.

**[0034]** Hierin vorgesehene Ausführungsformen ermöglichen den Zusammenbau und Betrieb von Turbinenantrieben, die grössere Verdichter- und Turbinenschaufelblätter verwenden. Derartige grössere Schaufelblätter ermöglichen eine Steigerung der Nennausgangsleistung für eine gegebene Stellfläche des Antriebs ohne Erhöhung von Fertigungs- und Montagekosten. Ferner wird ein derartiger Betrieb von Turbinenantrieben durch Reduktion einer Gefahr, dass Verdichter- und Turbinenschaufelplattformen einander überlappen oder schindelartig überdecken, ermöglicht, wodurch eine Nutzungslebensdauer von Verdichterschaufeln und Turbinenschaufeln verlängert wird. Eine Verlängerung der nutzbaren Lebensdauern von Verdichterschaufeln und Turbinenschaufeln reduziert Ausfallzeiten und Instandhaltungskosten von Turbinenantrieben.

**[0035]** Es sind hierin beispielhafte Ausführungsformen von Verfahren und Vorrichtungen beschrieben, die einen Zusammenbau und Betrieb von Gasturbinenantrieben ermöglichen. Insbesondere ermöglicht die Ausbildung von Plattformen mit einem Doppel-C-Profil oder einer Doppel-C-Gestalt den Einsatz grösserer Schaufelblätter, und sie verlängert eine Nutzungslebensdauer von Turbinenantriebskomponenten. Insbesondere ermöglicht das doppel-C-förmige Profil der Verdichterschaufel- und Turbinenschaufelplattformen, wie hierin beschrieben, eine Positionierung grösserer Schaufelblätter auf den zugehörigen Plattformen. Ferner nutzt das Doppel-C-Profil, wie es hierin beschrieben ist, insbesondere komplementäre benachbarte Plattformen, die sich ausdehnen und miteinander in Kontakt gelangen können, um eine Reduktion zusätzlicher auf irgendwelche Abschnitte der Plattformen der Schaufel/Schaufeleinrichtung eingeleiteten unsymmetrischen Kräfte zu ermöglichen. Folglich wird eine Möglichkeit einer Plattformüberlappung oder -Überdeckung reduziert, wodurch eine Verlängerung einer Nutzungslebensdauer der Plattformen und zugehörigen Turbinenlaufschaukeln und Verdichterlaufschaukeln ermöglicht wird. Ausserdem kann die Häufigkeit und Dauer von Abschaltungen für Instandhaltungsmassnahmen reduziert werden, und es können zugehörige betriebliche Reparatur- und Wiederbeschaffungskosten reduziert werden.

**[0036]** Die hierin beschriebenen Verfahren und Systeme sind nicht auf die hierin beschriebenen speziellen Ausführungsformen beschränkt. Z.B. können Komponenten jedes Systems und/oder Schritte jedes Verfahrens unabhängig und gesondert von anderen hierin beschriebenen Komponenten und/oder Schritten in die Praxis umgesetzt werden. Ausserdem kann jede Komponente und/oder jeder Schritt auch bei anderen Anordnungen und Verfahren verwendet und/oder umgesetzt werden.

**[0037]** Während die Erfindung anhand verschiedener spezieller Ausführungsformen beschrieben worden ist, werden Fachleute auf dem Gebiet erkennen, dass die Erfindung innerhalb des Rahmens und Schutzzumfangs der Ansprüche mit Modifikationen ausgeführt werden kann.

[0038] Eine Rotationsmaschine 100 enthält einen Rotor 112/130/162. Der Rotor enthält wenigstens ein Laufrad 146/174. Mit dem wenigstens einen Laufrad ist wenigstens eine Laufschaufel 122/124 verbunden. Die wenigstens eine Laufschaufel 122/124 enthält einen Schwalbenschwanzabschnitt 148/176, der konfiguriert ist, um die Laufschaufel mit dem wenigstens einen Laufrad zu koppeln. Die Laufschaufel enthält ferner eine Schaufelplattform 200, die mit einer im Wesentlichen doppel-C-förmigen Gestalt ausgebildet ist.

#### Bezugszeichenliste

##### [0039]

100	Gasturbinenantrieb
102	Lufteinlassabschnitt
104	Verdichterabschnitt
106	Brennkammerabschnitt
108	Turbinenabschnitt
110	Auslassabschnitt
112	Rotoranordnung
114	Antriebswelle
116	Brennkammern
118	Brennstoffdüsenanordnung
120	Last
122	Verdichterschaufeleinrichtung
124	Turbinenschaufeleinrichtung
130	Verdichterrotoranordnung
132	Verdichterstatoranordnung
134	Verdichtergehäuse
136	Strömungspfad
138	axiale Rotormittellinie
140	mehrere Stufen
144	Statorscheufeleinrichtung
146	Verdichterlaufrad
148	Schaufelbefestigungseinrichtung
150	Rotorscheufelblattabschnitt
152	Rotorscheufelspitzenabschnitt
154	Zwischenstufendichtungseinrichtung
156	stromaufwärtiger (Niederdruck-)Bereich des Verdichters
158	Strömungspfeil
160	stromabwärtiger (Hochdruck-)Bereich des Verdichters
162	Turbinenrotoranordnung
164	Turbinenleitapparatanordnungen
166	Turbinengehäuse

168	Strömungspfad
170	mehrere Stufen
172	Leitapparatanordnung
174	Turbinenlaufrad
176	Schaufelbefestigungseinrichtung
177	Schaufelblattabschnitt
178	Zwischenstufendichtungseinrichtung
188	stromaufwärtiger (Hochdruck-)Bereich der Turbine
189	Strömungspfeil
190	stromabwärtiger (Niederdruck-)Bereich der Turbine
200	Schaufelplattform
202	Schaufelblattfussabschnitt
204	Vorderkante
206	Hinterkante
208	vorderer C-förmig geschnittener Abschnitt, vorderer C-Ausschnitt
210	hinterer C-förmig geschnittener Abschnitt, hinterer C-Ausschnitt
212	vorderste Plattformkante
214	hinterste Plattformkante
216	erste vordere zusammentreffende Ecke
218	zweite vordere zusammentreffende Ecke
220	erste hintere zusammentreffende Ecke
222	zweite hintere zusammentreffende Ecke
224	rechteckiger Plattformumriss
226	vorderste Umrisslinie
228	hinterste Umrisslinie
230	Vorderkantenumrisslinie
232	Hinterkantenumrisslinie
233	Schaufelblattsehne
234	Spalt
236	vordere Symmetrieachse
238	hintere Symmetrieachse
240	Schaufelplattformverzweigungsachse
L	Länge
0,5 L	halbe Länge
242	nach aussen sich erstreckende Abschnittskante
244	bogenförmige Abschnittskante



250	eingeleitete kollineare Kräfte
T <sub>1</sub>	erste Dicke
T <sub>2</sub>	zweite Dicke
300	Verfahren
302-314	Verfahrensschritte

### Patentansprüche

1. Laufschaufel (122/124) für eine Rotationsmaschine (100), die einen Rotor (112/130/162) enthält, der wenigstens ein Laufrad (146/174) enthält, wobei die Schaufel einen Schwalbenschwanzabschnitt (148/176), der zur Ankopplung der Laufschaufel an das wenigstens eine Laufrad eingerichtet ist, und eine Schaufelplattform (200) aufweist, die mit einer im Wesentlichen doppel-C-förmigen Gestalt ausgebildet ist.
2. Laufschaufel (122/124) nach Anspruch 1, wobei die Plattform (200) ferner aufweist:  
einen hinteren Abschnitt (210); und  
einen vorderen Abschnitt (208), der als einstückige Einheit mit dem hinteren Abschnitt der Schaufelplattform ausgebildet ist.
3. Laufschaufel (122/124) nach Anspruch 2, wobei der hintere Abschnitt (210) der Schaufelplattform (200) mit einem hinteren C-Ausschnitt (210) innerhalb wenigstens eines Abschnitts der Schaufelplattform ausgebildet ist, wobei der hintere C-Ausschnitt im Wesentlichen axialsymmetrisch ist, wodurch eine hintere Symmetrieachse (238) definiert ist.
4. Laufschaufel (122/124) nach Anspruch 2, wobei der vordere Abschnitt (208) mit einem vorderen C-Ausschnitt (208) innerhalb wenigstens eines Abschnitts der Schaufelplattform (200) ausgebildet ist, wobei der vordere C-Ausschnitt im Wesentlichen axialsymmetrisch ist, wodurch eine vordere Symmetrieachse (236) definiert ist.
5. Laufschaufel (122/124) nach Anspruch 1, die ferner wenigstens einen Schaufelblattabschnitt (150/177) aufweist, der als einstückige Einheit mit der Schaufelplattform (200) ausgebildet ist.
6. Laufschaufel (122/124) nach Anspruch 1, wobei der wenigstens einen Schwalbenschwanzabschnitt (148/176) als einstückige Einheit gemeinsam mit der Schaufelplattform (200) ausgebildet ist.
7. Turbinenantrieb (100), der aufweist:  
einen Rotor (112/130/162), der wenigstens ein Laufrad (146/174) aufweist;  
einen stationären Teil (132/134/164/166), der sich wenigstens teilweise um den Rotor erstreckt; und  
wenigstens eine Laufschaufel (122/124), die einen Schwalbenschwanzabschnitt (148/176), der zur Kopplung der Laufschaufel mit dem wenigstens einen Laufrad eingerichtet ist, und eine Schaufelplattform (200) aufweist, die mit einer im Wesentlichen doppel-C-förmigen Gestalt ausgebildet ist.
8. Turbinenantrieb (100) nach Anspruch 7, wobei die Schaufelplattform (200) ferner aufweist:  
einen hinteren Abschnitt (210); und  
einen vorderen Abschnitt, der als einstückige Einheit gemeinsam mit dem hinteren Abschnitt der Schaufelplattform ausgebildet ist.
9. Turbinenantrieb (100) nach Anspruch 8, wobei der hintere Abschnitt (210) der Schaufelplattform (200) mit einem hinteren C-Ausschnitt 210 innerhalb wenigstens eines Abschnitts der Schaufelplattform ausgebildet ist, wobei der hintere C-Ausschnitt im Wesentlichen axialsymmetrisch ist, wodurch eine hintere Symmetrieachse (238) definiert ist..
10. Turbinenantrieb (100) nach Anspruch 8, wobei der vordere Abschnitt (208) mit einem vorderen C-Ausschnitt (208) innerhalb wenigstens eines Abschnitts der Schaufelplattform (200) ausgebildet ist, wobei der vordere C-Ausschnitt im Wesentlichen axialsymmetrisch ist, wodurch eine vordere Symmetrieachse (236) definiert ist.

FIG. 1

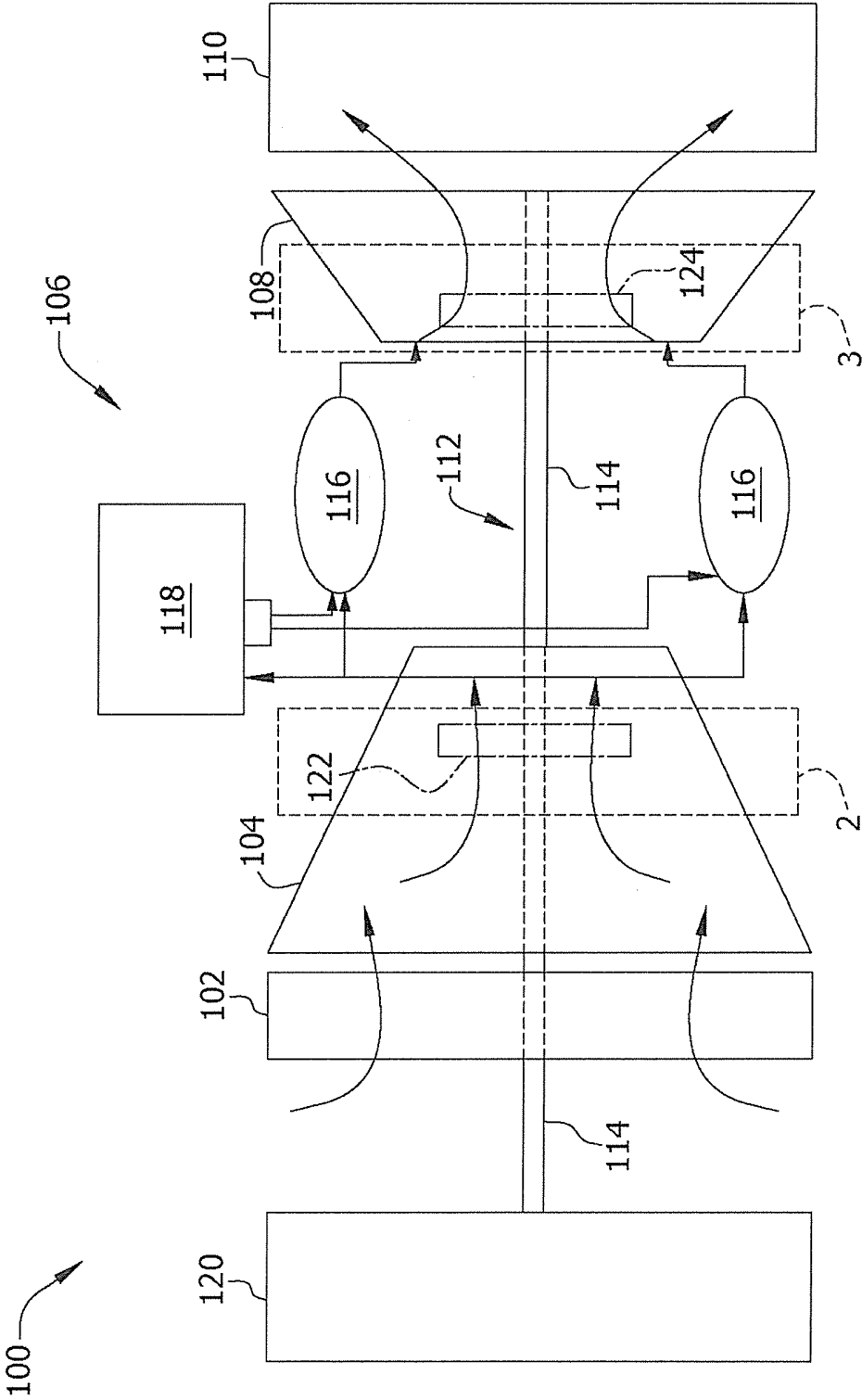


FIG. 2

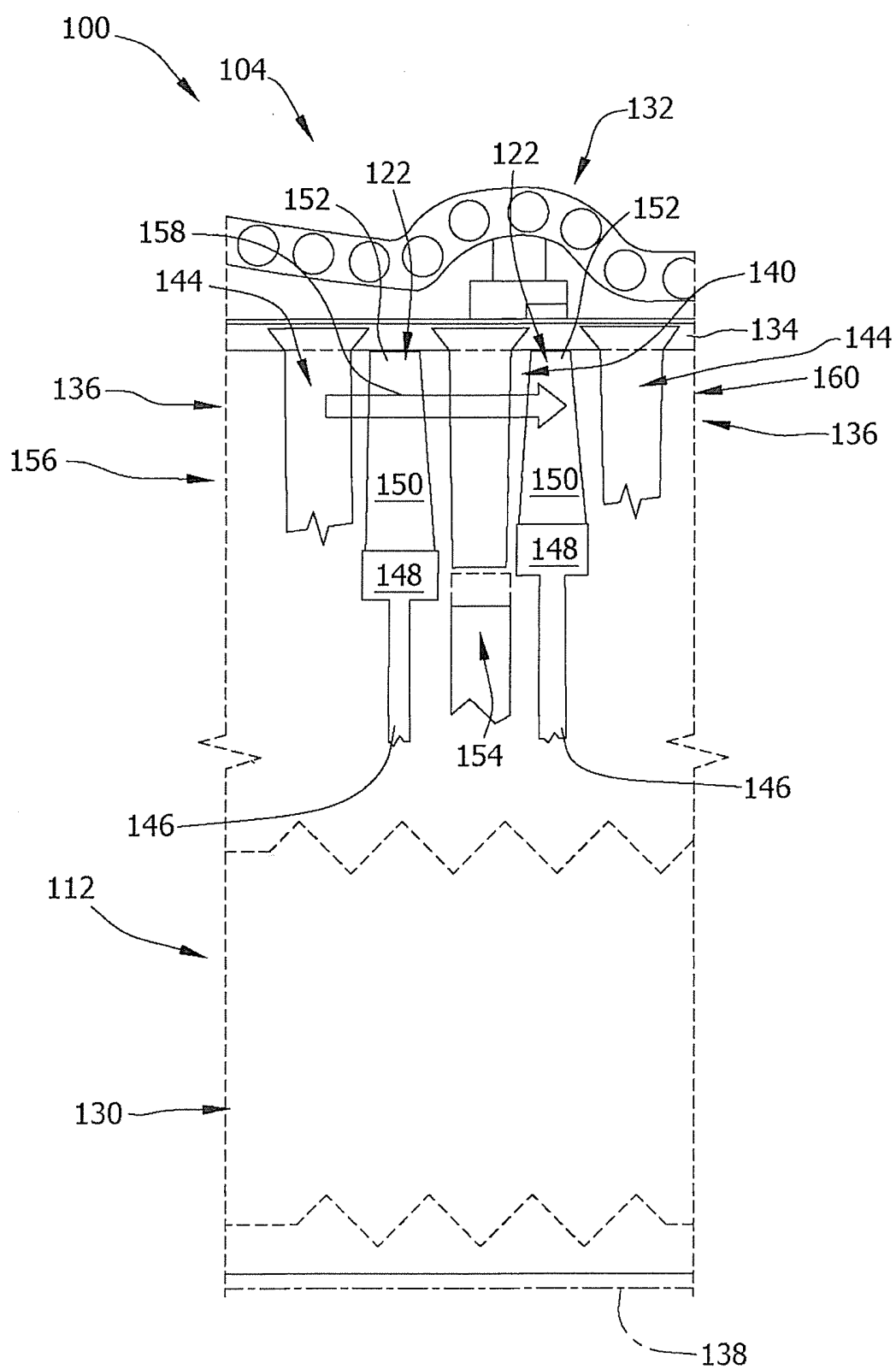


FIG. 3

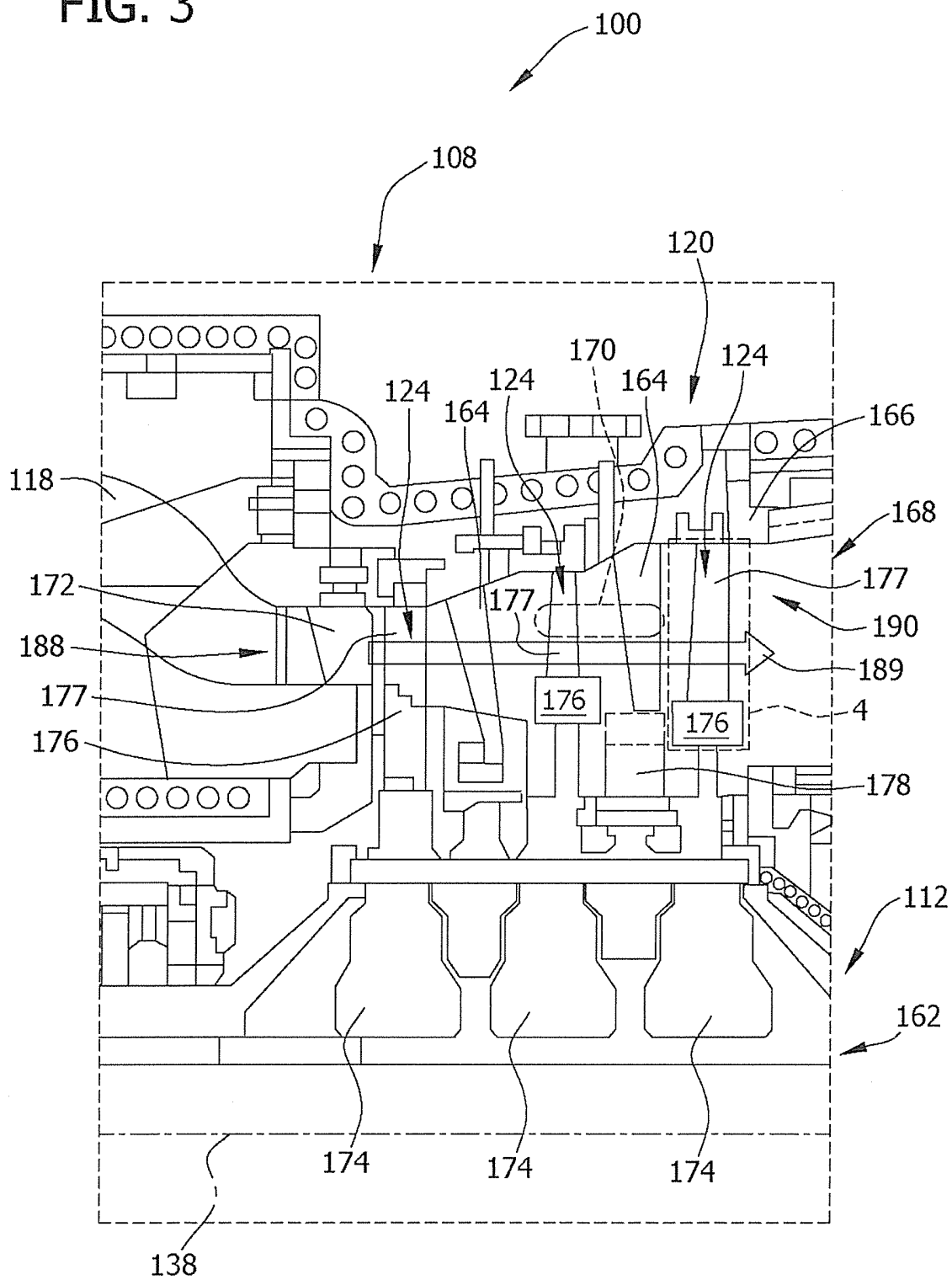


FIG. 4

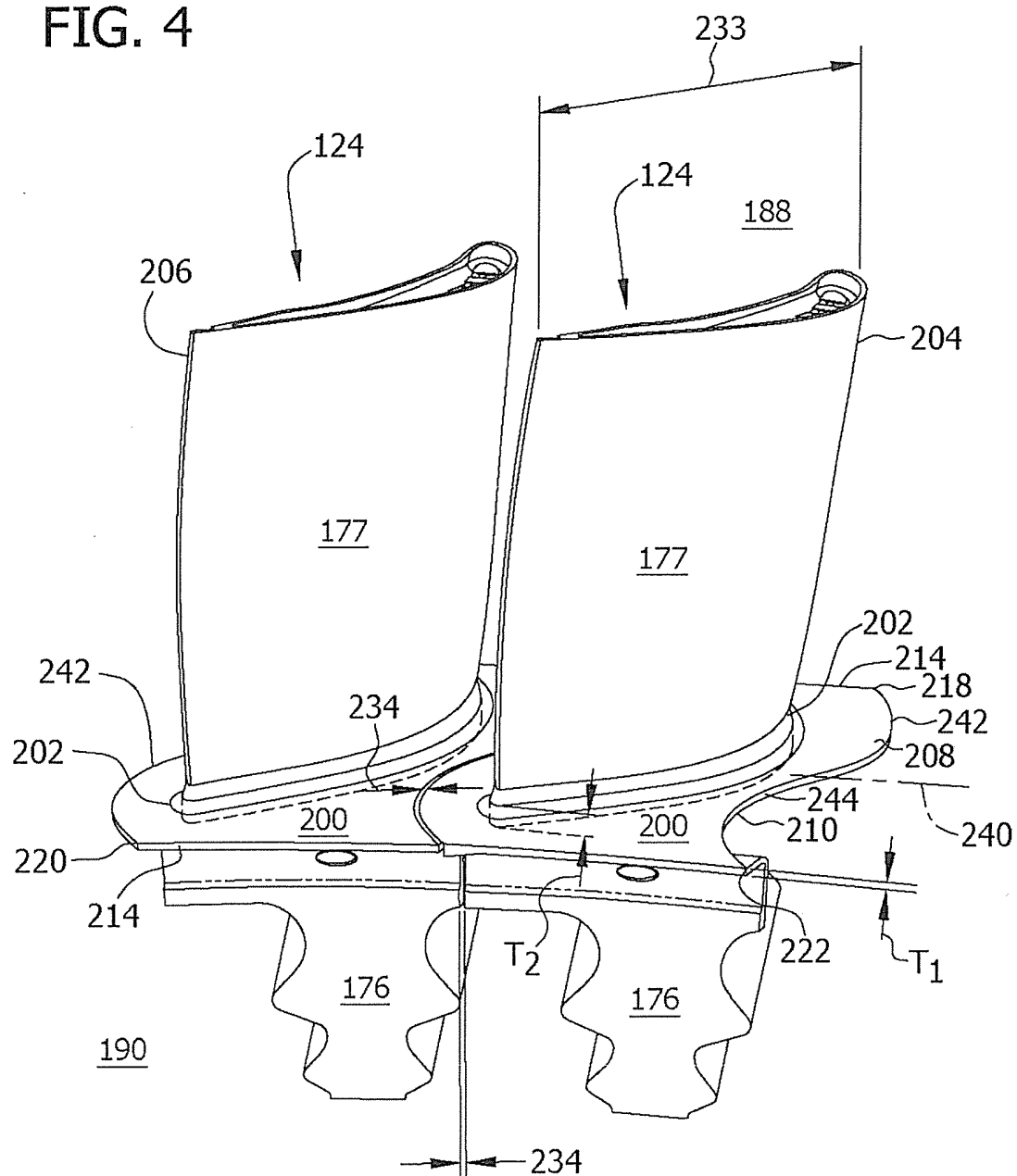


FIG. 5

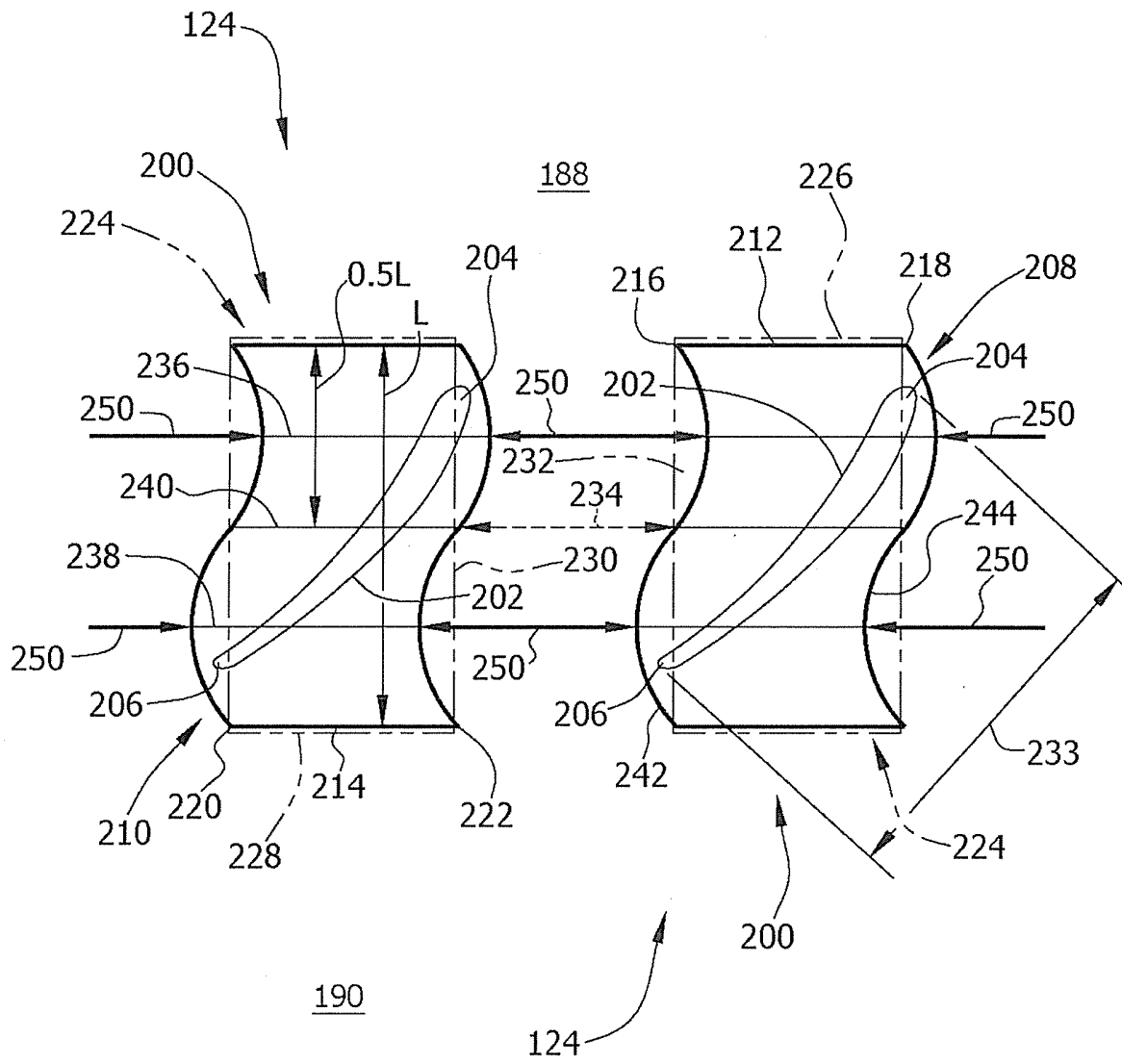


FIG. 6

