



(10) **DE 10 2011 054 550 B4** 2022.06.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 054 550.6**
(22) Anmeldetag: **17.10.2011**
(43) Offenlegungstag: **26.04.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.06.2022**

(51) Int Cl.: **F01D 5/10** (2006.01)
F01D 5/30 (2006.01)
F01D 9/02 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
12/908,839 **20.10.2010** **US**

(73) Patentinhaber:
GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady, N. Y., US

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

(72) Erfinder:
Delvaux, John McConnell, Greenville, S.C., US

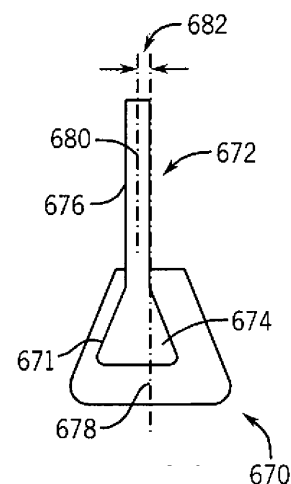
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	4 084 922	A
US	3 006 503	A
US	2 990 156	A
US	4 142 836	A
EP	1 905 954	A1

(54) Bezeichnung: **Rotationsmaschine mit Nuten zur Steuerung der Fluidodynamik**

(57) Hauptanspruch: System, das aufweist:
eine Rotationsmaschine, die aufweist:
einen Stator (600);
einen Rotor (570), der konfiguriert ist, um relativ zu dem Stator (540, 600) zu rotieren;
mehrere Axialnuten (573, 603), die an einem Umfang des Stators (600) oder des Rotors angeordnet sind;
mehrere Schaufelsegmente (672), die an dem Umfang angeordnet sind, wobei jedes Schaufelsegment (672) der mehreren Schaufelsegmente (672) eine Schaufel (676) aufweist, die mit einem Schaufelfuß (674) gekoppelt ist, der in einer jeweiligen Axialnut (573, 603) der mehreren Axialnuten (573, 603) gehalten ist, und wobei die mehreren Schaufeln (676) einen ungleichmäßigen Schaufelabstand um den Umfang aufweisen;
wobei die mehreren Schaufelsegmente (672) mehrere uneinheitliche Schaufelmontageadapter (670) aufweisen, wobei jeder einzelne uneinheitliche Schaufelmontageadapter (670) zwischen einer jeweiligen einzelnen Axialnut (573, 603) der mehreren Axialnuten (573, 603) und einem jeweiligen einzelnen Schaufelfuß (674) der mehreren Schaufelsegmente (672) angeordnet ist;
wobei jeder uneinheitliche Schaufelmontageadapter (670) eine Montageaufnahme zur Aufnahme eines Schaufelfußes (674) eines jeweiligen einzelnen Schaufelsegmentes (672) der mehreren Schaufelsegmente (672) aufweist; und
wobei die mehreren uneinheitlichen Schaufelmontageadapter (670) wenigstens zwei verschiedene Schaufelmontageadapter (670) mit Montageaufnahmen aufweisen, die

unterschiedlich in Bezug auf eine Mittellinie (678) des jeweiligen Schaufelmontageadapters (670) zu einer Seite des Schaufelmontageadapters (670) hin verschoben sind.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Der hier beschriebene Gegenstand betrifft Rotationsmaschinen und insbesondere Turbinen und Verdichter, die an einem Rotor angeordnete Laufschaufeln oder an einem Stator angeordnete Leitschaufeln aufweisen.

[0002] Turbinenantriebe extrahieren Energie aus einer Fluidströmung und wandeln die Energie in Nutzarbeit um. Zum Beispiel verbrennt ein Gasturbinenantrieb ein Brennstoff-Luft-Gemisch, um heiße Verbrennungsgase zu erzeugen, die anschließend durch Turbinenlaufschaufeln strömen, um einen Rotor anzutreiben. Bedauerlicherweise rufen die rotierenden Turbinenlaufschaufeln Wirbelschleppen und Kopfwellen hervor, die Strukturen in dem Gasturbinenantrieb anregen können. Zum Beispiel können die Wirbelschleppen und Kopfwellen Vibrationen, vorzeitigen Verschleiß und eine Beschädigung an Leitschaufeln, Leitapparaten, Schaufelblättern und anderen Strukturen in dem Strömungspfad der heißen Verbrennungsgase verursachen. Außerdem kann die periodische Art der Wirbelschleppen und Kopfwellen ein resonantes Verhalten in dem Gasturbinenantrieb hervorrufen, wodurch in dem Gasturbinenantrieb Schwingungen mit zunehmend größerer Amplitude erzeugt werden.

[0003] US 2 990 156 A beschreibt ein System mit einer Rotationsmaschine mit mehreren Rotorschaufelsegmenten, die an dem Umfang einer Rotorwelle in zugehörigen Axialnuten angeordnet sind, wobei jedes Schaufelsegment eine Schaufel aufweist, die mit einem Schaufelfuß gekoppelt ist, der in einer jeweiligen Axialnut gehalten ist. Die Axialnuten weisen einen ungleichmäßigen Nutabstand um den Umfang herum auf, so dass die mehreren Schaufeln einen ungleichmäßigen Schaufelabstand um den Umfang aufweisen.

[0004] US 4 084 922 A beschreibt einen Rotor für eine Gasturbine mit mehreren um den Umfang einer Rotorwelle herum ungleichmäßig voneinander beabstandeten Rotorschaufeln. Jede Rotorschaufel weist eine Schaufel und einen schwalbenschwanzförmigen Schaufelfuß auf. Ein Montageadapter ist dazu eingerichtet, zwei benachbarte Rotorschaufeln in einer einzelnen Axialnut von mehreren Axialnuten zu befestigen, die um den Umfang der Rotorwelle herum gleichmäßig beabstandet ausgebildet sind. Der Montageadapter weist eine tannenbaumförmige Basis zur Montage in einer Axialnut der mehreren Axialnuten und eine Montageaufnahme zur Aufnahme der Schaufelfüße der beiden benachbarten Rotorschaufeln auf. Die beiden benachbarten Rotorschaufeln, die gemeinsam in einem Montageadapter aufgenommen sind, sind jeweils unterschiedlich aus-

gebildet, indem deren Schaufelblätter in anderen Positionen an ihrem jeweiligen Schaufelfuß angeordnet sind, wodurch der ungleichmäßige Abstand der Schaufeln um den Umfang erhalten wird.

[0005] US 4 142 836 A und EP 1 905 954 A1 beschreiben weitere Rotoranordnungen für Rotationsmaschinen mit Schaufelmontageadaptoren, die jeweils zwischen einer jeweiligen einzelnen Axialnut von mehreren Axialnuten, die um den Umfang einer Rotorwelle gleichmäßig beabstandet angeordnet sind, und einem jeweiligen einzelnen Schaufelfuß eines Schaufelsegmentes von mehreren Schaufelsegmenten angeordnet sind, wobei die Schaufeln der Schaufelsegmente in gleichmäßigem Abstand zueinander angeordnet sind.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein System mit einer Rotationsmaschine mit mehreren Rotor- und/oder Statorschaufeln zu schaffen, bei der die Wirbelschleppen und Kopfwellen im Betrieb reduziert und die damit verbundenen Gefahren von resonanten Verhalten und Beschädigungen verringert sind.

[0007] Zur Lösung dieser Aufgabe ist gemäß der Erfindung ein System geschaffen, das eine Rotationsmaschine aufweist, die enthält: einen Stator, einen Rotor, der eingerichtet ist, um relativ zu dem Stator zu rotieren, mehrere Axialnuten, die an einem Umfang des Stators oder des Rotors angeordnet sind, mehrere Schaufelsegmente, die an dem Umfang angeordnet sind, wobei jedes Schaufelsegment der mehreren Schaufelsegmente eine Schaufel aufweist, die mit einem Schaufelfuß gekoppelt ist, der in einer jeweiligen Axialnut der mehreren Axialnuten gehalten ist, und wobei die mehreren Schaufeln einen ungleichmäßigen Schaufelabstand um den Umfang aufweisen. Hierzu weisen die mehreren Schaufelsegmente mehrere uneinheitliche Schaufelmontageadapter auf, wobei jeder einzelne uneinheitliche Schaufelmontageadapter zwischen einer jeweiligen einzelnen Axialnut der mehreren Axialnuten und einem jeweiligen einzelnen Schaufelfuß der mehreren Schaufelsegmente angeordnet ist, wobei jeder uneinheitliche Schaufelmontageadapter eine Montageaufnahme zur Aufnahme eines Schaufelfußes eines jeweiligen einzelnen Schaufelsegmentes der mehreren Schaufelsegmente aufweist und wobei die mehreren uneinheitlichen Schaufelmontageadapter wenigstens zwei verschiedene Schaufelmontageadapter mit Montageaufnahmen aufweisen, die unterschiedlich in Bezug auf eine Mittellinie des jeweiligen Schaufelmontageadapters zu einer Seite des Schaufelmontageadapters hin verschoben sind.

Figurenliste

[0008] Diese und andere Merkmale, Gesichtspunkte und Vorteile der vorliegenden Erfindung sind besser verständlich, wenn die folgende detaillierte Beschreibung mit Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Bezugszeichen durch die Zeichnungen hindurch durchweg gleiche Teile bezeichnen, worin:

Fig. 1 ist ein Schnitt einer Ausführungsform einer Gasturbine entlang der Längsachse;

Fig. 2 ist eine Vorderansicht einer Ausführungsform eines Rotors mit einem ungleichmäßigen Abstand von Laufschaufeln;

Fig. 3 ist eine Vorderansicht einer Ausführungsform eines Rotors mit einem ungleichmäßigen Abstand von Laufschaufeln;

Fig. 4 ist eine Vorderansicht einer Ausführungsform eines Rotors mit ungleichmäßigem Abstand von Laufschaufeln;

Fig. 5 ist eine Perspektivansicht einer Ausführungsform mit drei Rotoren, wobei jeder Rotor einen anderen ungleichmäßigen Abstand der Laufschaufeln aufweist;

Fig. 6 ist ein Ausschnitt einer Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Rotors mit unterschiedlich großen Abstandhalten zwischen Laufschaufeln;

Fig. 7 ist eine Draufsicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Rotors mit unterschiedlich großen Abstandhalten zwischen Laufschaufeln;

Fig. 8 ist eine Draufsicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Rotors mit unterschiedlich großen Abstandhalten zwischen Laufschaufeln;

Fig. 9 ist eine Vorderansicht einer Ausführungsform einer Laufschaufel mit T-förmiger Geometrie;

Fig. 10 ist ein Ausschnitt einer als solche nicht beanspruchten Vorderansicht eines Rotors mit Laufschaufeln, die unterschiedlich große Schaufelfüße aufweisen;

Fig. 11 ist eine Draufsicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Rotors mit Laufschaufeln, die unterschiedlich große Schaufelfüße aufweisen;

Fig. 12 ist eine Draufsicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Rotors mit Laufschaufeln, die unterschiedlich große Schaufelfüße aufweisen;

Fig. 13 ist ein Ausschnitt einer Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Stators mit unterschiedlich großen Abstandhalten zwischen Leitschaufeln; und

Fig. 14 ist ein Ausschnitt einer Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Stators mit Leitschaufeln mit unterschiedlich großen Füßen;

Fig. 15 ist ein Ausschnitt einer Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Rotors mit ungleichmäßig beabstandeten Nuten;

Fig. 16 ist ein Ausschnitt einer Perspektivansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Rotors mit ungleichmäßig beabstandeten axialen Nuten;

Fig. 17 ist ein Ausschnitt einer Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Stators mit ungleichmäßig beabstandeten Nuten;

Fig. 18 ist ein Ausschnitt einer Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Rotors mit ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln mit ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufelfüßen in axialen Nuten;

Fig. 19 ist ein Ausschnitt einer Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Stators mit ungleichmäßig beabstandeten Leitschaufeln mit ungleichmäßig beabstandeten Leitschaufelfüßen in axialen Nuten;

Fig. 20 ist eine Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Schaufelsegmentes, wobei die Schaufel auf dem Schaufelfuß zentriert ist;

Fig. 21 ist eine Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Schaufelsegmentes, wobei die Schaufel zu der linken Seite der Schaufelfußmitte verschoben ist;

Fig. 22 ist eine Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Schaufelsegmentes, wobei die Schaufel zu der rechten Seite der Schaufelfußmitte verschoben ist;

Fig. 23 ist eine Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Schaufelmontageadapters und eines Schaufelsegmentes, das in dem Schaufelmontageadapter montiert ist, wobei das Schaufelsegment in dem Schaufelmontageadapter zentriert ist;

Fig. 24 ist eine Vorderansicht einer erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Schaufelmontageadapters und eines Schaufelsegmentes

innerhalb des Schaufelmontageadapters, wobei das Schaufelsegment zu der linken Seite der Schaufelmontageadaptermitte hin verschoben ist; und

Fig. 25 ist eine Vorderansicht einer erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Schaufelmontageadapters und eines Schaufelsegmentes innerhalb des Schaufelmontageadapters, wobei das Schaufelsegment zu der rechten Seite der Schaufelmontageadaptermitte hin verschoben ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0009] Nachstehend sind eine oder mehrere spezifische Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben. Im Bestreben eine kurzgefasste Beschreibung dieser Ausführungsformen zu liefern, sind eventuell nicht alle Merkmale einer tatsächlichen Implementierung in der Beschreibung erfasst. Es sollte zur Kenntnis genommen werden, dass bei der Entwicklung einer derartigen tatsächlichen Implementierung, wie bei jedem Konstruktions- oder Planungsprojekt, zahlreiche implementierungsspezifische Entscheidungen getroffen werden müssen, um die spezifischen Ziele der Entwickler zu erreichen, zum Beispiel, wenn system- oder geschäftsbezogene Beschränkungen einzuhalten sind, die von Implementierung zu Implementierung variieren können. Es sollte ebenfalls zur Kenntnis genommen werden, dass derartige Entwicklungsanstrengungen zwar komplex und zeitaufwendig sein können, aber für Durchschnittsfachleute mithilfe dieser Offenbarung ein Routinevorhaben darstellen würden.

[0010] Bei der Einführung von Elementen verschiedener Ausführungsformen sollen die Artikel „ein“, „eine“, „der“, „die“ und „das“ bedeuten, dass es sich um ein oder mehrere Elemente handelt. Die Begriffe „umfassen“, „einschließen“ und „aufweisen“ sind einschließlich gemeint und besagen, dass abgesehen von den aufgeführten Elementen weitere Elemente vorhanden sein können.

[0011] Die offenbarten Ausführungsformen sind auf einen ungleichmäßigen Teilungsabstand von Schaufeln in einer Rotationsmaschine oder Turbomaschine, beispielsweise einer Turbine oder einem Verdichter, gerichtet, um die Entstehung von Wirbelschleppen und Kopfwellen zu reduzieren. Wie nachstehend erläutert, reduziert oder eliminiert der ungleichmäßige Abstand zwischen den Schaufeln die periodische Eigenschaft der Wirbelschleppen und Kopfwellen, wodurch die Möglichkeit eines resonanten Verhaltens in der Rotationsmaschine reduziert wird. In anderen Worten kann der ungleichmäßige Abstand zwischen den Laufschaufeln und Leitschaufeln die Fähigkeit der Wirbelströmung und Kopfwellen, aufgrund eines periodischen Abstands

zwischen den Laufschaufeln und Leitschaufeln und somit einer periodischen Antriebskraft der Wirbelströmung und Kopfwellen ihre Amplitude zu vergrößern, reduzieren oder beseitigen. Stattdessen kann der ungleichmäßige Abstand zwischen den Laufschaufeln und Leitschaufeln die Antwort von anderen rotierenden und stationären Schaufelblättern oder Strukturen, die durch die Wirbelschleppen und Kopfwellen infolge ihrer nicht periodischen Erzeugung verursacht werden, dämpfen und reduzieren. In manchen nicht unter die beanspruchte Erfindung fallenden Ausführungsformen kann der ungleichmäßige Abstand zwischen den Laufschaufeln mit unterschiedlich groß bemessenen Abstandshaltern zwischen benachbarten Schaufeln, unterschiedlich bemessenen Schaufelfüßen von benachbarten Schaufeln, einem ungleichmäßigen Abstand zwischen Axialnuten oder einer Verschiebung der Position eines Schaufelblattes oberhalb seines Fußes oder erfindungsgemäß durch Verwendung von axialen Halterungen oder Montageadaptern, die einen Schaufelblattfuß und sein Schaufelblatt verschieben, erreicht werden. Der ungleichmäßige Abstand zwischen den Schaufeln kann sowohl einen ungleichmäßigen Teilungsabstand der Schaufeln um einen Umfang einer bestimmten Stufe (z.B. Turbinen- oder Verdichterstufe) herum, einen ungleichmäßigen Teilungsabstand der Schaufeln von einer Stufe zur anderen oder eine Kombination hiervon enthalten. Der ungleichmäßige Schaufelabstand reduziert und dämpft in effektiver Weise die Wirbelschleppen und Kopfwellen, die durch die rotierenden Laufschaufeln erzeugt werden, wodurch die Möglichkeit einer Vibration, eines vorzeitigen Verschleißes und einer Beschädigung, die durch derartige Wirbelschleppen und Kopfwellen an rotierenden und stationären Schaufelblättern oder Strukturen verursacht werden, reduziert wird. Während die folgenden Ausführungsformen in dem Zusammenhang einer Gasturbine erläutert sind, versteht es sich, dass eine beliebige Turbine einen ungleichmäßigen Schaufelabstand verwenden kann, um ein resonantes Verhalten in stationären Teilen zu dämpfen und zu reduzieren. Außerdem soll die Offenbarung Rotationsmaschinen abdecken, die andere Fluide als Luft, wie beispielsweise Wasser, Dampf, etc. führen.

[0012] Die offenbarten Ausführungsformen eines ungleichmäßigen Teilungsabstands oder einer modifizierten Anzahl von rotierenden Laufschaufeln oder stationären Leitschaufeln können in einer beliebigen geeigneten Rotationsmaschine, wie beispielsweise Turbinen, Verdichtern und Rotationspumpen genutzt werden. Jedoch werden für die Zwecke der Erläuterung die offenbarten Ausführungsformen im Zusammenhang mit einem Gasturbinenantrieb dargestellt.

Fig. 1 zeigt eine im Querschnitt dargestellte Seitenansicht einer Ausführungsform einer Gasturbine 150. Wie nachstehend näher beschrieben, kann ein ungleichmäßiger Teilungsabstand oder eine modifi-

zierte Anzahl der rotierenden Laufschaufeln oder stationären Leitschaufeln in der Gasturbine 150 verwendet werden, um periodische Schwingungen, Vibration und/oder ein harmonisches Verhalten von Wirbelschleppen und Kopfwellen in der Fluidströmung zu reduzieren und/oder zu dämpfen. Zum Beispiel kann ein ungleichmäßiger Abstand oder eine modifizierte Anzahl von rotierenden Laufschaufeln oder stationären Leitschaufeln in einem Verdichter 152 und einer Turbine 154 der Gasturbine 150 verwendet werden. Außerdem kann der ungleichmäßige Abstand oder eine modifizierte Anzahl von rotierenden Laufschaufeln oder stationären Leitschaufeln in einer einzelnen Stufe oder mehreren Stufen des Verdichters 152 und der Turbine 154 verwendet werden und von einer Stufe zur anderen variieren.

[0013] Bei der dargestellten Ausführungsform umfasst die Gasturbine (der Gasturbinenantrieb) 150 einen Lufteinlassabschnitt 156, den Verdichter 152, eine oder mehrere Brennkammern 158, die Turbine 154 und einen Abgasabschnitt 160. Der Verdichter 152 umfasst mehrere Verdichterstufen 162 (z.B. 1 bis 20 Stufen), von denen jede eine Mehrzahl sich drehender Verdichterlaufschaufeln 164 und feststehender Verdichterleitschaufeln 166 aufweist. Der Verdichter 152 ist so eingerichtet, dass er Luft aus dem Lufteinlassabschnitt 156 aufnimmt und den Luftdruck in den Verdichterstufen 162 zunehmend erhöht. Schließlich leitet die Gasturbine 150 die verdichtete Luft vom Verdichter 152 zu der einen Brennkammer bzw. den mehreren Brennkammern 158. Jede Brennkammer 158 ist so eingerichtet, dass die verdichtete Luft mit Brennstoff vermischt und das Brennstoff-Luft-Gemisch verbrannt wird und die heißen Verbrennungsgase zur Turbine 154 geleitet werden. Dementsprechend enthält jede Brennkammer 158 eine oder mehrere Brennstoffdüsen 168 und ein Übergangsstück 170, das zu der Turbine 154 hin führt. Die Turbine 154 umfasst mehrere Turbinenstufen 172 (z.B. 1 bis 20 Stufen), beispielsweise die Stufen 174, 176 und 178, von denen jede eine Mehrzahl sich drehender Turbinenlaufschaufeln 180 und feststehender Turbinenleitschaufeln 182 aufweist. Die Turbinenlaufschaufeln 180 sind wiederum mit zugehörigen Laufrädern 184 verbunden, die mit einer sich drehenden Welle 186 verbunden sind. Die Turbine 154 ist so eingerichtet, dass sie die heißen Verbrennungsgase aus den Brennkammern 158 aufnimmt und den heißen Verbrennungsgasen zunehmend Energie zum Antreiben der Turbinenlaufschaufeln 180 in den Turbinenstufen 172 entzieht. Während die heißen Verbrennungsgase das Drehen der Turbinenlaufschaufeln 180 bewirken, dreht sich die Welle 186, um den Verdichter 152 und eine beliebige andere geeignete Last, beispielsweise einen elektrischen Generator, anzutreiben. Schließlich verbreitet die Gasturbine 150 die Verbrennungsgase und lässt sie durch den Abgasabschnitt 160 aus.

[0014] Wie später noch ausführlich erörtert wird, können in dem Verdichter 152 und der Turbine 154 vielfältige Ausführungsformen von ungleichmäßigen Abständen oder einer modifizierten Anzahl von rotierenden Laufschaufeln oder feststehenden Leitschaufeln verwendet werden, um die Fluidodynamik so abzustimmen, dass ein unerwünschtes Verhalten wie Resonanz und Vibration reduziert wird. Zum Beispiel kann, wie bezogen auf die **Fig. 2-14** erörtert, die zum Teil nicht zu der Erfindung gehörende Ausführungsbeispiele veranschaulichen, eine ungleichmäßige Beabstandung der Verdichterlaufschaufeln 164, der Verdichterleitschaufeln 166, der Turbinenlaufschaufeln 180 und/oder der Turbinenleitschaufeln 182 gewählt werden, um die in der Gasturbine 150 erzeugten Wirbelschleppen und Kopfwellen zu reduzieren, zu dämpfen oder ihre Frequenz zu verschieben. In ähnlicher Weise sind, wie unter Bezugnahme auf die **Fig. 15-17** erläutert, die nicht zu der Erfindung gehörende Ausführungsbeispiele veranschaulichen, die Laufschaufeln und/oder Leitschaufeln aufgrund des ungleichmäßigen Abstands zwischen den Nuten um den Stator und/oder Rotor ungleichmäßig voneinander beabstandet. Somit kann die Nutplatzierung an dem Stator und/oder Rotor ausgewählt sein, um die Wirbelschleppen und Kopfwellen, die in der Gasturbine 150 erzeugt werden, zu reduzieren, zu dämpfen oder deren Frequenz zu verschieben. Außerdem kann, wie unter Bezugnahme auf die **Fig. 18-22** erläutert, die nicht zu der Erfindung gehörende Ausführungsbeispiele veranschaulichen, eine Bewegung der Laufschaufel auf dem Laufschaufelfuß die Laufschaufeln ungleichmäßig beabstanden und dabei einen gleichmäßigen Abstand zwischen den Laufschaufelfüßen und Nuten aufrechterhalten. Somit werden die Wirbelschleppen und Kopfwellen, die in der Gasturbine 150 erzeugt werden, reduziert, gedämpft oder hinsichtlich der Frequenz verschoben. Schließlich kann, wie unter Bezugnahme auf die **Fig. 23-25** erläutert, gemäß Ausführungsformen der Erfindung ein Schaufelmontageadapter die Schaufeln durch Verschiebung des Schaufelblattfußes und des zugehörigen Schaufelblattes in gleichmäßig voneinander beabstandeten Nuten ungleichmäßig voneinander beabstanden. Dies reduziert, dämpft oder verschiebt die Frequenz der Wirbelschleppen und Kopfwellen, die in der Turbine erzeugt werden, wodurch das Leistungsverhalten verbessert und die Langlebigkeit der Gasturbine 150 verlängert wird.

[0015] **Fig. 2** ist eine Vorderansicht einer Ausführungsform eines Rotors 200 mit ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln. Bei bestimmten Ausführungsformen kann der Rotor 200 in einer Turbine, einem Verdichter oder einer anderen Rotationsmaschine angeordnet sein. Der Rotor 200 kann beispielsweise in einer Gasturbine, einer Dampfturbine, einer Wasserturbine oder einer beliebigen Kombination aus diesen angeordnet sein. Der Rotor 200 kann

weiter in mehreren Stufen einer Rotationsmaschine eingesetzt werden, wobei alle dieselbe Anordnung oder unterschiedliche Anordnungen der ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln aufweisen können.

[0016] Der dargestellte Rotor 200 weist ungleichmäßig beabstandete Laufschaufeln 208 auf, was sich so beschreiben lässt, dass der Rotor 200 durch eine Zwischenlinie 206 in zwei gleiche Abschnitte 202 und 204 (z.B. von jeweils 180 Grad) unterteilt wird. Bei bestimmten Ausführungsformen kann jeder der Abschnitte 202 und 204 eine andere Anzahl von Laufschaufeln 208 aufweisen, wodurch eine ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln hergestellt wird. Der dargestellte obere Abschnitt 202 weist zum Beispiel drei Laufschaufeln 208 auf, während der dargestellte untere Abschnitt 204 sechs Laufschaufeln 208 aufweist. Der obere Abschnitt 202 weist also halb so viele Laufschaufeln 208 auf wie der untere Abschnitt 204. Bei anderen Ausführungsformen können sich der obere und der untere Abschnitt 202 und 204 hinsichtlich der Anzahl der Laufschaufeln 208 um circa 1 bis 1,005, 1 bis 1,01, 1 bis 1,02, 1 bis 1,05 oder 1 bis 3 unterscheiden. Zum Beispiel kann der Prozentanteil der Laufschaufeln 208 des oberen Abschnitts 202 im Verhältnis zum unteren Abschnitt 204 im Bereich von circa 50 bis 99,99 Prozent, 75 bis 99,99 Prozent, 95 bis 99,99 Prozent oder 97-99,99 Prozent liegen. Es kann jedoch jede Differenz zwischen der Anzahl der Laufschaufeln 208 im oberen Abschnitt 202 und im unteren Abschnitt 204 genutzt werden, um die mit der Drehung der Laufschaufeln 208 verbundenen Wirbelschleppen und Kopfwellen an stationären Schaufelblättern oder Strukturen zu reduzieren und zu dämpfen.

[0017] Die Laufschaufeln 208 können außerdem innerhalb jedes Abschnitts 202 und 204 gleichmäßig oder ungleichmäßig beabstandet sein. Beispielsweise sind bei der dargestellten Ausführungsform die Laufschaufeln im oberen Abschnitt 202 durch einen ersten Abstand 210 in Umfangsrichtung (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet, während die Laufschaufeln 208 im unteren Abschnitt 204 durch einen zweiten Abstand 212 in Umfangsrichtung (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet sind. Obwohl die Beabstandung innerhalb des jeweiligen Abschnitts 202 bzw. 204 gleichmäßig ist, unterscheidet sich der Umfangsabstand 210 von dem Umfangsabstand 212. Bei anderen Ausführungsformen kann der Umfangsabstand 210 in Umfangsrichtung im oberen Abschnitt 202 von einer Laufschaufel 208 zur anderen variieren, und/oder der Umfangsabstand 212 im unteren Abschnitt 204 kann von einer Laufschaufel 208 zur anderen variieren. Bei jeder dieser Ausführungsformen ist der ungleichmäßige Schaufelabstand so eingerichtet, dass die Möglichkeit einer Resonanz an feststehenden Schaufelblättern und Strukturen aufgrund

periodischer Erzeugung von Wirbelschleppen und Kopfwellen durch sich drehende Schaufelblätter oder Strukturen reduziert wird. Durch die ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln können die Wirbelströmungen und Kopfwellen aufgrund ihrer nichtperiodischen Erzeugung durch die ungleichmäßigen sich drehenden Schaufelblätter oder Strukturen wirkungsvoll gedämpft und reduziert werden. Auf diese Weise ist die ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln in der Lage, die Auswirkungen von Wirbelschleppen und Kopfwellen auf verschiedene stromabwärtige Komponenten, beispielsweise Leitschaufeln, Leitapparate, Statorn, Schaufelblätter usw., zu verringern.

[0018] Fig. 3 zeigt eine Vorderansicht einer Ausführungsform eines Rotors 220 mit ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln. Bei bestimmten Ausführungsformen kann der Rotor 220 in einer Turbine, einem Verdichter oder einer anderen Rotationsmaschine angeordnet sein. Der Rotor 220 kann beispielsweise in einer Gasturbine, einer Dampfturbine, einer Wasserturbine oder einer beliebigen Kombination aus diesen angeordnet sein. Der Rotor 220 kann weiter in mehreren Stufen einer Rotationsmaschine eingesetzt werden, wobei alle dieselbe Anordnung oder unterschiedliche Anordnungen der ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln aufweisen können.

[0019] Der dargestellte Rotor 220 weist ungleichmäßig beabstandete Laufschaufeln 234 auf, was sich so beschreiben lässt, dass der Rotor 220 durch die Zwischenlinien 230 und 232 in vier gleiche Abschnitte 222, 224, 226 und 228 (z.B. von jeweils 90 Grad) unterteilt wird. Bei bestimmten Ausführungsformen können einer oder mehrere der Abschnitte 222, 224, 226 und 228 im Verhältnis zu den anderen Abschnitten eine andere Anzahl von Laufschaufeln 234 aufweisen, wodurch ein ungleichmäßiger Schaufelabstand hergestellt wird. Zum Beispiel können die Abschnitte 222, 224, 226 und 228 1, 2, 3 oder 4 verschiedene Anzahlen von Laufschaufeln 234 in den jeweiligen Abschnitten aufweisen. Bei der dargestellten Ausführungsform weist jeder der Abschnitte 222, 224, 226 und 228 eine andere Anzahl von Laufschaufeln 234 auf. Der Abschnitt 222 weist 3 Laufschaufeln auf, die durch einen Abstand 236 in Umfangsrichtung gleichmäßig zueinander beabstandet sind, der Abschnitt 224 weist 6 Laufschaufeln auf, die durch einen Abstand 238 in Umfangsrichtung gleichmäßig zueinander beabstandet sind, der Abschnitt 226 weist 2 Laufschaufeln auf, die durch einen Abstand 240 in Umfangsrichtung gleichmäßig zueinander beabstandet sind, und der Abschnitt 228 weist 5 Laufschaufeln auf, die durch einen Abstand 242 in Umfangsrichtung gleichmäßig zueinander beabstandet sind. Bei dieser Ausführungsform weisen die Abschnitte 224 und 226 eine gerade, aber unterschiedliche Anzahl von Laufschaufeln 234 auf, während die Abschnitte 222 und 228 eine ungerade,

sogar unterschiedliche Anzahl von Laufschaufeln 234 aufweisen. Bei anderen Ausführungsformen können die Abschnitte 222, 224, 226 und 228 eine beliebige Konfiguration aus geraden und ungeraden Anzahlen von Laufschaufeln 234 aufweisen, vorausgesetzt, dass zumindest ein Abschnitt im Verhältnis zu den verbleibenden Abschnitten eine abweichende Anzahl von Laufschaufeln 234 aufweist. Zum Beispiel können die Abschnitte 222, 224, 226 und 228 hinsichtlich der Anzahl von Laufschaufeln 234 in Bezug aufeinander um circa 1 bis 1,005, 1 bis 1,01, 1 bis 1,02, 1 bis 1,05 oder 1 bis 3 variieren.

[0020] Die Laufschaufeln 234 können außerdem innerhalb jedes Abschnitts 222, 224, 226 und 228 gleichmäßig oder ungleichmäßig beabstandet sein. Beispielsweise sind bei der dargestellten Ausführungsform die Laufschaufeln 234 im Abschnitt 222 durch den ersten Umfangsabstand 236 (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet, die Laufschaufeln 234 im Abschnitt 224 durch den zweiten Umfangsabstand 238 (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet, die Laufschaufeln 234 im Abschnitt 226 durch den dritten Umfangsabstand 240 (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet und die Laufschaufeln 234 im Abschnitt 228 durch den vierten Umfangsabstand 242 (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet. Obwohl die Beabstandung innerhalb der jeweiligen Abschnitte 222, 224, 226 und 228 gleichmäßig ist, unterscheidet sich der Umfangsabstand 236, 238, 240 und 242 von einem Abschnitt zum anderen. Bei anderen Ausführungsformen kann der Umfangsabstand innerhalb der einzelnen Abschnitte variieren. Bei jeder dieser Ausführungsformen ist der ungleichmäßige Abstand der Laufschaufeln so eingerichtet, dass die Möglichkeit der Resonanz aufgrund der periodischen Erzeugung von Wirbelschleppen und Kopfwellen reduziert wird. Außerdem kann die ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln die Reaktion von stationären Schaufelblättern oder Strukturen durch die Wirbelschleppen und Kopfwellen sich drehender Schaufelblätter oder Strukturen aufgrund deren nichtperiodischer Erzeugung durch die Laufschaufeln 234 wirkungsvoll dämpfen und reduzieren. Auf diese Weise können mithilfe der ungleichmäßigen Beabstandung der Laufschaufeln die Auswirkungen von Wirbelschleppen und Kopfwellen auf verschiedene stromabwärtige Komponenten, beispielsweise Leit-schaufeln, Leitapparate, Statoren, Schaufelblätter usw., verringert werden.

[0021] Fig. 4 zeigt eine Vorderansicht einer Ausführungsform eines Rotors 250 mit ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln. Bei bestimmten Ausführungsformen kann der Rotor 250 in einer Turbine, einem Verdichter oder einer anderen Rotationsmaschine angeordnet sein. Der Rotor 250 kann beispielsweise in einer Gasturbine, einer Dampfturbine,

einer Wasserturbine oder einer beliebigen Kombination aus diesen angeordnet sein. Der Rotor 250 kann weiter in mehreren Stufen einer Rotationsmaschine eingesetzt werden, wobei alle dieselbe Anordnung oder unterschiedliche Anordnungen der ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln aufweisen können.

[0022] Der dargestellte Rotor 250 weist ungleichmäßig beabstandete Laufschaufeln 264 auf, was sich so beschreiben lässt, dass der Rotor 250 durch die Zwischenlinien 258, 260 und 262 in drei gleich große Abschnitte 252, 254, und 256 (z.B. von jeweils 120 Grad) unterteilt wird. Bei bestimmten Ausführungsformen können wenigstens einer oder mehrere der Abschnitte 252, 254 und 256 im Verhältnis zu den anderen Abschnitten eine andere Anzahl von Laufschaufeln 264 aufweisen, wodurch eine ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln hergestellt wird. Zum Beispiel können die Abschnitte 252, 254 und 256 2 oder 3 unterschiedliche Anzahlen von Laufschaufeln 264 in den jeweiligen Abschnitten aufweisen. Bei der dargestellten Ausführungsform weist jeder der Abschnitte 252, 254 und 256 eine andere Anzahl von Laufschaufeln 264 auf. Im Abschnitt 252 befinden sich 3 Laufschaufeln, die durch einen Abstand 266 in Umfangsrichtung gleichmäßig zueinander beabstandet sind, im Abschnitt 254 befinden sich 6 Laufschaufeln, die durch einen Abstand 268 in Umfangsrichtung gleichmäßig zueinander beabstandet sind, und im Abschnitt 256 befinden sich 5 Laufschaufeln, die durch einen Abstand 270 in Umfangsrichtung gleichmäßig zueinander beabstandet sind. Bei dieser Ausführungsform weisen die Abschnitte 252 und 256 eine ungerade und unterschiedliche Anzahl von Laufschaufeln 264 auf, während sich im Abschnitt 254 eine gerade Anzahl von Laufschaufeln 264 befindet. Bei anderen Ausführungsformen können die Abschnitte 252, 254 und 256 eine beliebige Konfiguration aus geraden und ungeraden Anzahlen von Schaufeln 264 aufweisen, vorausgesetzt, dass zumindest ein Abschnitt im Verhältnis zu den verbleibenden Abschnitten eine abweichende Anzahl von Laufschaufeln 264 aufweist. Zum Beispiel können die Abschnitte 252, 254 und 256 hinsichtlich der Anzahl von Laufschaufeln 264 in Bezug aufeinander um circa 1 bis 1,005, 1 bis 1,01, 1 bis 1,02, 1 bis 1,05 oder 1 bis 3 variieren.

[0023] Die Laufschaufeln 264 können außerdem innerhalb jedes Abschnitts 252, 254, und 256 gleichmäßig oder ungleichmäßig beabstandet sein. Beispielsweise sind bei der dargestellten Ausführungsform die Laufschaufeln 264 im Abschnitt 252 durch die erste Beabstandung 266 in Umfangsrichtung (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet, die Laufschaufeln 264 im Abschnitt 254 sind durch die zweite Beabstandung 268 in Umfangsrichtung (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet, und die Laufschaufeln 264 im Abschnitt 256 sind durch die dritte Beabstandung

270 in Umfangsrichtung (z.B. Bogenlängen) gleichmäßig zueinander beabstandet. Obwohl die Beabstandung innerhalb der jeweiligen Abschnitte 252, 254 und 256 gleichmäßig ist, unterscheidet sich der Umfangsabstand 266, 268 und 270 von einem Abschnitt zum anderen. Bei anderen Ausführungsformen kann der Umfangsabstand innerhalb jedes einzelnen Abschnitts variieren. Bei jeder dieser Ausführungsformen ist der ungleichmäßige Schaufelabstand der Laufschaufeln so gestaltet, dass die Möglichkeit von Resonanz aufgrund einer periodischen Erzeugung von Wirbelschleppen und Kopfwellen reduziert wird. Außerdem kann durch die ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln die Reaktion von stationären Schaufelblättern oder Strukturen auf die Wirbelschleppen und Kopfwellen sich drehender Schaufelblätter und Strukturen aufgrund derer nichtperiodischen Erzeugung durch die Laufschaufeln 264 wirkungsvoll gedämpft und reduziert werden. Auf diese Weise ist der ungleichmäßige Abstand der Laufschaufeln in der Lage, die Auswirkungen von Wirbelschleppen und Kopfwellen auf verschiedene stromabwärtige Komponenten, beispielsweise Leitschaufeln, Leitapparate, Statoren, Schaufelblätter usw., zu verringern.

[0024] Fig. 5 zeigt eine Perspektivansicht einer Ausführungsform von drei Rotoren 280, 282 und 284, wobei jeder Rotor eine andere ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln 286 aufweist. Die dargestellten Rotoren 280, 282 und 284 können beispielsweise drei Stufen des Verdichters 152 oder der Turbine 154, wie in Fig. 1 gezeigt, entsprechen. Wie dargestellt, verfügt jeder der Rotoren 280, 282 und 284 über eine ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln 286 zwischen den jeweiligen oberen Abschnitten 288, 290 und 292 und den jeweiligen unteren Abschnitten 294, 296 und 298. Beispielsweise verfügt der Rotor 280 über drei Laufschaufeln 286 im oberen Abschnitt 288 und fünf Laufschaufeln 286 im unteren Abschnitt 294, während der Rotor 282 vier Laufschaufeln 286 im oberen Abschnitt 290 und sechs Laufschaufeln 286 im unteren Abschnitt 296 aufweist und der Rotor 284 über fünf Laufschaufeln 286 im oberen Abschnitt 292 und sieben Laufschaufeln 286 im unteren Abschnitt 298 verfügt. Daher befindet sich bei jedem jeweiligen Rotor 280, 282 und 284 in den oberen Abschnitten 288, 290 und 292 im Verhältnis zu den unteren Abschnitten 294, 296 und 298 eine größere Anzahl von Laufschaufeln 286. Bei der dargestellten Ausführungsform steigt die Anzahl der Laufschaufeln 286 von einem oberen Abschnitt zum anderen jeweils um eine Laufschaufel 286, und sie steigt auch von einem unteren Abschnitt zum anderen um eine einzige Laufschaufel 286. Bei anderen Ausführungsformen können sich die oberen und unteren Abschnitte hinsichtlich der Anzahl der Laufschaufeln 286 um circa 1 bis 1,005, 1 bis 1,01, 1 bis 1,02, 1 bis 1,05 oder 1 bis 3 unterscheiden, und zwar in jedem einzelnen Rotor und/oder von Rotor zu

Rotor. Die Laufschaufeln 286 können außerdem innerhalb der Abschnitte 288, 290, 292, 294, 296 und 298 jeweils gleichmäßig oder ungleichmäßig beabstandet sein.

[0025] Bei jeder dieser Ausführungsformen ist die ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln so eingerichtet, dass die Möglichkeit von Resonanz, verursacht durch die periodische Erzeugung von Wirbelschleppen und Kopfwellen, reduziert wird. Durch die ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln kann außerdem die Reaktion von stationären Schaufelblättern oder Strukturen auf die Wirbelschleppen und Kopfwellen sich drehender Schaufelblätter oder Strukturen aufgrund deren nichtperiodischer Erzeugung durch die Laufschaufeln 286 wirkungsvoll gedämpft und reduziert werden. Auf diese Weise können mithilfe der ungleichmäßigen Beabstandung der Laufschaufeln die Auswirkungen von Wirbelschleppen und Kopfwellen auf verschiedene stromabwärtige Komponenten, beispielsweise Leitschaufeln, Leitapparate, Statoren, Schaufelblätter usw., verringert werden. Bei der Ausführungsform aus Fig. 5 ist die ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln sowohl in jedem einzelnen Rotor 280, 282 und 284 als auch von Rotor zu Rotor (z.B. von Stufe zu Stufe) vorhanden. Durch die Ungleichmäßigkeit von Rotor zu Rotor wird die Möglichkeit von Resonanz, verursacht durch die periodische Erzeugung von Wirbelschleppen und Kopfwellen in einer Rotationsmaschine, weiter reduziert.

[0026] Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt einer Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Rotors 310 mit unterschiedlich großen Abstandhaltern 312 zwischen den Schaufelfüßen 314 der Laufschaufeln 316. Durch die unterschiedlich großen Abstandhalter 312 wird insbesondere die Implementierung verschiedener Konfigurationen mit ungleichmäßiger Laufschaufelbeabstandung und gleich großen Schaufelfüßen 314 und/oder Laufschaufeln 316 ermöglicht, wodurch die Herstellungskosten der Laufschaufeln 316 reduziert werden. Obwohl zur Erzielung der ungleichmäßigen Laufschaufelbeabstandung Abstandhalter 312 in beliebiger Anzahl und Größe verwendet werden können, umfasst die dargestellte Ausführungsform zu Erläuterungszwecken drei Abstandhalter 312 unterschiedlicher Größe. Die gezeigten Abstandhalter 312 umfassen einen kleinen Abstandhalter, der mit „S“ beschriftet ist, einen mittelgroßen Abstandhalter, der mit „M“ beschriftet ist und einen großen Abstandhalter, der mit „L“ beschriftet ist. Die Größe der Abstandhalter 312 kann in Umfangsrichtung variieren, wie es durch das Maß 318 für den kleinen Abstandhalter, das Maß 320 für den mittelgroßen Abstandhalter und das Maß 322 für den großen Abstandhalter gezeigt wird. Bei bestimmten Ausführungsformen kann eine

Mehrzahl von Abstandhaltern 312 zwischen nebeneinander liegenden Schaufelfüßen 314 angeordnet sein, wobei die Abstandhalter 312 entweder von gleicher oder von unterschiedlicher Größe sein können. Mit anderen Worten, kann es sich bei den unterschiedlich großen Abstandhaltern 312 entweder um eine einteilige oder um eine mehrteilige Konstruktion handeln, die mehrere kleinere Abstandhalter verwendet, um einen größeren Abstand herzustellen. Bei jeder Ausführungsform können die Maße 318, 320 und 322 stufenweise um einen Prozentsatz von circa 1 bis 1000 Prozent, 5 bis 500 Prozent oder 10 bis 100 Prozent steigen. Bei anderen Ausführungsformen kann der Rotor 310 mehr oder weniger unterschiedlich große Abstandhalter 312 umfassen, z.B. 2 bis 100, 2 bis 50, 2 bis 25 oder 2 bis 10. Die unterschiedlich großen Abstandhalter 312 (z.B. S, M und L) können in verschiedenen sich wiederholenden Mustern oder in einer zufälligen Anordnung angeordnet sein.

[0027] Fig. 7 zeigt eine Draufsicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Rotors 323 mit unterschiedlich groß bemessenen Abstandhaltern 324 zwischen den Schaufelfüßen 326 der Laufschaufeln 328. In ähnlicher Weise wie bei der Ausführungsform aus Fig. 6 ermöglichen die unterschiedlich großen Abstandhalter 324 die Implementierung verschiedener Konfigurationen mit ungleichmäßiger Laufschaufelbeabstandung und gleich großen Schaufelfüßen 326 und/oder Laufschaufeln 328, wodurch die Herstellungskosten der Laufschaufeln 328 reduziert werden. Obwohl für die ungleichmäßige Laufschaufelbeabstandung Abstandhalter 324 in beliebiger Anzahl und Größe verwendet werden können, umfasst die dargestellte Ausführungsform zu Erläuterungszwecken drei Abstandhalter 324 unterschiedlicher Größe. Die gezeigten Abstandhalter 324 umfassen einen kleinen Abstandhalter, mit „S“ beschriftet, einen mittelgroßen Abstandhalter, mit „M“ beschriftet, und einen großen Abstandhalter, mit „L“ beschriftet. Die Größe der Abstandhalter 324 kann in Umfangsrichtung variieren, wie dies zuvor im Zusammenhang mit Fig. 5 erörtert ist. Die unterschiedlich bemessenen Abstandhalter 324 (z.B. S, M und L) können auch in verschiedenen sich wiederholenden Mustern oder in einer zufälligen Anordnung angeordnet sein.

[0028] Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Abstandhalter 324 mit den Schaufelfüßen 326 der Laufschaufeln 328 an einer in einem Winkel verlaufenden Anschlussstelle 330 verbunden. Die in einem Winkel verlaufende Anschlussstelle 330 ist beispielsweise bezogen auf die Rotationsachse des Rotors 323 in einem Winkel 332 ausgerichtet, wie durch die Linie 334 angezeigt. Der Winkel 332 kann circa 0 bis 60 Grad, 5 bis 45 Grad oder 10 bis 30 Grad betragen. Die dargestellte winkelige Anschlussstelle 330 ist eine gerade Kante oder eine flache Oberflä-

che. Andere Ausführungsformen der Anschlussstelle 330 können jedoch Geometrien aufweisen, die nicht gerade sind.

[0029] Fig. 8 zeigt eine Draufsicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Rotors 340 mit unterschiedlich groß bemessenen Abstandhaltern 342 zwischen den Schaufelfüßen 344 der Laufschaufeln 346. Ähnlich der Ausführungsform aus den Fig. 6 und Fig. 8 ermöglichen die unterschiedlich großen Abstandhalter 342 die Implementierung verschiedener Konfigurationen mit ungleichmäßiger Laufschaufelbeabstandung und gleich großen Schaufelfüßen 344 und/oder Laufschaufeln 346, wodurch die Herstellungskosten der Laufschaufeln 346 reduziert werden. Obwohl für die Schaffung der ungleichmäßigen Laufschaufelbeabstandung Abstandhalter 342 in beliebiger Anzahl und Größe verwendet werden können, umfasst die dargestellte Ausführungsform zu Erläuterungszwecken drei Abstandhalter 342 unterschiedlicher Größe. Die gezeigten Abstandhalter 342 umfassen einen kleinen Abstandhalter, mit „S“ beschriftet, einen mittelgroßen Abstandhalter, mit „M“ beschriftet, und einen großen Abstandhalter, mit „L“ beschriftet. Die Größe der Abstandhalter 342 kann in Umfangsrichtung variieren, wie dies im Vorangehenden im Zusammenhang mit Fig. 6 erörtert ist. Die unterschiedlich großen Abstandhalter 342 (z.B. S, M und L) können in verschiedenen sich wiederholenden Mustern oder in einer zufälligen Anordnung angeordnet sein.

[0030] Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Abstandhalter 342 mit den Schaufelfüßen 344 der Laufschaufeln 346 an einer nicht gerade verlaufenden Anschlussstelle 350 verbunden. Die Anschlussstelle 350 kann zum Beispiel einen ersten gekrümmten Abschnitt 352 und einen zweiten gekrümmten Abschnitt 354 umfassen, die gleich oder unterschiedlich sein können. Die Anschlussstelle 350 kann jedoch auch andere nicht gerade Geometrien aufweisen, beispielsweise mehrere gerade Segmente in verschiedenen Winkeln, einen oder mehrere Vorsprünge, einen oder mehrere Ausnehmungen oder eine Kombination von diesen. Wie dargestellt, krümmen sich der erste und der zweite gekrümmte Abschnitt 352 und 354 in einander entgegengesetzte Richtungen. Die gekrümmten Abschnitte 352 und 354 können jedoch auch jede andere gekrümmte Geometrie definieren.

[0031] Fig. 9 zeigt eine Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform einer Laufschaufel 360 mit T-förmiger Geometrie 361, die gemäß den offenbarten Ausführungsformen in einer ungleichmäßigen Beabstandung von Laufschaufeln angeordnet werden kann. Die dargestellte Laufschaufel 360 umfasst einen Fußabschnitt 362 und einen Schaufelblattabschnitt

364, die integral (z.B. in einem Stück) miteinander ausgebildet sein können. Der Fußabschnitt 362 umfasst einen ersten Flansch 366, einen zweiten Flansch 368, der gegenüber dem ersten Flansch 366 versetzt ist, einen Hals 370, der sich zwischen den Flanschen 366 und 368 erstreckt, und einander gegenüberliegende Schlitze 372 und 374, die zwischen den Flanschen 366 und 368 angeordnet sind. Die Flansche 366 und 368 und die Schlitze 372 und 374 sind konfiguriert, um mit einer in Umfangsrichtung um den Rotor verlaufenden Schienenstruktur verriegelt zu werden. In anderen Worten sind die Flansche 366 und 368 und die Schlitze 372 und 374 so eingerichtet, dass sie in Umfangsrichtung um den Rotor in ihren Platz gleiten und so die Laufschaufel 360 in axialer und radialer Richtung sichern. Bei den Ausführungsformen der **Fig. 6-8** können diese Laufschaufeln 360 zueinander in Umfangsrichtung durch mehrere unterschiedlich große Abstandhalter mit ähnlichem Fußabschnitt beabstandet sein, wodurch eine ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln 360 erzielt wird.

[0032] **Fig. 10** zeigt einen Ausschnitt einer Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Rotors 384, dessen Laufschaufeln 388 unterschiedlich groß bemessene Schaufelfüße 386 aufweisen. Durch die unterschiedlich großen Schaufelfüße 386 werden insbesondere Implementierungen verschiedener Konfigurationen mit ungleichmäßiger Laufschaufelbeabstandung mit oder ohne Abstandhalter ermöglicht. Wenn Abstandhalter zusammen mit den unterschiedlich großen Schaufelfüßen 386 verwendet werden, können die Abstandhalter gleich oder verschieden groß bemessen sein, um bei der ungleichmäßigen Beabstandung der Laufschaufeln größere Flexibilität zu bieten. Obwohl für die Schaffung der ungleichmäßigen Laufschaufelbeabstandung unterschiedlich große Schaufelfüße 386 in beliebiger Anzahl verwendet werden können, umfasst die dargestellte Ausführungsform zu Erläuterungszwecken drei Schaufelfüße 386 unterschiedlicher Größe. Die gezeigten Schaufelfüße 386 umfassen einen kleinen Schaufelfuß, mit „S“ beschriftet, einen mittelgroßen Schaufelfuß, mit „M“ beschriftet, und einen großen Schaufelfuß, mit „L“ beschriftet. Die Größe der Schaufelfüße 386 kann in Umfangsrichtung variieren, wie dies durch das Maß 390 für den kleinen Schaufelfuß, das Maß 392 für den mittelgroßen Schaufelfuß und das Maß 394 für den großen Schaufelfuß angezeigt ist. Diese Maße 390, 392 und 394 können sich beispielsweise stufenweise um einen Prozentsatz von circa 1 bis 1000 Prozent, 5 bis 500 Prozent oder 10 bis 100 Prozent erhöhen. Bei anderen Ausführungsformen kann der Rotor 384 mehr oder weniger unterschiedlich große Schaufelfüße 386 umfassen, z.B. 2 bis 100, 2 bis 50, 2 bis 25 oder 2 bis 10. Die unterschiedlich groß bemessenen Schaufelfüße 386 (z.B. S, M und L) können außer-

dem in verschiedenen sich wiederholenden Mustern oder in einer zufälligen Anordnung angeordnet sein.

[0033] **Fig. 11** zeigt eine Draufsicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Rotors 400 mit unterschiedlich groß bemessenen Schaufelfüßen 402, die Laufschaufeln 404 tragen. Ähnlich der Ausführungsform aus **Fig. 10** ermöglichen die unterschiedlich großen Schaufelfüße 402 die Implementierung verschiedener Konfigurationen mit ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln mit oder ohne Abstandhalter. Obwohl für die Schaffung der ungleichmäßigen Laufschaufelbeabstandung unterschiedlich große Schaufelfüße 402 in beliebiger Anzahl und Größe verwendet werden können, umfasst die dargestellte Ausführungsform zu Erläuterungszwecken drei Schaufelfüße 402 unterschiedlicher Größe. Die gezeigten Schaufelfüße 402 umfassen einen kleinen Schaufelfuß, mit „S“ beschriftet, einen mittelgroßen Schaufelfuß, mit „M“ beschriftet, und einen großen Schaufelfuß, mit „L“ beschriftet. Die Größe der Schaufelfüße 402 kann in Umfangsrichtung variieren, wie dies zuvor im Zusammenhang mit **Fig. 10** erörtert ist. Die unterschiedlich großen Schaufelfüße 402 (z.B. S, M und L) können außerdem in verschiedenen sich wiederholenden Mustern oder in einer zufälligen Anordnung angeordnet sein.

[0034] Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Schaufelfüße 402 an einer in einem Winkel verlaufenden Anschlussstelle 406 miteinander verbunden. Die in einem Winkel verlaufende Anschlussstelle 406 ist beispielsweise bezogen auf die Rotationsachse des Rotors 400 in einem Winkel 408 ausgerichtet, wie ihn die Linie 409 zeigt. Der Winkel 408 kann circa 0 bis 60 Grad, 5 bis 45 Grad oder 10 bis 30 Grad betragen. Die dargestellte winkelige Anschlussstelle 406 ist eine gerade Kante oder eine flache Oberfläche. Andere Ausführungsformen der Anschlussstelle 406 können jedoch Geometrien aufweisen, die nicht gerade sind.

[0035] **Fig. 12** zeigt eine Draufsicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Rotors 410 mit unterschiedlich groß bemessenen Schaufelfüßen 412, die die Laufschaufeln 414 tragen. Ähnlich den Ausführungsformen aus den **Fig. 10** und **Fig. 12** ermöglichen die unterschiedlich großen Schaufelfüße 412 die Implementierung verschiedener Konfigurationen mit ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufeln mit oder ohne Abstandhalter. Obwohl für die Schaffung der ungleichmäßigen Laufschaufelbeabstandung unterschiedlich große Schaufelfüße 412 in beliebiger Anzahl und Größe verwendet werden können, umfasst die dargestellte Ausführungsform zu Erläuterungszwecken drei Schaufelfüße 412 unterschiedlicher Größe. Die gezeigten Schaufelfüße 412 umfassen einen kleinen Schaufelfuß, mit „S“

beschriftet, einen mittelgroßen Schauffelfuß, mit „M“ beschriftet, und einen großen Schauffelfuß, mit „L“ beschriftet. Die Größe der Schauffelfüße 412 kann in Umfangsrichtung variieren, wie dies im Vorangehenden im Zusammenhang mit **Fig. 10** erörtert ist. Die unterschiedlich großen Schauffelfüße 412 (z.B. S, M und L) können außerdem in verschiedenen sich wiederholenden Mustern oder in einer zufälligen Anordnung angeordnet sein.

[0036] Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Schauffelfüße 412 an einer nicht gerade verlaufenden Anschlussstelle 416 miteinander verbunden. Die Anschlussstelle 416 kann zum Beispiel einen ersten gekrümmten Abschnitt 418 und einen zweiten gekrümmten Abschnitt 420 umfassen, die gleich oder unterschiedlich sein können. Die Anschlussstelle 416 kann jedoch auch andere nicht gerade Geometrien aufweisen, beispielsweise mehrere gerade Segmente in verschiedenen Winkeln, einen oder mehrere Vorsprünge, eine oder mehrere Ausnehmungen oder eine Kombination aus diesen. Wie dargestellt, sind der erste und der zweite gekrümmte Abschnitt 418 und 420 in einander entgegengesetzte Richtungen gekrümmt. Die gekrümmten Abschnitte 418 und 420 können jedoch auch jede andere gekrümmte Geometrie aufweisen.

[0037] **Fig. 13** zeigt einen Ausschnitt einer Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Stators 440 mit unterschiedlich groß bemessenen Abstandhaltern 442 zwischen Schauffelfüßen 444 der Leitschaufeln 446. Durch die unterschiedlich großen Abstandhalter 442 wird insbesondere die Implementierung verschiedener Konfigurationen mit ungleichmäßiger Leitschaufelbeabstandung und gleich großen Schauffelfüßen 444 und/oder Leitschaufeln 446 ermöglicht, wodurch die Herstellungskosten der Leitschaufeln 446 reduziert werden. Obwohl für die Schaffung der ungleichmäßigen Leitschaufelbeabstandung Abstandhalter 442 in beliebiger Anzahl und Größe verwendet werden können, umfasst die dargestellte Ausführungsform zu Erläuterungszwecken drei Abstandhalter 442 unterschiedlicher Größe. Die gezeigten Abstandhalter 442 umfassen einen kleinen Abstandhalter, mit „S“ beschriftet, einen mittelgroßen Abstandhalter, mit „M“ beschriftet, und einen großen Abstandhalter, mit „L“ beschriftet. Die Größe der Abstandhalter 442 kann in Umfangsrichtung variieren, wie dies durch das Maß 448 für den kleinen Abstandhalter, das Maß 450 für den mittelgroßen Abstandhalter und das Maß 452 für den großen Abstandhalter angezeigt ist. Bei bestimmten Ausführungsformen können mehrere Abstandhalter 442 zwischen nebeneinander liegenden Schauffelfüßen 444 angeordnet sein, wobei die Abstandhalter 442 entweder von gleicher oder von unterschiedlicher Größe sein können. Mit anderen Worten kann es sich bei den unterschiedlich großen Abstandhal-

tern 442 entweder um einteilige oder um eine mehrteilige Konstruktion handeln, die mehrere kleinere Abstandhalter verwendet, um einen größeren Abstand herzustellen. Bei jeder Ausführungsform können die Maße 448, 450 und 452 sich stufenweise um einen Prozentsatz von circa 1 bis 1000 Prozent, 5 bis 500 Prozent oder 10 bis 100 Prozent erhöhen. Bei anderen Ausführungsformen kann der Stator mehr oder weniger unterschiedlich große Abstandhalter 442 umfassen, z.B. 2 bis 100, 2 bis 50, 2 bis 25 oder 2 bis 10. Die unterschiedlich großen Abstandhalter 442 (z.B. S, M und L) können außerdem in verschiedenen sich wiederholenden Mustern oder in einer zufälligen Anordnung angeordnet sein.

[0038] **Fig. 14** zeigt einen Ausschnitt einer Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Stators 460 mit unterschiedlich groß bemessenen Schauffelfüßen 462 der Leitschaufeln 464. Durch die unterschiedlich großen Schauffelfüße 462 wird insbesondere die Implementierung verschiedener Konfigurationen mit ungleichmäßiger Leitschaufelbeabstandung mit oder ohne Abstandhalter ermöglicht. Wenn Abstandhalter zusammen mit den unterschiedlich großen Schauffelfüßen 462 verwendet werden, können die Abstandhalter gleich oder unterschiedlich groß sein, so dass bei der ungleichmäßigen Beabstandung der Leitschaufeln größere Flexibilität geboten ist. Obwohl für die Schaffung der ungleichmäßigen Leitschaufelbeabstandung unterschiedlich große Schauffelfüße 462 in beliebiger Anzahl verwendet werden können, umfasst die dargestellte Ausführungsform zu Erläuterungszwecken drei Schauffelfüße 462 unterschiedlicher Größe. Die gezeigten Schauffelfüße 462 umfassen einen kleinen Schauffelfuß, mit „S“ beschriftet, einen mittelgroßen Schauffelfuß, mit „M“ beschriftet, und einen großen Schauffelfuß, mit „L“ beschriftet. Die Größe der Schauffelfüße 462 kann in Umfangsrichtung variieren, wie dies durch das Maß 466 für den kleinen Schauffelfuß, das Maß 468 für den mittelgroßen Schauffelfuß und das Maß 470 für den großen Schauffelfuß angezeigt ist. Diese Maße 466, 468 und 470 können beispielsweise stufenweise um einen Prozentsatz von circa 1 bis 1000 Prozent, 5 bis 500 Prozent oder 10 bis 100 Prozent steigen. Bei anderen Ausführungsformen kann der Stator 460 mehrere oder weniger unterschiedlich große Schauffelfüße 462 umfassen, z.B. 2 bis 100, 2 bis 50, 2 bis 25 oder 2 bis 10. Die unterschiedlich großen Schauffelfüße 462 (z.B. S, M und L) können außerdem in verschiedenen sich wiederholenden Mustern oder in einer zufälligen Anordnung angeordnet sein.

[0039] Wie oben erläutert, können die vorliegenden Ausführungsformen die Fluidodynamik in einer Rotationsmaschine, beispielsweise einem Verdichter oder einer Turbine, durch eine Einstellung des Abstands zwischen rotierenden Laufschaufeln oder

stationären Leitschaukeln und/oder eine Anpassung der Anzahl der rotierenden Laufschaufeln oder stationären Leitschaufeln abstimmen. Diese Abstimmung kann die Möglichkeit eines Resonanzverhaltens in der Rotationsmaschine, z.B. eines Resonanzverhaltens aufgrund von Wirbelschleppen und Kopfwellen, reduzieren oder eliminieren. Die Ausführungsformen gemäß den **Fig. 2-14** erzielen einen ungleichmäßigen Abstand zwischen rotierenden Laufschaufeln oder stationären Leitschaufeln speziell durch Veränderung der Größe der Abstandshalter zwischen den Laufschaufelfüßen oder durch Veränderung der Größe der Laufschaufelfüße. Die ebenfalls nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsformen gemäß den **Fig. 15-17** modifizieren speziell den Laufschaufel- und/oder Leitschaufelabstand durch Kontrolle der Lage von Montagenuten an einem Rotor oder Stator, die die Laufschaufel- und/oder Leitschaufelfüße aufnehmen. Auf diese Weise verändert sich durch die Veränderung der Lage der Nuten an den Rotoren und/oder Statoren der Abstand der Laufschaufel und/oder Leitschaufeln entsprechend, was die Frequenz der Wirbelschleppen und Kopfwellen vergrößern oder verringern kann. Die Veränderung der Frequenz der Wirbelschleppen und Kopfwellen kann die Schwingungsantwort von stromaufwärtigen und stromabwärtigen Strukturen vergrößern oder verringern. Diese Frequenzveränderung kann eine lang andauernde Resonanzantwort in Strukturen entlang des Strömungspfad (z.B. Rotoren, Statoren, etc.) bei speziellen Drehzahlen verhindern.

[0040] **Fig. 15** zeigt eine im Schnitt dargestellte Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Rotors 500 mit ungleichmäßig beabstandeten Laufschaufelsegmenten 502. Die Laufschaufelsegmente 502 sind um den Rotor 500 um drei Abstände 504, 506 und 508, die mit S, M, und L bezeichnet sind, beabstandet. Die Laufschaufelsegmente 502 definieren eine Laufschaufel 510 und einen Laufschaufelfuß 512. Die Laufschaufeln 510 sind mittels ungleichmäßig beabstandeter Nuten 520 (z.B. Axialnuten) an dem Rotor 500 ungleichmäßig voneinander beabstandet. Während die vorliegende Ausführungsform nur drei Abstände veranschaulicht, können andere Ausführungsformen mehr Abstände zwischen den Laufschaufeln (z.B. 2, 3, 4, 5, 10, 1000 unterschiedliche Abstände) enthalten. Durch Variation der Lage und Anzahl von Nuten 520 an dem Rotor 500 und der entsprechenden Laufschaufelanzahl ist es möglich, die Frequenz von Wirbelschleppen und/oder Kopfwellen zu verändern, was die Schwingungsantwort von stromaufwärtigen und stromabwärtigen Strukturen verändert (d.h. die Resonanzantwort in anderen Strukturen begrenzt oder verhindert).

[0041] **Fig. 16** zeigt eine im Schnitt dargestellte Perspektivansicht einer nicht zu der beanspruchten

Erfindung gehörenden Ausführungsform des Rotors 500 mit ungleichmäßig voneinander beabstandeten Axialnuten 520 unter Veranschaulichung der ungleichmäßig voneinander beabstandeten Axialnuten 520 ohne die Laufschaufelsegmente 502. Jedes Laufschaufelsegment 502 gleitet in einer Axialrichtung 519 in eine zugehörige Nut 520 entlang einer Achse 521. Der Einfachheit wegen ist lediglich ein einziges Laufschaufelsegment 502 in **Fig. 16** veranschaulicht, obwohl jede Nut 520 ein Laufschaufelsegment 502 trägt. Die Variation des Umfangsabstands zwischen den Nuten 520 ermöglicht eine ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln 510. In der vorliegenden Ausführungsform sind die Nuten 520 in drei Abständen, nämlich klein 522, mittelgroß 524 und groß 526, voneinander beabstandet, wobei die Nuten 520 jedoch in einer beliebigen Anzahl von Abständen (z.B. 2, 3, 4, 5, 10, 100, 1000 etc. unterschiedlichen Abständen) je nach den Bedürfnissen einer speziellen Konstruktion voneinander beabstandet sein können. Die axialen Nuten 520 passen zu den Laufschaufelfüßen 512, die die Laufschaufelsegmente 502 an dem Rotor 500 halten. In der vorliegenden Ausführungsform bilden die Nuten 520 eine Schwalbenschwanzgestalt, die mit der zugehörigen Gestalt des Laufschaufelfußes 512 übereinstimmt. In anderen Ausführungsformen kann die Nut 520 eine andere Gestalt (z.B. T-förmige, gekrümmte, kreisförmige, quadratische, rechteckige, halbkreisförmige, etc.) definieren, die der Gestalt des Laufschaufelfußes entspricht, oder umgekehrt. Außerdem können, obwohl die vorliegende Ausführungsform eine aufnehmende axiale Nut veranschaulicht, die mit einem einsteckbaren Laufschaufelfuß verbunden ist, andere Ausführungsformen eine umgekehrte Konfiguration verwenden. Zum Beispiel kann der Rotor 500 einen einsteckbaren Vorsprung enthalten, der passend zu einer Steckaufnahme in dem Laufschaufelfuß 512 ausgebildet ist.

[0042] **Fig. 17** zeigt eine im Schnitt dargestellte Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Stators 540 mit ungleichmäßig voneinander beabstandeten Leitschaufeln. Die Schaufelsegmente 542 sind um den Stator 540 herum in drei Abständen 544, 546 und 548, die entsprechend mit S, M und L bezeichnet sind, ungleichmäßig voneinander beabstandet. Die Schaufelsegmente 542 definieren eine Leitschaufel 550 und einen Leitschaufelfuß 552. Die Abstände zwischen den Leitschaufeln 550 ändern sich mittels ungleichmäßig voneinander beabstandeter Nuten 541 (z.B. schwalbenschwanzförmiger axialer Nuten) in dem Stator 540. Während die vorliegende Ausführungsform drei Abstände veranschaulicht, können andere Ausführungsformen mehrere Abstände zwischen den Schaufelsegmenten 542 (z.B. 4, 5, 6, 10, 1000 verschiedene Abstände) enthalten. Während der vorliegende Stator 540 eine aufnehmende axiale Nut veranschaulicht, die mit einem einsteckbaren

Leitschauelfuß 552 verbunden ist, können außerdem andere Ausführungsformen eine umgekehrte Konfiguration verwenden. Zum Beispiel kann der Stator 540 einen Steckvorsprung enthalten, der zu einer Steckaufnahme in dem Leitschauelfuß 552 passend gestaltet ist. Durch Veränderung der Lage und Anzahl von Nuten an dem Stator 540 und der entsprechenden Leitschauelfanzahl kann die Frequenz der Wirbelschleppen und Kopfwellen vergrößert oder verringert werden, was die Schwingungsantwort von stromaufwärtigen und stromabwärtigen Strukturen verändert.

[0043] Anders als die Ausführungsformen in den **Fig. 15-17**, die den Laufschaufel- und/oder Leitschaufelabstand durch Kontrolle der Lage der Nuten modifizieren, modifizieren die ebenfalls nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsformen gemäß den **Fig. 18-22** den Laufschaufel- und/oder Leitschaufelabstand durch Kontrolle der Platzierung der Laufschaufel und/oder Leitschaufel an ihrem jeweiligen Fuß. Auf diese Weise verändert sich durch Veränderung der Lage der Laufschaufel und/oder Leitschaufel an dem Fuß der Abstand zwischen den Laufschaufeln und/oder Leitschaufeln entsprechend, was die Frequenz der Wirbelschleppen und Kopfwellen vergrößern oder verringern kann. Die Veränderung der Frequenz der Wirbelschleppen und Kopfwellen kann die Schwingungsantwort von stromaufwärtigen und stromabwärtigen Strukturen vergrößern oder verringern. Diese Frequenzveränderung kann eine lang andauernde Resonanzantwort in Strukturen entlang des Strömungspfad (z.B. Rotoren, Statoren, etc.) bei speziellen Drehzahlen verhindern.

[0044] **Fig. 18** zeigt eine im Schnitt dargestellte Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Rotors 570 mit ungleichmäßig voneinander beabstandeten Laufschaufeln 576 mit gleichmäßig voneinander beabstandeten Laufschaufelfüßen 574. Der Rotor 570 enthält Laufschaufelsegmente 572, die jeweils einen Laufschaufelfuß 574 und eine Laufschaufel 576 aufweisen. Die Laufschaufelsegmente 572 sind mit dem Rotor 570 mittels der Laufschaufelfüße 574 verbunden, die axial in Nuten 573 des Rotors 570 hinein gleiten. Während der vorliegende Rotor 570 eine aufnehmende axiale Nut veranschaulicht, die mit einem einsteckbaren Laufschaufelfuß 574 verbunden ist, können außerdem andere Ausführungsformen eine umgekehrte Konfiguration verwenden.

[0045] In der vorliegenden Ausführungsform gemäß **Fig. 18** sind die Nuten 573 um den Umfang des Rotors 570 herum gleichmäßig voneinander beabstandet. Der gleichmäßige Abstand zwischen den Nuten 573 ermöglicht den gleichmäßigen Abstand zwischen den Laufschaufelfüßen 574, der als der Abstand D 578 bezeichnet ist. Während die Lauf-

schaufelfüße 574 um den Rotor 570 gleichmäßig voneinander beabstandet sind, sind die Laufschaufeln 576 in Bezug auf die jeweiligen Laufschaufelfüße 574 nicht gleichmäßig beabstandet. Wie nachstehend in Bezug auf die **Fig. 20-22** in größeren Einzelheiten erläutert, können die Laufschaufeln 576 zentriert, nach links verschoben oder nach rechts in Bezug auf die Mitte des Laufschaufelfußes 574 verschoben sein. Infolgedessen ist es die Platzierung der Laufschaufeln 576 an den Laufschaufelfüßen 574, die den ungleichmäßigen Abstand zwischen den Laufschaufeln 576 schafft, und nicht eine ungleichmäßige Beabstandung der Laufschaufeln 576 über Abstandshalter, unterschiedliche Fußgrößen oder eine variierende Lage der Nuten 573 an dem Rotor 570. Wie oben erläutert, reduziert oder eliminiert der ungleichmäßige Schaufelabstand die Möglichkeit eines Resonanzverhaltens in der Rotationsmaschine, das durch Wirbelschleppen und Kopfwellen verursacht wird.

[0046] **Fig. 19** zeigt eine im Schnitt dargestellte Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Stators 600 mit ungleichmäßig voneinander beabstandeten Leitschaufeln 606 mit gleichmäßig voneinander beabstandeten Leitschaufelfüßen 604. Ähnlich der vorstehenden Erläuterung in Bezug auf den Rotor 570, der in **Fig. 18** veranschaulicht ist, enthält der Stator 600 Schaufelsegmente 602, die jeweils einen Leitschaufelfuß 604 und eine Leitschaufel 606 aufweisen. Die Schaufelsegmente 602 sind mit dem Stator 600 über die Leitschaufelfüße 604 verbunden, die axial in die Nuten 603 des Stators 600 hinein gleiten. Außerdem können, obwohl der vorliegende Stator 600 eine aufnehmende axiale Nut veranschaulicht, die mit einem einsteckbaren Leitschaufelfuß 604 verbunden ist, andere Ausführungsformen eine umgekehrte Konfiguration verwenden.

[0047] In der vorliegenden Ausführungsform nach **Fig. 19** sind die Nuten 603 um den Umfang des Stators 600 gleichmäßig voneinander beabstandet. Der gleichmäßige Abstand zwischen den Nuten 603 ermöglicht den gleichmäßigen Abstand zwischen den Leitschaufelfüßen 604, wie er als der Abstand D 608 bezeichnet ist. Während die Leitschaufelfüße 604 entlang des Stators 600 gleichmäßig beabstandet sind, sind die Leitschaufeln 606 in Bezug auf die jeweiligen Leitschaufelfüße 604 nicht gleichmäßig beabstandet. Wie in **Fig. 19** veranschaulicht, sind einige der Leitschaufeln 606 an ihren jeweiligen Leitschaufelfüßen 604 (d.h. der Mitte der Füße) zentriert, während andere in Bezug auf die Mitten der Leitschaufelfüße 604 nach links oder rechts verschoben sind. Somit ist es die Platzierung der Leitschaufeln 606 an den Leitschaufelfüßen 604, die den ungleichmäßigen Abstand zwischen den Leitschaufeln 606 schafft, und nicht eine ungleichmäßige Beabstandung zwischen den Leitschaufeln 606 mittels

Abstandshalter, unterschiedlicher Fußgrößen oder der variierenden Lage der Nuten 603 an dem Stator 600. Der ungleichmäßige Leitschaufelabstand reduziert wesentlich oder eliminiert die Möglichkeit eines Resonanzverhaltens in der Rotationsmaschine, das durch Wirbelschleppen und Kopfwellen verursacht wird.

[0048] Fig. 20 zeigt eine Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Schaufelsegmentes, aufgenommen innerhalb der Linien 20-20 der Fig. 18 und Fig. 19. Wie veranschaulicht, weist das Schaufelsegment 630 eine Schaufel 632, die an einem Schaufelfuß 634 zentriert ist. Insbesondere ist die Mitte der Schaufel 632 mit der Mitte des Schaufelfußes 634 ausgerichtet, wie dies durch die Mittellinie 636 veranschaulicht ist. Fig. 21 zeigt eine Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Schaufelsegmentes, aufgenommen in den Linien 21-21 der Fig. 18 und Fig. 19. Wie veranschaulicht, weist das Schaufelsegment 630 die Schaufel 632 auf, die nach links in Bezug auf die Mittellinie 636 des Schaufelfußes 634 verschoben ist. Insbesondere ist die Mitte der Schaufel 632, wie durch die Mittellinie 638 veranschaulicht, gegenüber der Fußmittellinie 636 um einen Abstand 640 versetzt. Fig. 22 zeigt eine Vorderansicht einer nicht zu der beanspruchten Erfindung gehörenden Ausführungsform eines Schaufelsegmentes, aufgenommen in den Linien 22-22 der Fig. 18 und Fig. 19. Wie veranschaulicht, weist das Schaufelsegment 630 die Schaufel 632 auf, die nach rechts in Bezug auf die Mittellinie 636 des Schaufelfußes 634 verschoben ist. Das heißt, die Mitte der Schaufel 632, wie durch die Mittellinie 638 veranschaulicht, ist von der Fußmittellinie 636 um einen Abstand 642 versetzt. Während die Fig. 20-22 nur drei Positionen der Schaufel 632 in Bezug auf den Schaufelfuß 634 veranschaulichen, können verschiedene Ausführungsformen eine beliebige Anzahl von Positionen (z.B. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehrere) der Schaufeln 632 in Bezug auf den Schaufelfuß 634 verwenden. Auf diese Weise können die unterschiedlichen Schaufelsegmente 630 (z.B. mit unterschiedlichen Schaufelpositionen) in einem Rotor und/oder Stator aufgenommen werden, um einen ungleichmäßigen Schaufelabstand zu erzeugen, während dabei ein gleichmäßiger Abstand zwischen den Nuten an dem Rotor und/oder Stator aufrechterhalten wird. Wie oben erläutert, reduziert oder eliminiert der ungleichmäßige Leitschaufel-/Laufschaufelabstand wesentlich die Möglichkeit eines Resonanzverhaltens in der Rotationsmaschine, das durch Wirbelschleppen und Kopfwellen verursacht wird.

[0049] In Ausführungsformen gemäß der Erfindung wird ein Montageadapter verwendet, um einen ungleichmäßigen Abstand zwischen den Laufschau-

feln und/oder Leitschaufeln zu ermöglichen. Fig. 23-25 veranschaulichen Schaufelsegmente 672, die in einem Schaufelmontageadapter 670 angeordnet sind, die in Nuten des Rotors 570 oder Stators 600 gemäß den Fig. 18 und Fig. 19 axial montiert werden können. Der Schaufelmontageadapter 670 ermöglicht eine gleichmäßige Beabstandung der Nuten an einem Stator und/oder einem Rotor, während gleichzeitig ein ungleichmäßiger Schaufelabstand erlaubt wird, um die Frequenz der Wirbelschleppen und Kopfwellen zu verändern. Die Veränderung der Frequenz der Wirbelschleppen und Kopfwellen kann die Schwingungsantwort von stromaufwärtigen und stromabwärtigen Strukturen vergrößern oder verringern. Diese Frequenzveränderung kann eine lang andauernde Resonanzantwort in Strukturen entlang des Strömungspfad (z.B. Rotoren, Statoren, etc.) bei speziellen Drehzahlen verhindern.

[0050] Fig. 23 zeigt eine Vorderansicht einer als solche nicht beanspruchten Ausführungsform eines Schaufelmontageadapters 670 und eines Schaufelsegmentes 672, der in dem Schaufelmontageadapter 670 montiert ist, wobei das Schaufelsegment 672 in dem Schaufelmontageadapter 670 zentriert ist. Der Schaufelmontageadapter 670 gemäß der veranschaulichten Ausführungsform definiert eine Schwalbenschwanzgestalt zur Einführung in eine Nut eines Stators und/oder Rotors. Während die vorliegende Ausführungsform eine Schwalbenschwanzgestalt veranschaulicht, ist es zu verstehen, dass der Schaufelmontageadapter 670 vielfältige Formen (z.B. T-förmige, gekrümmte, kreisförmige, halbkreisförmige, quadratische, rechteckige, etc.) je nach der Gestalt der Nut in dem Rotor und/oder Stator einnehmen kann. Außerdem definiert der Schaufelmontageadapter 670 einen hier auch als Montageaufnahme bezeichneten Hohlraum 671, in den das Schaufelsegment 672 passt. Während die vorliegende Ausführungsform einen Schaufelmontageadapter 670 mit dem Hohlraum 671 zur Aufnahme des Schaufelsegmentes 672 veranschaulicht, können andere Ausführungsformen des Schaufelmontageadapters 670 einen hier auch als Montageaufnahme bezeichneten einsteckbaren Teil definieren, der mit einem aufnehmenden Teil eines Schaufelsegmentes 672 verbunden ist.

[0051] Ähnlich den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen enthält das Schaufelsegment 672 einen Schaufelfuß 674 und eine Schaufel 676. Der Schaufelfuß 674 passt in den Hohlraum 671 des Schaufelmontageadapters 670 hinein. Auf diese Weise hält der Schaufelmontageadapter 670 das Schaufelsegment 672 in Stellung an einem Stator und/oder Rotor. In der Ausführungsform nach Fig. 23 ist die Mitte des Schaufelsegmentes 672 mit der Mitte des Schaufelmontageadapters 670 ausgerichtet, wie dies durch eine Mittellinie 678 veranschaulicht ist. Die zentrierte Positionierung gemäß

der **Fig. 23** wird durch eine zentrierte Positionierung des Hohlraums 671 relativ zu der Mittellinie 678 in dem Schaufelmontageadapter 670 erreicht.

[0052] **Fig. 24** zeigt eine Vorderansicht einer erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Schaufelmontageadapters 670 und eines Schaufelsegmentes 672 in dem Schaufelmontageadapter 670. In **Fig. 24** ist das Schaufelsegment 672 zu der linken Seite der Mittellinie 678 des Schaufelmontageadapters 670 hin verschoben. Insbesondere ist die Mitte des Schaufelsegmentes 672, die durch die Mittellinie 680 veranschaulicht ist, gegenüber der Mittellinie 678 um einen Abstand 682 versetzt. Die außermittige (z.B. um den Abstand 682 nach links versetzte) Positionierung des Schaufelsegmentes 672 wird durch eine außermittige Positionierung des linken Hohlraums 671 in Bezug auf die Mittellinie 678 in dem Schaufelmontageadapter 670 erreicht. In anderen Worten sorgt der Schaufelmontageadapter 670 für die außermittige Positionierung, während das Schaufelsegment 672 ein einheitliches Schaufelsegment sein kann und die Montagenuten gleichmäßig voneinander beabstandet sein können. Demgemäß wird, wenn das Schaufelsegment 672 in dem Hohlraum 671 des Schaufelmontageadapters 670 platziert wird, das Schaufelsegment 672 nach links verschoben. In ähnlicher Weise zeigt **Fig. 25** eine Vorderansicht einer erfindungsgemäßen Ausführungsform eines Schaufelmontageadapters 670 und eines Schaufelsegmentes 672 in dem Schaufelmontageadapter 670, wobei das Schaufelsegment 672 nach rechts in Bezug auf die Mittellinie 678 des Schaufelmontageadapters verschoben ist. Wie veranschaulicht, ist die durch die Mittellinie 680 veranschaulichte Mitte des Schaufelsegmentes 672 gegenüber der Mittellinie 678 um einen Abstand 684 nach rechts verschoben. Erneut ist es, wie in **Fig. 24**, die Lage des Hohlraums 671 innerhalb des Schaufelmontageadapters 670, die das Schaufelsegment 672 nach rechts verschiebt. Auf diese Weise ermöglicht der Schaufelmontageadapter 670 eine ungleichmäßige Schaufelbeabstandung um einen Rotor und/oder Stator herum.

[0053] Technische Effekte der offenbarten Ausführungsformen gemäß der Erfindung umfassen die Fähigkeit, Laufschaufeln (oder Leitschaufeln) in einer Rotationsmaschine, beispielsweise einem Verdichter oder einer Turbine, ungleichmäßig voneinander zu beabstanden. Der ungleichmäßige Schaufelabstand kann mit Schaufelmontageadaptern, die vollständige Schaufelsegmente verschieben, erreicht. Der ungleichmäßige Schaufelabstand kann auch auf mehrere Stufen einer Rotationsmaschine, beispielsweise mehrere Turbinenstufen oder mehrere Verdichterstufen, angewandt werden. Zum Beispiel kann jede Stufe einen ungleichmäßigen Schaufel-Teilungsabstand aufweisen, der mit den anderen Stufen gleich sein kann oder sich von anderen Stufen

unterscheiden kann. In jeder dieser Ausführungsformen ist der ungleichmäßige Schaufelabstand konfiguriert, um die Möglichkeit einer Resonanz zu reduzieren, die auf eine periodische Erzeugung von Wirbelschleppen und Kopfwellen zurückzuführen ist. Außerdem kann der ungleichmäßige Schaufelabstand in effektiver Weise die Antwort von rotierenden und stationären Schaufelblättern oder Strukturen, die durch Wirbelschleppen und Kopfwellen verursacht werden, dämpfen und reduzieren. Auf diese Weise ist der ungleichmäßige Schaufelabstand in der Lage, den Einfluss von Wirbelschleppen und Kopfwellen auf verschiedene stromaufwärtige und stromabwärtige Komponenten, z.B. Leitschaufeln, Leitapparate, Statoren, Schaufelblätter, etc., zu verringern.

[0054] Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele zur Offenbarung der Erfindung, wozu die bevorzugte Ausführungsform gehört, sowie auch dazu, alle Fachleute in die Lage zu versetzen, die Erfindung umzusetzen, wozu die Herstellung und Verwendung jeglicher Vorrichtungen oder Systeme sowie die Durchführung jeglicher enthaltenen Verfahren gehören. Der patentierbare Schutzbereich der Erfindung ist durch die Patentansprüche definiert und kann weitere Beispiele einschließen, wie sie Fachleuten einfallen können. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Schutzbereich der Ansprüche enthalten sein, wenn sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche unwesentlichen Unterschieden aufweisen.

[0055] Ein System enthält eine Rotationsmaschine, die enthält: einen Stator 540, einen Rotor 500, der konfiguriert ist, um relativ zu dem Stator 540 zu rotieren, mehrere Axialnuten 520, die um einen Umfang des Stators 540 oder des Rotors 500 angeordnet sind, mehrere Schaufelsegmente 502, die um den Umfang angeordnet sind, wobei jedes Schaufelsegment 502 der mehreren Schaufelsegmente 502 eine Schaufel aufweist, die mit einem Laufschaufelfuß 512 gekoppelt ist, der in einer jeweiligen Axialnut 520 der mehreren Axialnuten 520 gehalten ist, und wobei die mehreren Schaufeln einen ungleichmäßigen Schaufelabstand um den Umfang aufweisen.

Bezugszeichenliste

150	Gasturbine
152	Verdichter
154	Turbine
156	Lufteinlassabschnitt
158	Brennkammern
160	Abgasabschnitt

162	Verdichterstufen	266	Umfangsabstand
164	Rotierende Verdichterlaufschaufeln	268	Umfangsabstand
166	Stationäre Verdichterleitschaufeln	270	Umfangsabstand
168	Brennstoffdüsen	280	Rotor
170	Übergangsstück	282	Rotor
172	Turbinenstufen	284	Rotor
174	Stufe	286	Laufschaufeln
176	Stufe	288	Oberer Abschnitt
178	Stufe	290	Oberer Abschnitt
180	Turbinenlaufschaufeln	292	Oberer Abschnitt
182	Turbinenleitschaufeln	294	Unterer Abschnitt
184	Jeweilige Turbinenlaufräder	296	Unterer Abschnitt
186	Rotierende Welle	298	Unterer Abschnitt
200	Rotor	310	Rotor
202	Abschnitt	312	Unterschiedlich große Abstandhalter
204	Abschnitt	314	Schaufelfüße
206	Zwischenlinie	316	Laufschaufeln
208	Laufschaufeln	318	Maß
210	Erster Umfangsabstand	320	Maß
212	Zweiter Umfangsabstand	322	Maß
220	Rotor	323	Rotor
222	Abschnitt	324	Unterschiedlich große Abstandhalter
224	Abschnitt	326	Schaufelfüße
226	Abschnitt	328	Laufschaufeln
228	Abschnitt	330	Winkelige Anschlussstelle
230	Zwischenlinie	332	Winkel
232	Zwischenlinie	334	Linie
234	Laufschaufeln	340	Rotor
236	Umfangsabstand	342	Unterschiedlich große Abstandhalter
238	Umfangsabstand	344	Schaufelfüße
240	Umfangsabstand	346	Laufschaufeln
242	Umfangsabstand	350	Nicht gerade verlaufende Anschlussstelle
250	Rotor		
252	Abschnitt	352	Erster gekrümmter Abschnitt
254	Abschnitt	354	Zweiter gekrümmter Abschnitt
256	Abschnitt	360	Laufschaufel
258	Zwischenlinie	361	T-förmige Geometrie
260	Zwischenlinie	362	Fußabschnitt
262	Zwischenlinie	364	Laufschaufelabschnitt
264	Laufschaufeln	366	Erster Flansch
		368	Zweiter Flansch

370	Hals	508	Abstand
372	Schlitz	510	Laufschaufel
374	Schlitz	512	Laufschaufelfuß
384	Rotor	519	Axialrichtung
386	Unterschiedlich groß bemessene Schaufelfüße	520	Nuten
388	Laufschaufeln	521	Achse
390	Maß	522	Klein
392	Maß	525	Mittelgroß
394	Maß	526	Groß
400	Rotor	540	Stator
402	Unterschiedlich große Schaufelfüße	542	Schaufelsegmente
404	Laufschaufeln	544	Abstand
406	Winkelige Anschlussstelle	548	Abstand
408	Winkel	550	Leitschaufel
409	Linie	552	Leitschaufelfuß
410	Rotor	570	Rotor
412	Unterschiedlich große Schaufelfüße	572	Laufschaufelsegmente
414	Schaufeln	573	Nuten
416	Nicht gerade verlaufende Anschluss- stelle	574	Laufschaufelfüße
418	Erster gekrümmter Abschnitt	576	Laufschaufeln
420	Zweiter gekrümmter Abschnitt	600	Stator
440	Stator	602	Schaufelsegmente
442	Unterschiedlich große Abstandhalter	603	Nuten
444	Schaufelfüße	604	Leitschaufelfüße
446	Leitschaufeln	606	Leitschaufeln
448	Maß	630	Schaufelsegment
450	Maß	632	Schaufel
452	Maß	634	Schaufelfuß
460	Stator	636	Mittellinie
462	Unterschiedlich groß bemessene Schaufelfüße	638	Mittellinie
464	Leitschaufeln	640	Abstand
466	Maß	642	Abstand
468	Maß	670	Schaufelmontageadapter
470	Maß	671	Hohlraum
500	Rotor	672	Schaufelsegment
502	Beabstandete Schaufelsegmente	674	Schaufelfuß
504	Abstand	676	Schaufel
506	Abstand	678	Mittellinie
		680	Mittellinie
		682	Abstand

684 Abstand

Patentansprüche

1. System, das aufweist:
 eine Rotationsmaschine, die aufweist:
 einen Stator (600);
 einen Rotor (570), der konfiguriert ist, um relativ zu dem Stator (540, 600) zu rotieren;
 mehrere Axialnuten (573, 603), die an einem Umfang des Stators (600) oder des Rotors angeordnet sind;
 mehrere Schaufelsegmente (672), die an dem Umfang angeordnet sind, wobei jedes Schaufelsegment (672) der mehreren Schaufelsegmente (672) eine Schaufel (676) aufweist, die mit einem Schaufelfuß (674) gekoppelt ist, der in einer jeweiligen Axialnut (573, 603) der mehreren Axialnuten (573, 603) gehalten ist, und wobei die mehreren Schaufeln (676) einen ungleichmäßigen Schaufelabstand um den Umfang aufweisen;
 wobei die mehreren Schaufelsegmente (672) mehrere uneinheitliche Schaufelmontageadapter (670) aufweisen, wobei jeder einzelne uneinheitliche Schaufelmontageadapter (670) zwischen einer jeweiligen einzelnen Axialnut (573, 603) der mehreren Axialnuten (573, 603) und einem jeweiligen einzelnen Schaufelfuß (674) der mehreren Schaufelsegmente (672) angeordnet ist;
 wobei jeder uneinheitliche Schaufelmontageadapter (670) eine Montageaufnahme zur Aufnahme eines Schaufelfußes (674) eines jeweiligen einzelnen Schaufelsegmentes (672) der mehreren Schaufelsegmente (672) aufweist; und
 wobei die mehreren uneinheitlichen Schaufelmontageadapter (670) wenigstens zwei verschiedene Schaufelmontageadapter (670) mit Montageaufnahmen aufweisen, die unterschiedlich in Bezug auf eine Mittellinie (678) des jeweiligen Schaufelmontageadapters (670) zu einer Seite des Schaufelmontageadapters (670) hin verschoben sind.

2. System nach Anspruch 1, wobei die mehreren ungleichmäßigen Schaufelmontageadapter (670) einen ersten Schaufelmontageadapter (670) mit einer ersten Montageaufnahme in einem ersten Abstand (682) relativ zu einer ersten Mittellinie (678) des ersten Schaufelmontageadapters (670) aufweisen, wobei die mehreren ungleichmäßigen Schaufelmontageadapter (670) einen zweiten Schaufelmontageadapter (670) mit einer zweiten Montageaufnahme in einem zweiten Abstand (684) relativ zu einer zweiten Mittellinie (678) des zweiten Schaufelmontageadapters (670) aufweisen, und wobei sich der erste und der zweite Abstand (682, 684) voneinander unterscheiden.

3. System nach Anspruch 1, wobei die mehreren Axialnuten (603) entlang des Umfangs des Stators (600) angeordnet sind.

4. System nach Anspruch 1, wobei die mehreren Axialnuten (573) entlang des Umfangs des Rotors (570) angeordnet sind.

5. System nach Anspruch 1, wobei die Rotationsmaschine einen Verdichter (152) aufweist.

6. System nach Anspruch 1, wobei die Rotationsmaschine eine Turbine (154) aufweist.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

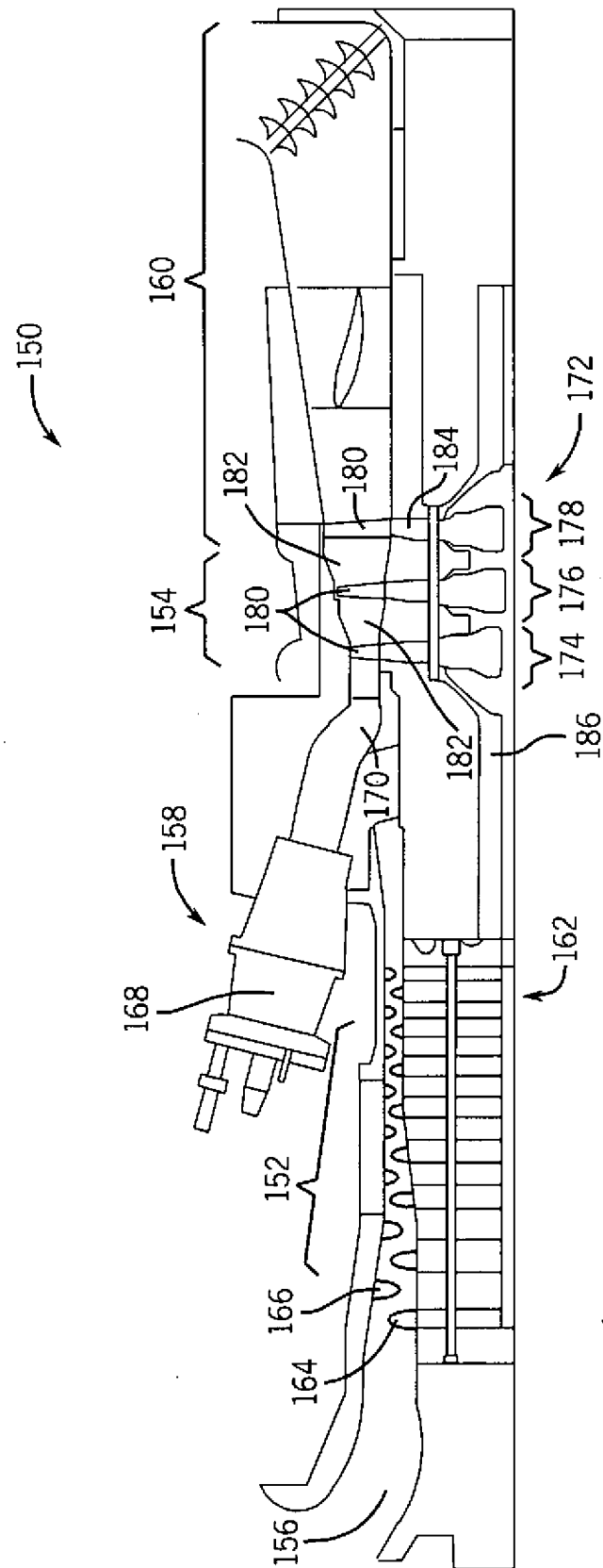
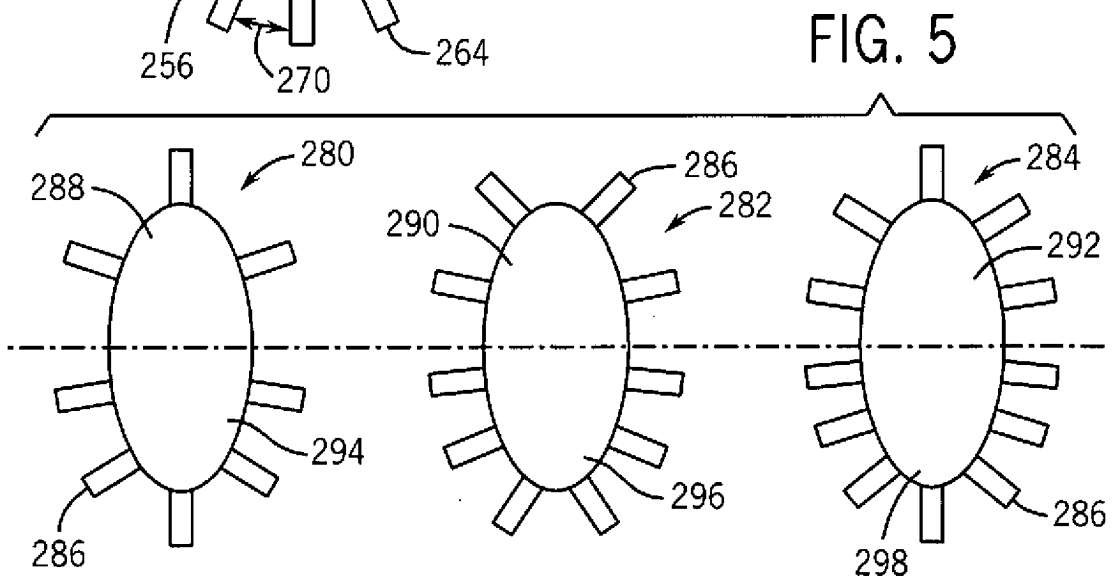
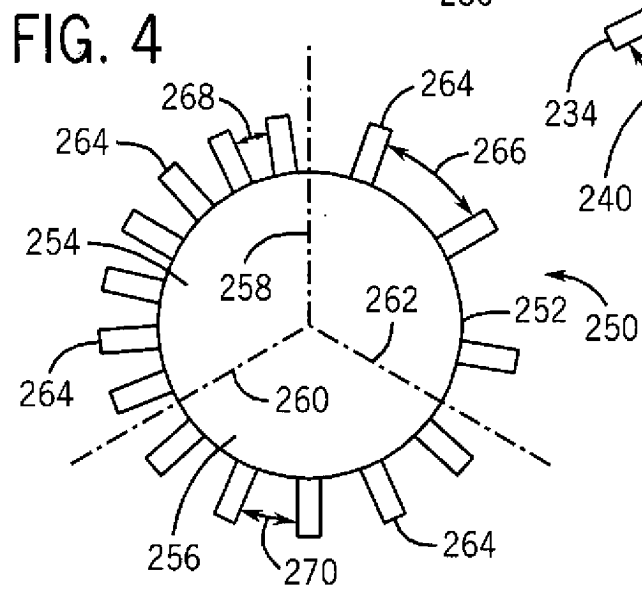
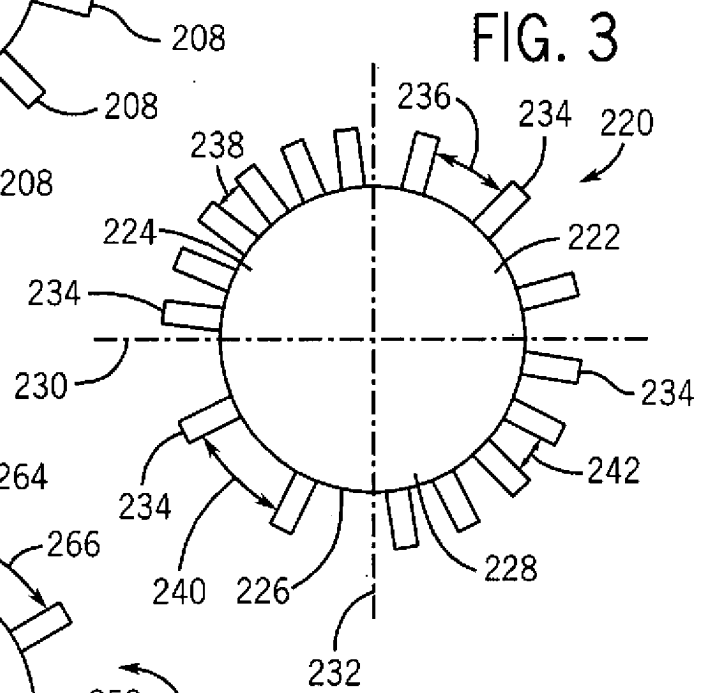
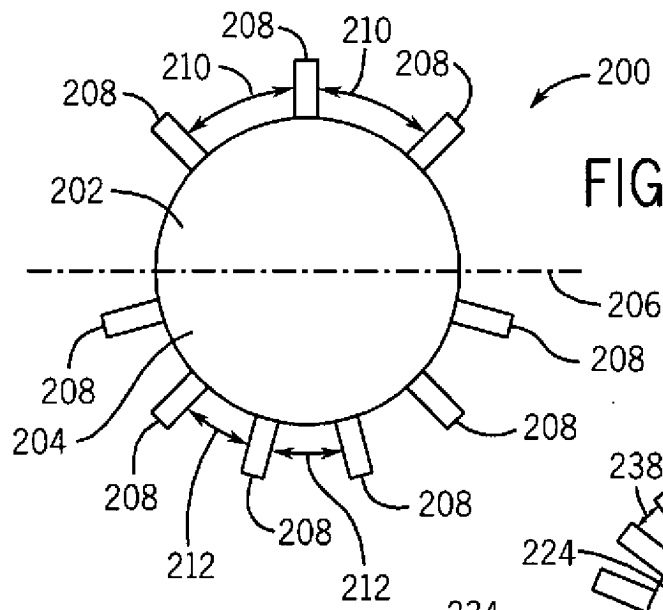
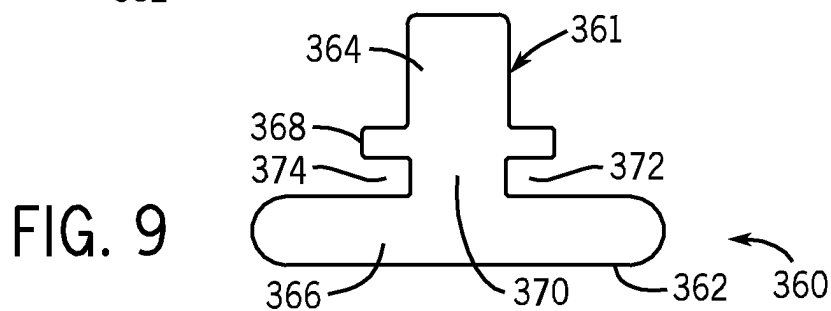
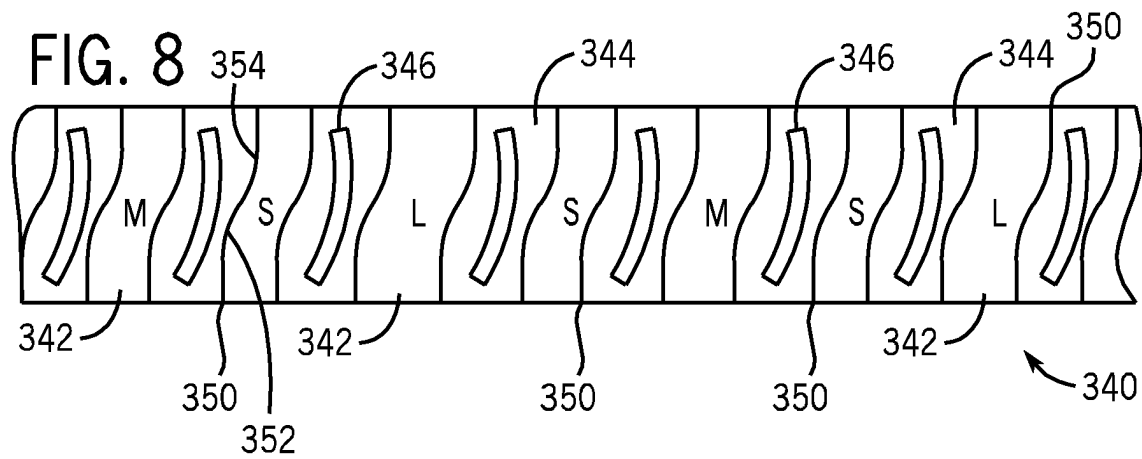
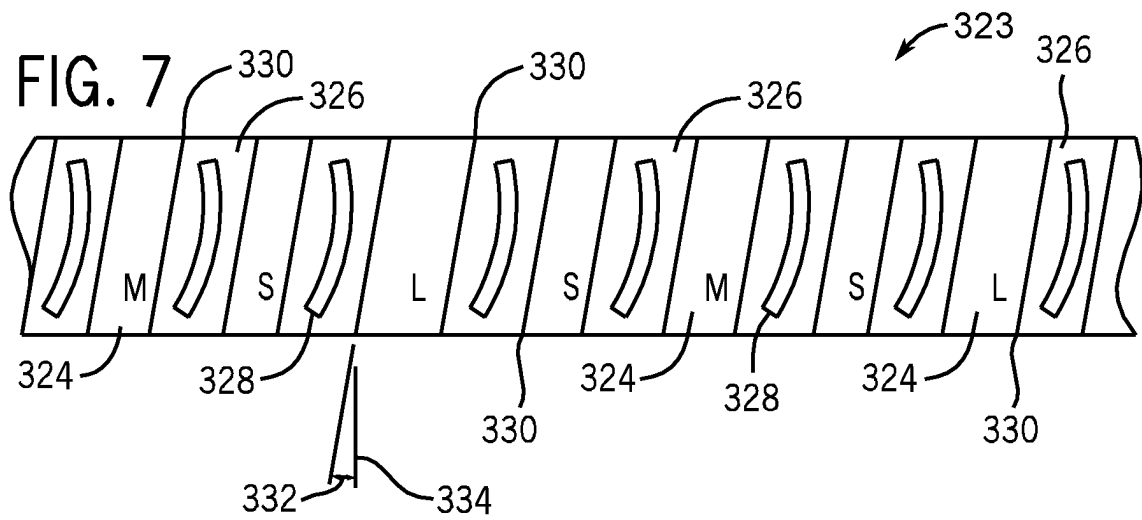
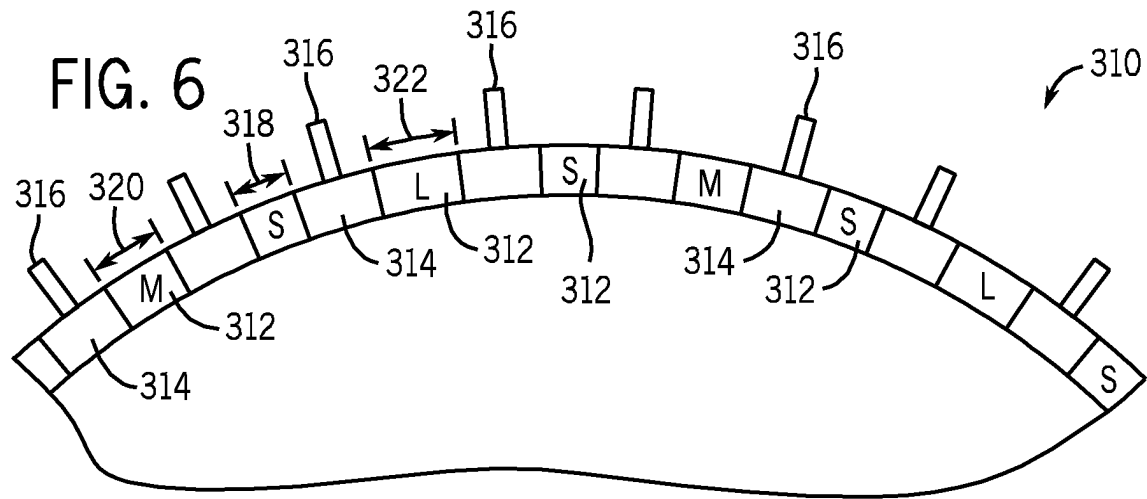
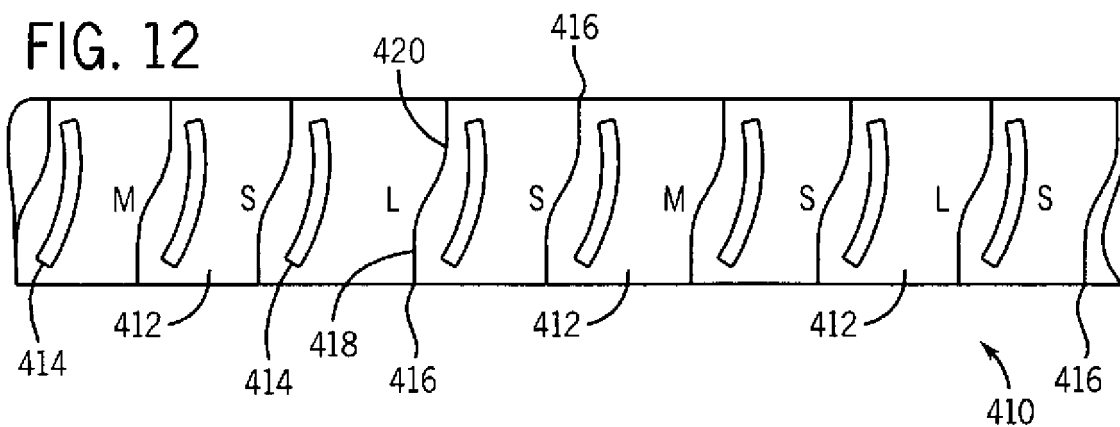
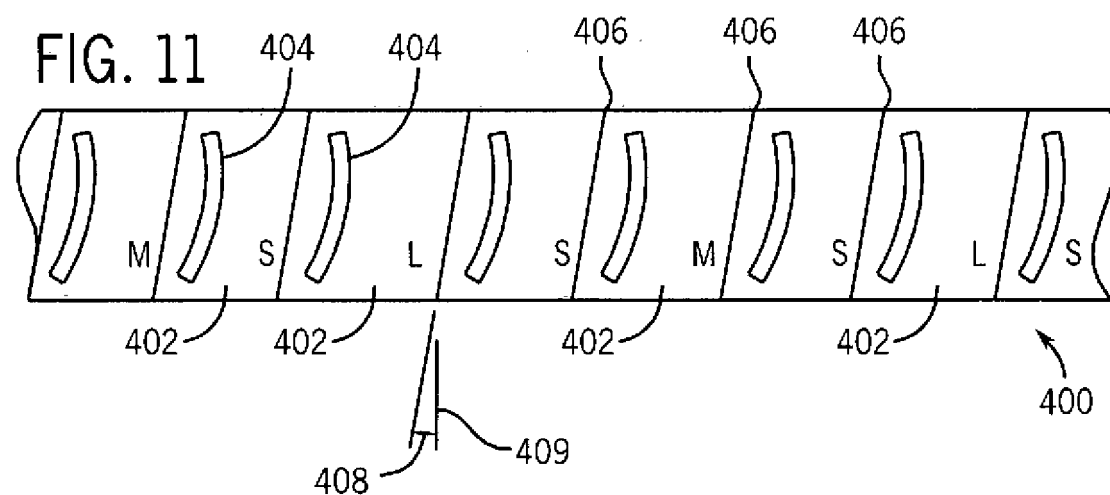
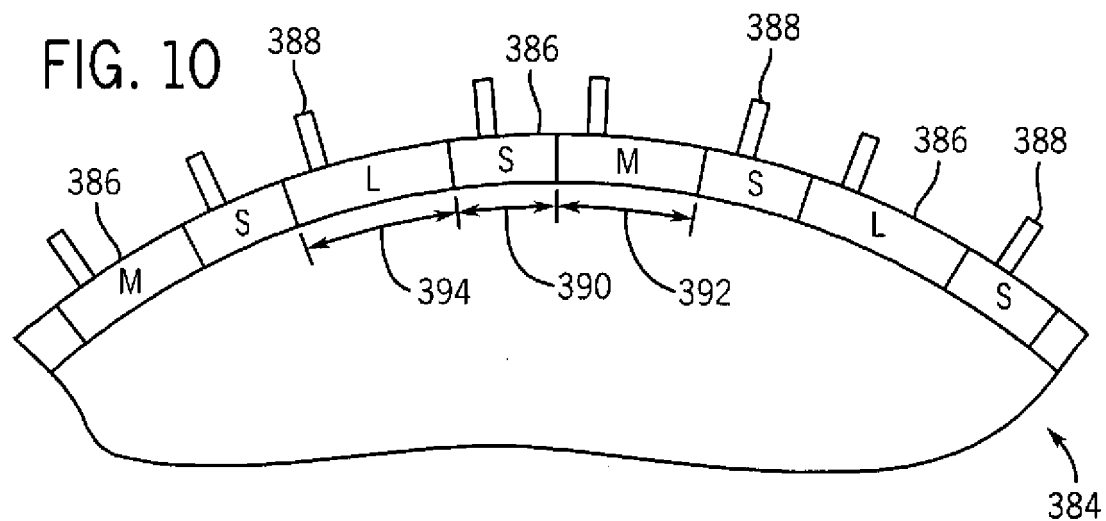


FIG. 1







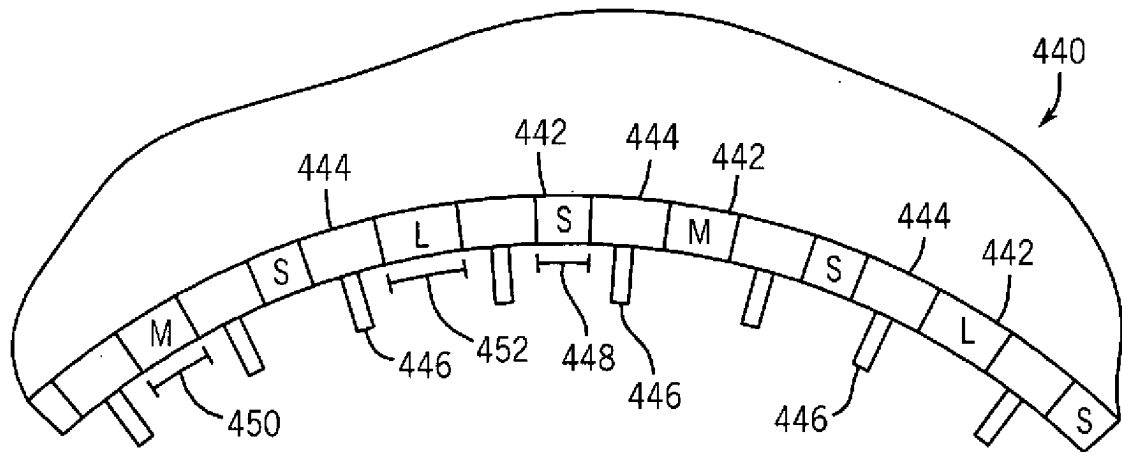


FIG. 13

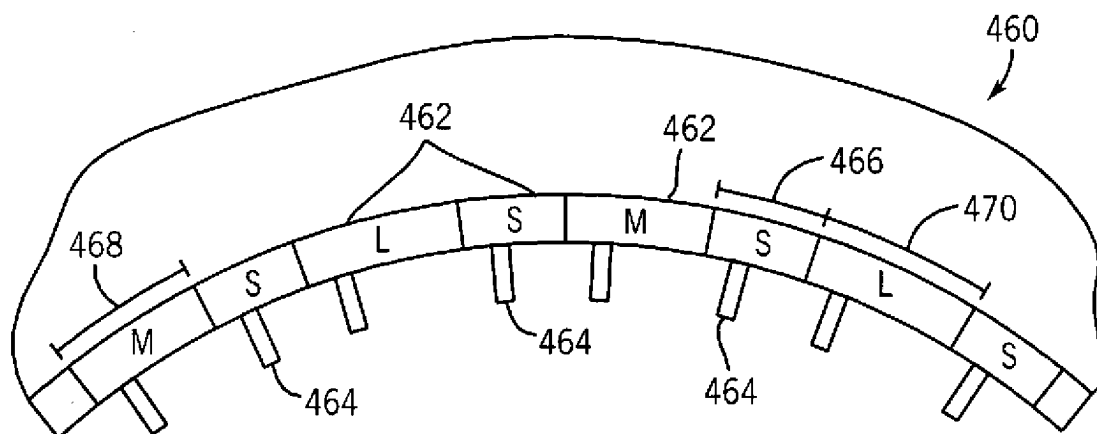


FIG. 14

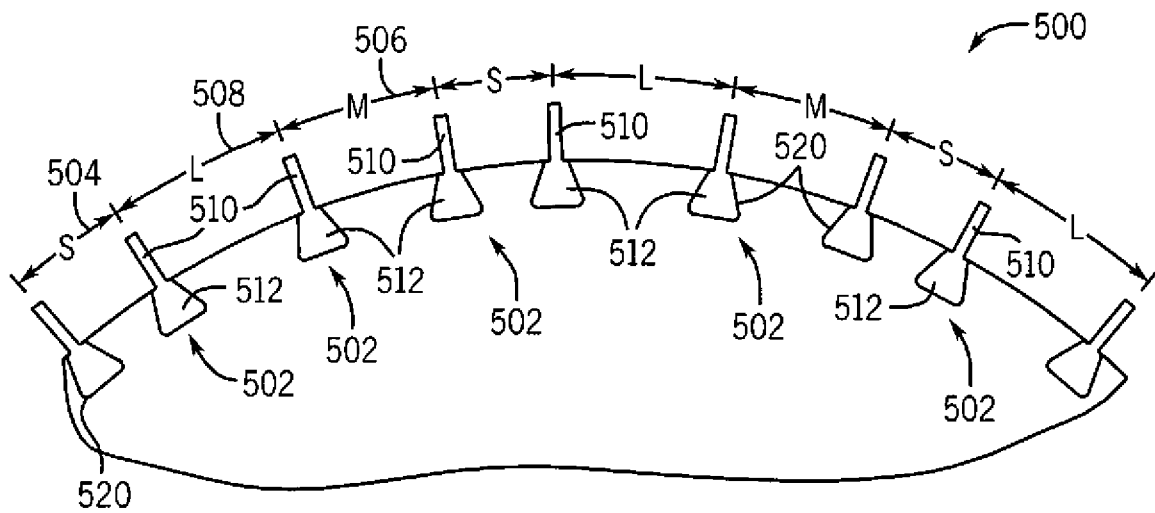


FIG. 15

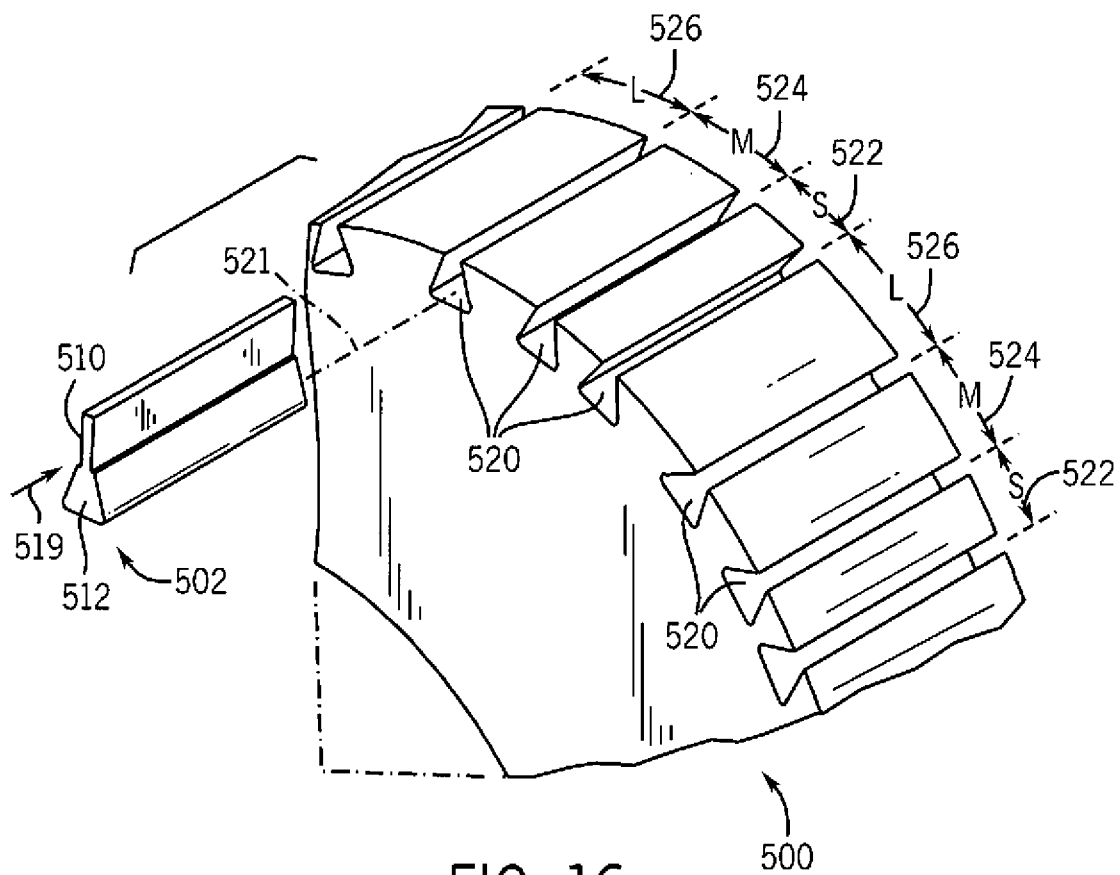


FIG. 16

