

(19)



(11)

EP 3 375 980 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.09.2018 Patentblatt 2018/38

(51) Int Cl.:
F01D 11/08 (2006.01) **F01D 11/12** (2006.01)
F04D 29/52 (2006.01) **F04D 29/68** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17160464.8**

(22) Anmeldetag: **13.03.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **MTU Aero Engines AG**
80995 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Schlothauer, Steffen**
85253 Erdweg (DE)

- **Stiehler, Frank**
04924 Bad Liebenwerda (DE)
- **Ladewig, Alexander**
83707 Bad Wiessee (DE)
- **Liebl, Christian**
85461 Bockhorn (DE)
- **Casper, Johannes**
85737 München (DE)
- **Kraus, Jürgen**
85221 Dachau (DE)
- **Jakimov, Andreas**
85777 Fahrenzhausen (DE)

(54) **DICHTUNGSTRÄGER FÜR EINE STRÖMUNGSMASCHINE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft einen Dichtungsträger (63) für eine Strömungsmaschine (60), der aus Dichtungsträgersegmenten zusammengesetzt ist, wobei die Dichtungsträgersegmente radial innen jeweils eine Dichtstruktur (1a, b) aufweisen und diese Dichtstrukturen (1a, b) in Umlaufrichtung (4) entweder derart mit-

einander verschränkt sind, dass eine die Längsachse (2) der Strömungsmaschine (60) beinhaltende Schnittebene sowohl die erste (1a) als auch die zweite Dichtstruktur (1b) schneidet, oder die Dichtstrukturen (1a, b) aneinander anliegen.

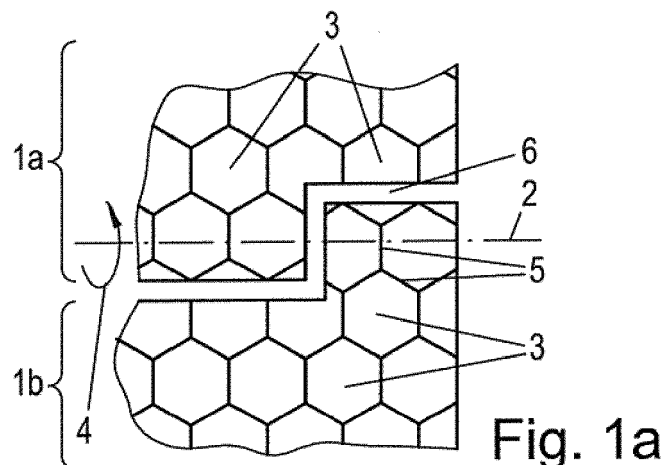


Fig. 1a

EP 3 375 980 A1

Beschreibung**Technisches Gebiet**

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Dichtungsträger für eine Strömungsmaschine.

Stand der Technik

10 **[0002]** Wie nachstehend im Einzelnen erläutert, kann es sich bei der Strömungsmaschine bevorzugt um ein Strahltriebwerk handeln. Ein Bestandteil davon ist ein sogenannter Dichtungsträger, der im Bereich eines Laufschaufelkranzes den Heißgaskanal nach radial außen hin einfasst. Ein solcher Dichtungsträger weist ein erstes und ein zweites Dichtungsträgersegment auf, die bezogen auf einen Umlauf um eine Längsachse der Strömungsmaschine aufeinander folgend zusammengesetzt sind. Radial innen weist das erste Dichtungsträgersegment eine erste Dichtstruktur auf und das zweite Dichtungsträgersegment eine zweite Dichtstruktur.

Darstellung der Erfindung

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, einen besonders vorteilhaften Dichtungsträger für eine Strömungsmaschine anzugeben.

20 **[0004]** Erfindungsgemäß löst diese Aufgabe zum einen ein Dichtungsträger gemäß Anspruch 1, bei dem die erste und die zweite Dichtstruktur bezogen auf den Umlauf um die Längsachse der Strömungsmaschine derart miteinander verschränkt sind, dass eine Schnittebene, welche die Längsachse der Strömungsmaschine beinhaltet, sowohl die erste also auch die zweite Dichtstruktur schneidet, sowie zum anderen

25 ein Dichtungsträger gemäß Anspruch 9, bei dem die erste und die zweite Dichtstruktur aneinander anliegen.

[0005] Bevorzugte Ausführungsformen finden sich in der vorliegenden Beschreibung und den abhängigen Ansprüchen, wobei in der Darstellung der Merkmale nicht immer im Einzelnen zwischen Verfahrens- und Vorrichtungs- bzw. Verwendungsaspekten unterschieden wird; jedenfalls implizit ist die Offenbarung hinsichtlich sämtlicher Anspruchskategorien zu lesen. Es sind insbesondere auch sämtliche zu einem Dichtungsträger getroffenen Angaben zugleich auf eine Strömungsmaschine, insbesondere ein Strahltriebwerk, mit einem solchen Dichtungsträger zu lesen.

30 **[0006]** Den beiden Lösungsvarianten, also der "Verschränkung" der Dichtstrukturen gemäß Anspruch 1 bzw. deren "Anlage" aneinander gemäß Anspruch 9, liegt dieselbe erfinderische Idee zugrunde, nämlich den Strömungspfad zwischen den Dichtstrukturen zu verlängern bzw. zu blockieren. Durch Erhöhung des Strömungswiderstands lässt sich die Dichtwirkung verbessern und damit ein höherer Wirkungsgrad erzielen. Werden hingegen im Unterschied zum erfindungsgemäßen Gegenstand Dichtungsträgersegmente gemäß dem Stand der Technik zusammengesetzt, liegt umlaufend zwischen den Dichtstrukturen in der Regel eine Trennfuge mit einer Größe zwischen 0,3 mm und 0,4 mm vor (in Umlaufrichtung genommen), die sich axial geradlinig durchgehend erstreckt. Dies bedingt Leckagen und hat Wirkungsgradeinbußen zur Folge.

35 **[0007]** Erfindungsgemäß wird dies vermieden, indem die Dichtstrukturen miteinander verschränkt sind oder aneinander anliegen, letzteres jedenfalls im Heißzustand, bevorzugt auch bereits im Kaltzustand. Gegenüber dem Vergleichsfall einer sich axial geradlinig durchgehend erstreckenden Trennfuge wird der Strömungspfad somit zumindest verlängert. Die in Anspruch 1 konkretisierte "Schnittebene", welche die Längsachse der Strömungsmaschine (nachstehend auch "Strömungsmaschinen-Längsachse") beinhaltet, sich also axial und radial erstreckt, schneidet aufgrund der Verschränkung sowohl die erste als auch die zweite Dichtstruktur. Dies gilt dann üblicherweise für sämtliche jeweils die Strömungsmaschinen-Längsachse beinhaltenden Schnittebenen, die innerhalb eines gewissen Umlaufwinkelintervalls liegen, das sich bspw. über mindestens 0,01°, 0,03° bzw. 0,05° und (davon unabhängig) z. B. nicht mehr als 1°, 0,8° bzw. 0,5° erstrecken kann (jeweils in der Reihenfolge der Nennung zunehmend bevorzugt). Im Vergleichsfall der axial geradlinigen Trennfuge gibt es hingegen keine einzige solche Schnittebene, die beide Dichtstrukturen zugleich schneidet (sondern schneiden entsprechende Ebenen entweder die eine oder die andere Dichtstruktur bzw. liegen sie dazwischen).

40 **[0008]** Das erste und das zweite Dichtungsträgersegment können bevorzugt jeweils eine Halbschale sein, siehe unten. Bevorzugt gibt es dann nicht nur einen durch die Verschränkung bzw. die Anlage strömungsoptimierten Übergang, sondern ist auch der zweite Übergang zwischen den Dichtstrukturen der Halbschalen optimiert, bevorzugt analog dem ersten (sind also die beiden Übergänge dann entweder durch die Verschränkung oder die Anlage optimiert). Ganz allgemein sind in dem Dichtungsträger bevorzugt sämtliche Übergänge zwischen umlaufend aufeinander folgenden Dichtstrukturen, die jeweils unterschiedlichen Dichtungsträgersegmenten zugeordnet sind, in erfindungsgemäßer Weise strömungsoptimiert.

55 **[0009]** Generell sind im Rahmen dieser Offenbarungen "ein" und "eine" als unbestimmte Artikel zu lesen, also ohne ausdrücklich gegenteilige Angabe jeweils auch als "mindestens ein" bzw. "mindestens eine". Es können also bspw., wie

vorstehend erläutert, auch mehrere Schnittebenen das hauptanspruchsgemäße Kriterium erfüllen bzw. können auch mehrere Übergänge des Dichtungsträgers entsprechend strömungsoptimiert sein. Die Strömungsmaschine kann dann bspw. eine Mehrzahl entsprechend gestalteter Dichtungsträger aufweisen.

[0010] Der Dichtungsträger ist aus den Dichtungsträgersegmenten "zusammengesetzt", letztere werden also zuvor jeweils für sich gesondert hergestellt und dann zusammengebaut. Der Zusammenbau kann im Allgemeinen auch stoffschlüssig erfolgen, bspw. durch Schweißen oder Verlöten, etwa induktives Löten. Bevorzugt kann ein Dichtungsträger sein, der aus zwei Dichtungsträgerhalbschalen zusammengesetzt ist, die miteinander ausschließlich form- und/oder kraftschlüssig zusammengebaut sind. Die Dichtungsträgerhalbschalen können dabei aber bspw. auch ihrerseits jeweils aus mehreren Dichtungsträgersegmenten aufgebaut sein, die je Dichtungsträgerhalbschale miteinander stoffschlüssig verbunden, insbesondere verlötet sind, bevorzugt jeweils aus drei Dichtungsträgersegmenten. Bevorzugt sind dann sowohl die Übergänge zwischen den Dichtungsträgerhalbschalen als auch jene innerhalb einer jeweiligen Halbschale in erfindungsgemäßer Weise strömungsoptimiert. Die Herstellung der Dichtungsträgersegmente erfolgt bevorzugt generativ, also durch selektives Verfestigen eines formlosen oder formneutralen Materials, siehe unten im Detail. Mit dem generativen Aufbau lassen sich die Verschränkungs- bzw. Anlagestrukturen besonders gut erzeugen.

[0011] Nachstehend wird nun zunächst die Variante "Verschränkung" weiter im Detail erläutert.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausführungsform hat eine Trennfuge zwischen der ersten und der zweiten Dichtstruktur in radialer Richtung gesehen, etwa von der Strömungsmaschinen-Längsachse aus nach radial außen darauf blickend, zumindest abschnittsweise einen zur axialen Richtung gewinkelten Verlauf. In anderen Worten soll sich die Trennfuge nicht axial geradlinig durchgehend erstrecken, sondern bspw. eine Stufenform, mit einer bzw. auch mehreren Stufen, bzw. auch einen gekrümmten Verlauf haben, also eine Kurvenform beschreiben (im Sinne einer stetig differenzierbaren Kurve).

[0013] Unabhängig davon im Einzelnen wird durch den zumindest abschnittsweise, also jedenfalls in einem axialen Abschnitt, zur axialen Richtung gewinkelten Verlauf der Strömungspfad zwischen den Dichtstrukturen verlängert. "Gewinkelt" kann bspw. einen Winkel von 90° meinen, etwa im Falle einer reinen Stufenform auch in Verbindung mit einer ansonsten achsparallelen Erstreckung; andererseits sind auch beliebige Winkel kleiner 90° möglich (betrachtet wird immer der kleinste mit der axialen Richtung eingeschlossene Winkel), wobei sich der Winkel über die axiale Erstreckung der Trennfuge auch ändern kann. Radial kann sich die Trennfuge zumindest abschnittsweise gewinkelt zur radialen Richtung erstrecken; bevorzugt ist jedoch eine Trennfuge mit in radialer Richtung geradliniger, ausschließlich radialer Erstreckung.

[0014] Soweit generell im Rahmen dieser Offenbarung auf eine Anordnung "axial" bzw. eine "axiale Richtung" Bezug genommen wird, bezieht sich dies auf die Strömungsmaschinen-Längsachse. In der Strömungsmaschine ist die "Strömungsmaschinen-Längsachse" dann bspw. eine Rotationsachse, um welche der in dem Dichtungsträger angeordnete Laufschaufelkranz drehbar gelagert ist. Auch "radial" bzw. die "Radialrichtung" beziehen sich auf die Strömungsmaschinen-Längsachse, liegen nämlich senkrecht dazu. Gleichermaßen beziehen sich "Umlauf" und die "Umlaufrichtung" darauf, nämlich auf einen Umlauf um die Strömungsmaschinen-Längsachse als Rotationsachse.

[0015] Generell bilden die Dichtstrukturen bevorzugt eine Hohlraumstruktur mit mehreren axial und umlaufend über Hohlraumwände voneinander getrennten Hohlräumen. Die Hohlräume werden zwar axial und umlaufend von den Hohlraumwänden eingefasst und sind auch nach radial außen bevorzugt geschlossen, zur Strömungsmaschinen-Längsachse hin, also nach radial innen, sind sie jedoch offen. Als Hohlraumstruktur kann eine Wabenstruktur bevorzugt sein. Die von den Hohlraumwänden begrenzten Hohlräume haben dann, in radialer Richtung gesehen, jeweils eine sechseckige Form. Dies ist aber im Allgemeinen nicht zwingend. Soweit generell auf "axial und umlaufend" über die Hohlraumwände voneinander getrennte und damit aufeinander folgende Hohlräume Bezug genommen wird, meint dies, dass ein Teil der Hohlräume axial und ein anderer Teil umlaufend aufeinander folgt, wobei je nach Form und Anordnung einige Hohlräume auch tatsächlich zugleich axial und umlaufend aufeinander folgen können.

[0016] Bei einer bevorzugten Ausführungsform, welche die Trennfuge mit zumindest abschnittsweise gewinkelter Erstreckung betrifft, durchsetzt die Trennfuge zumindest einen der Hohlräume. Dieser zumindest eine Hohlraum wird dann von der ersten und der zweiten Dichtstruktur gemeinsam gebildet, die Dichtstrukturen sind an der Trennfuge zueinander hin also zumindest teilweise geöffnet (bezogen auf die Umlaufrichtung).

[0017] Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform sind die Dichtstrukturen an der Trennfuge zueinander hin geschlossen, wird die Trennfuge also über ihre gesamte Erstreckung umlaufend beidseitig von trennfugenseitigen Hohlraumwänden der beiden Dichtstrukturen eingefasst. In anderen Worten ist die sich zumindest abschnittsweise gewinkelt erstreckende Trennfuge derart in die Hohlraumstruktur hineingelegt, dass sie sich zwischen den Hohlräumen der Dichtstrukturen erstreckt und dabei keinen der Hohlräume durchsetzt. Von einer zwischen den Dichtstrukturen gedacht ununterbrochenen Hohlraumstruktur ausgehend wird die Trennfuge also ausschließlich entlang von Hohlraumwänden durch die Struktur gelegt.

[0018] In bevorzugter Ausgestaltung sind die Hohlräume zumindest in Umlaufrichtung regelmäßig angeordnet, auch über die Trennfuge hinweg. Infolge der "regelmäßigen" Anordnung kann über den Umlauf hinweg im Allgemeinen bspw. eine bestimmte Abfolge unterschiedlich geformter und/oder angeordneter Hohlräume periodisch, also wiederholt auf-

treten. Bevorzugt wiederholt sich über den Umlauf hinweg genau ein Typ Hohlraum (eine Form), und zwar weiter bevorzugt umlaufend in äquidistanter Anordnung und gleiche Ausrichtung (die Anordnung ist mit einer bestimmten Zähligkeit drehsymmetrisch). Vorzugsweise sind die Hohlräume auch in axialer Richtung regelmäßig angeordnet, wiederholt sich also besonders bevorzugt derselbe Typ Hohlraum in axialer Richtung in äquidistanter Anordnung.

[0019] Bevorzugt haben die Hohlräume in radialer Richtung gesehen jeweils eine polygonförmige Außenform, besonders bevorzugt eine Sechseckform (Wabenform). Im Falle der an der Trennfuge zueinander hin geschlossenen Dichtstrukturen kann sich die Trennfuge dann bei jeder darangrenzenden Wabe entlang zwei Seitenkanten erstrecken, also eine Zick-Zack-Linie beschreiben.

[0020] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Dichtstrukturen dahingehend miteinander verschränkt, dass eine Hohlraumwand der ersten Dichtstruktur in Umlaufrichtung in die zweite Dichtstruktur hineinreicht. Diese Hohlraumwand der ersten Dichtstruktur ist dann axial zwischen Hohlraumwänden der zweiten Dichtstruktur angeordnet, dabei aber vorzugsweise auch axial dazu beabstandet. Bevorzugt reicht auch eine Hohlraumwand der zweiten Dichtstruktur in Umlaufrichtung in die erste Dichtstruktur hinein (und ist sie axial zwischen Hohlraumwänden der ersten Dichtstruktur angeordnet). Weiter bevorzugt gibt es je Dichtstruktur jeweils eine Mehrzahl entsprechend in Umlaufrichtung in die jeweilig andere Dichtstruktur hineinreichender Hohlraumwände. Besonders bevorzugt folgen die entsprechenden Hohlraumwände der beiden Dichtstrukturen in axialer Richtung abwechselnd aufeinander, wird die Schnittebene also abwechselnd von jeweils einer Hohlraumwand der ersten und der zweiten Dichtstruktur durchsetzt. Auch unabhängig davon im Einzelnen muss das "in Umlaufrichtung hineinreichen" der jeweiligen Hohlraumwand nicht notwendigerweise eine Erstreckung ausschließlich in Umlaufrichtung implizieren, wenngleich dies bevorzugt ist (in einer Ansicht radial darauf blickend).

[0021] In bevorzugter Ausgestaltung endet bzw. enden die in die jeweilig andere Dichtstruktur hineinreichende(n) Hohlraumwand bzw. -wände in der jeweilig anderen Dichtstruktur jeweils zu deren Hohlraumwänden beabstandet. Trotz der Verschränkung verbleibt also zwischen den Hohlraumwänden der ersten und der zweiten Dichtstruktur gleichwohl ein gewisses Spiel. Dies kann bspw. hinsichtlich mitunter großer Temperaturdifferenzen, die zwischen Aus- und Betriebszustand auftreten können, vorteilhaft sein. Trotz eines möglichen, infolge der Temperaturdifferenzen auftretenden Relativversatzes kann somit Verspannungen vorgebeugt werden.

[0022] Bei einer bevorzugten Ausführungsform geht an der Schnittebene eine Hohlraumwand der ersten Dichtstruktur in eine Hohlraumwand der zweiten Dichtstruktur über, bilden die beiden Hohlraumwände miteinander nämlich einen Formschluss. Dieser Formschluss soll ein Relativversetzen in Bezug auf die axiale Richtung blockieren, im Allgemeinen auch nur im Bezug auf eine der axialen Richtungen, bevorzugt jedoch in Bezug auf beide einander entgegengesetzten axialen Richtungen.

[0023] In bevorzugter Ausgestaltung sind die ineinander übergehenden Hohlraumwände nut und feder-artig zusammengesetzt, bildet also eine der Hohlraumwände an ihrem umlaufseitigen Ende eine Nut, in welche die andere Hohlraumwand mit ihrem umlaufseitigen Ende eingesetzt ist. Ihre Längenerstreckung können der Nutgrund und die Feder hierbei jeweils im Wesentlichen in radialer Richtung haben. Wenngleich der Formschluss einen axialen Relativversatz blockiert, kann in Umlaufrichtung aus den einige Absätze zuvor geschilderten Gründen noch ein gewisses Spiel bestehen, muss die Feder also nicht zwingend bis zum Nutgrund reichen, jedenfalls im Kaltzustand. Nachstehend werden die aneinander anliegenden Dichtstrukturen weiter im Detail erläutert.

[0024] In bevorzugter Ausgestaltung weist die erste Dichtstruktur ein Federelement auf und liegt sie mit diesem Federelement an der zweiten Dichtstruktur an. Das Federelement bildet eine Anlagefläche, die infolge der Federeigenschaft in Umlaufrichtung elastisch versetzbar gelagert ist. Dieses "elastisch-versetzbar-gelagert-Sein" geht über eine materialinhärente, über den E-Modul erfasste Elastizität hinaus, wird nämlich bspw. durch eine zumindest abschnitts- bzw. bereichsweise freitragend ausgeführte Federelement-Geometrie unterstützt. In radialer Richtung gesehen kann das Federelement bspw. eine Spangen- bzw. Brückenform haben. Bevorzugt weist auch die zweite Dichtstruktur ein Federelement auf, welches eine elastisch versetzbar gelagerte Anlagefläche bildet, wobei die beiden Dichtstrukturen dann mit ihren Federelementen aneinander anliegen.

[0025] Das Vorsehen einer elastisch gelagerten Anlagefläche kann mit Blick auf einen gewissen Versatzausgleich von Interesse sein, vgl. auch die vorstehenden Anmerkungen. Idealerweise lässt sich ein Dichtungsträger realisieren, bei dem die Dichtstrukturen sowohl im Kalt- als auch im Heißzustand aneinander anliegen, und zwar ohne materialkritische Verspannungen.

[0026] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das Federelement mit einem Lagerungsbereich in der übrigen Dichtstruktur verschiebbar gelagert, wobei der Versatz der Anlagefläche in Umlaufrichtung anteilig in eine Verschiebung des Lagerungsbereichs umgesetzt wird. Im Allgemeinen kann das Federelement dabei an seinem entgegengesetzten Ende auch monolithisch mit der übrigen Dichtstruktur ausgebildet sein, bevorzugt weist es jedoch einen weiteren Lagerungsbereich auf, der ebenfalls in der übrigen Dichtstruktur verschiebbar gelagert ist. Je Lagerungspunkt ergibt sich infolge des "verschiebbar-gelagert-Seins" eine Relativbeweglichkeit (des Lagerungspunktes gegenüber der übrigen Dichtstruktur) mit zumindest einer Richtungskomponente in axialer Richtung, bevorzugt kann eine insgesamt axial ausgerichtete Verschiebestrecke sein. Auch unabhängig davon im Einzelnen lässt sich eine entsprechende Dichtstruktur

mit Federelement in besonders vorteilhafter Weise generativ herstellen, wobei das Lager dann bspw. bereichsweise mit einem Opfermaterial aufgebaut wird und die Relativbeweglichkeit dann nach dessen Auslösen gegeben ist.

[0027] Bei einer bevorzugten Ausführungsform, die sowohl im Falle der "Anlage" als auch bei der "Verschränkung" von Interesse sein kann, weisen die Dichtungsträgersegmente radial außerhalb der jeweiligen Dichtstruktur jeweils eine Trägerstruktur auf. Die Dichtungsträgersegmente sind über ihre Trägerstrukturen miteinander verbunden, insbesondere form- und/oder kraftschlüssig, abgesehen davon jedoch in ihren Dichtstrukturen relativ zueinander beweglich. Es wird auf die vorstehenden Angaben zum Versatzausgleich und zu dessen Vorteilen verwiesen.

[0028] In bevorzugter Ausgestaltung ist das erste Dichtungsträgersegment eine erste Dichtungsträgerhalbschale und ist das zweite Dichtungsträgersegment eine zweite Dichtungsträgerhalbschale, vgl. auch die Anmerkungen eingangs. Bevorzugt erstreckt sich jede der Dichtungsträgerhalbschalen umlaufend über 180°. Der Dichtungsträger ist dann, bezogen auf die Umlaufrichtung, ausschließlich aus den beiden Dichtungsträgerhalbschalen zusammengesetzt, diese sind miteinander form- und/oder kraftschlüssig verbunden, bevorzugt ausschließlich form- und/oder kraftschlüssig. In anderen Worten bilden die beiden Halbschalen über den gesamten Umlauf den Dichtungsträger, gibt es also in dem Dichtungsträger von den Halbschalen abgesehen keine weiteren Dichtungsträgersegmente.

[0029] Wie bereits erwähnt, sind die Dichtungsträgersegmente in bevorzugter Ausgestaltung jeweils für sich generativ gefertigte Teile. Ganz allgemein ausgedrückt werden die Teile also anhand eines Datenmodells aus einem formlosen oder formneutralen Material aufgebaut, das bspw. mittels physikalischer und/oder chemischer Prozesse, etwa durch ein selektiv lokales Aufschmelzen, selektiv bereichsweise in einen formfesten Zustand übergeführt wird. Dementsprechend ist eine große Bandbreite unterschiedlicher Geometrien herstellbar, kann also bspw. in die Dichtstruktur ein Federelement eingeformt werden oder lassen sich in Umlaufrichtung überstehende Hohlraumwände realisieren, die dann nach dem Zusammenbau in die andere Dichtstruktur hineinragen. Eine Trägerstruktur, die dann idealerweise mit der Dichtstruktur im selben Prozess aufgebaut wird, kann andererseits auf spezielle strukturelle Anforderungen hin optimiert werden. Auch unabhängig davon im Einzelnen kann für die Dichtungsträgersegmente jeweils ein Aufbau aus einem Pulverbett bevorzugt sein, also durch schichtweise selektives Verfestigen eines Pulverbetts durch entsprechend selektive Bestrahlung, bevorzugt durch einen Laserstrahl.

[0030] Wie bereits erwähnt, betrifft die Erfindung auch eine Strömungsmaschine mit einem vorliegend offenbaren Dichtungsträger, insbesondere ein Strahltriebwerk.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0031] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, wobei die einzelnen Merkmale im Rahmen der nebengeordneten Ansprüche auch in anderer Kombination erfindungswesentlich sein können und auch weiterhin nicht im Einzelnen zwischen den unterschiedlichen Anspruchskategorien unterschieden wird.

[0032] Im Einzelnen zeigen

- Figur 1a-b jeweils zwei Dichtstrukturen eines Dichtungsträgers, die in einer sich zumindest abschnittsweise gewinkelt erstreckenden Trennfuge aneinander grenzen und dabei zueinander hin geöffnet sind;
- Figur 2 zwei Dichtstrukturen eines Dichtungsträgers, die in einer sich gewinkelt zur axialen Richtung erstreckenden Trennfuge aneinander grenzen und dabei zueinander hin geschlossen sind;
- Figur 3 zwei Dichtstrukturen eines Dichtungsträgers mit einer Hohlraumstruktur, deren Hohlraumwände wechselseitig in die jeweilig andere Dichtstruktur hineinreichen;
- Figur 4 zwei Dichtstrukturen eines Dichtungsträgers mit einer Hohlraumstruktur, deren Hohlraumwände an einer Trennfuge zwischen den Dichtstrukturen formschlüssig ineinander übergehen;
- Figur 5a, b zwei Dichtstrukturen eines Dichtungsträgers, die mit Federelementen aneinander anliegen;
- Figur 6 ein Strahltriebwerk mit einem Dichtungsträger in schematischer Ansicht.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

[0033] Die Figuren 1a-c illustrieren jeweils eine erste Dichtstruktur 1a und eine zweite Dichtstruktur 1b, und zwar radial zu einer Strömungsmaschinen-Längsachse 2 darauf blickend. Die Dichtstrukturen 1a, b sind jeweils Teil einer jeweiligen Dichtungsträgerhalbschale (nicht im Einzelnen dargestellt), die Dichtungsträgerhalbschalen sind zu einem Dichtungsträger zusammengesetzt. Dazu weisen die Dichtungsträgerhalbschalen radial außerhalb der jeweiligen Dichtstruktur 1a, b jeweils eine Trägerstruktur auf, über welche die Halbschalen miteinander verbunden sind. Die in den Figuren

gezeigten Dichtstrukturen 1a, b bilden den radial inneren Teil des Dichtungsträgers. Vereinfacht ausgedrückt hat der Dichtungsträger insgesamt eine Ringform und begrenzt er den Heißgaskanal eines Strahltriebwerks nach radial außen. In dem Strahltriebwerk beherbergt der Dichtungsträger einen Laufschaufelkranz, mit ihren radial äußeren Enden streifen die Laufschaufeln dann also entlang der in den Figuren dargestellten Dichtstruktur 1, diese wird auch als Einlaufbelag bezeichnet.

[0034] Die erste Dichtstruktur 1a und die zweite Dichtstruktur 1a bilden einen Hohlraumstruktur mit mehreren nach radial innen offenen, wabenförmigen Hohlräumen 3. Axial und in Umlaufrichtung 4 sind die Hohlräume 3 über Hohlraumwände 5 voneinander getrennt.

[0035] Zwischen der ersten 1a und der zweiten Dichtstruktur verläuft eine Trennfuge 6. Im Falle der Figuren 1a-c sind die erste 1a und die zweite Dichtstruktur 1b an der Trennfuge 6 zueinander hin geöffnet. Die Trennfuge 6 durchsetzt also einige der Hohlräume 3, die an der Trennfuge 6 angeordneten Hohlräume 3 werden sowohl von Hohlraumwänden 5 der ersten 1a als auch der zweiten Dichtstruktur 1b begrenzt. Im Übrigen unterschieden sich die Figuren 1a-c dann im Verlauf der Trennfuge 6.

[0036] So zeigt Figur 1a eine Trennfuge 6 mit einer Stufe, davon abgesehen aber achsparalleler Erstreckung. Im Unterschied dazu hat die Trennfuge 6 gemäß Figur 1b über ihre gesamte axiale Erstreckung einen gekrümmten Verlauf, der mit der axialen Richtung eingeschlossene Winkel ändert sich über die axiale Erstreckung. Die Trennfuge 6 der Ausführungsform gemäß Figur 1c hat zwar für sich betrachtet eine geradlinige Erstreckung, liegt aber insgesamt zur axialen Richtung verkippt. Jede dieser Ausführungsformen ist insoweit vorteilhaft, als die Trennfuge 6 im Vergleich zu einer geradlinigen und ausschließlich achsparallelen Erstreckung verlängert ist, was entsprechend den Strömungspfad verlängert und damit den Strömungswiderstand erhöht. Damit lässt sich der Wirkungsgrad verbessern, vgl. auch die Beschreibungseinleitung.

[0037] Einen verbesserten Wirkungsgrad ergibt auch die Ausführungsform gemäß Figur 2, bei welcher die Trennfuge 6 eine Zick-Zack-Linie beschreibt. Im Unterschied zu den Ausführungsformen gemäß den Figuren 1a-c sind die erste 1a und die zweite Dichtstruktur 1b in diesem Fall jedoch an der Trennfuge 6 zueinander hin geschlossen. Die Trennfuge 6 durchsetzt also keinen der Hohlräume 3. Sie wird umlaufend beidseits von trennfugenseitigen Hohlraumwänden 5aa, 5ba der jeweiligen Dichtstruktur 1a, b eingefasst.

[0038] Bei der Ausführungsform gemäß Figur 3 wird eine Verlängerung des Strömungspfades zwischen den Dichtstrukturen 1a, b erreicht, indem Hohlraumwände 5ab der ersten Dichtstruktur 1a in die zweite Dichtstruktur 1b hineinreichen und Hohlraumwände 5bb der zweiten Dichtstruktur 1b in die erste Dichtstruktur 1a hineinreichen. Der Strömungspfad wird also labyrinthartig verlängert.

[0039] Bei der Ausführungsform gemäß Figur 4 gehen Hohlraumwände 5ac der ersten Dichtstruktur 1a formschlüssig in Hohlraumwände 5bc der zweiten Dichtstruktur 1b über. Dazu greifen die Hohlraumwände 5ac, 5bc nut- und federartig ineinander, womit im Idealfall ein Strömungspfad zwischen den Dichtstrukturen 1a, b auch vollständig blockiert werden kann.

[0040] Bei sämtlichen bislang geschilderten Ausführungsformen waren die erste 1a und die zweite Dichtstruktur 1b miteinander verschränkt, gibt es also eine die Strömungsmaschinen-Längsachse 2 beinhaltende Schnittebene (die Schnittebene erstreckt sich axial und radial), die sowohl die erste 1a also auch die zweite Dichtstruktur 1b schneidet. Bei den dargestellten Ausführungsformen würde diese Schnittebene horizontal in der Zeichenebene und senkrecht dazu liegen.

[0041] Auch mit der Ausführungsform bzw. den Ausführungsformen gemäß den Figuren 5a, b wird eine Verlängerung bzw. Blockade der Strömungspfade zwischen den Dichtstrukturen 1a, b erreicht. In diesem Fall liegen die Dichtstrukturen jedoch aneinander an, wozu sie jeweils ein Federelement 50a, b aufweisen. Die Federelemente 50a, b bilden jeweils eine Anlagefläche 51a, b, damit liegen sie aneinander an. Aufgrund der federnden Eigenschaften sind die Anlageflächen 51a, b in Umlaufrichtung ein Stück weit elastisch versetzbar gelagert, was einen Versatzausgleich erlaubt, etwa im Falle von Temperaturschwankungen.

[0042] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5a sind die Federelemente 50a, b jeweils axial endseitig mit der übrigen jeweiligen Dichtstruktur 1a, b verbunden, dazwischen sind sie zur Unterstützung der Federfunktion freitragend ausgeführt. Bei der Ausführungsform gemäß 5b ist das Federelement 50a mit zwei an den axial entgegengesetzten Enden angeordneten Lagerungsbereichen 50aa, ab jeweils verschiebbar in der übrigen Dichtstruktur gelagert. Wird die Anlagefläche 51 also in Umlaufrichtung 4 versetzt, wird ein Teil dieses Versatzes in eine Verschiebung der Lagerungsbereiche 50aa, ab umgesetzt.

[0043] Figur 6 zeigt eine Strömungsmaschine 60, nämlich ein Strahltriebwerk, in einem schematischen Schnitt, wobei die Schnittebene die Längsachse 2 der Strömungsmaschine 60 beinhaltet. Die Strömungsmaschine gliedert sich funktional in Verdichter 60a, Brennkammer 60b und Turbine 60c. Der Verdichter 60a ist aus mehreren Stufen 61a, b aufgebaut, in denen jeweils ein Laufschaufelkranz auf einen Leitschaufelkranz folgt (nicht im Einzelnen dargestellt). Auch die Turbine ist mehrstufig aufgebaut, wobei der Übersichtlichkeit halber nur ein Laufschaufelkranz 62 gezeigt ist. Nach radial außen wird der Laufschaufelkranz 62 von einem Dichtungsträger 63 eingefasst, der in einer vorstehend beschriebenen Weise aufgebaut ist. Die Laufschaufeln streifen also entlang der in Figur 6 nicht im Einzelnen gezeigten Dichtstruktur des

Dichtungsträgers 63. Auch die Laufschaufelkränze des Verdichters 60a können jeweils von einem erfindungsgemäßen Dichtungsträger eingefasst werden, was ebenfalls nicht im Einzelnen gezeigt ist.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0044]

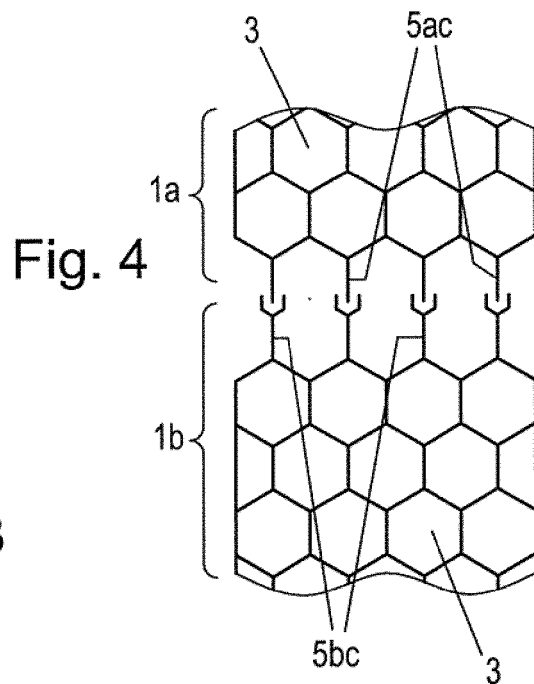
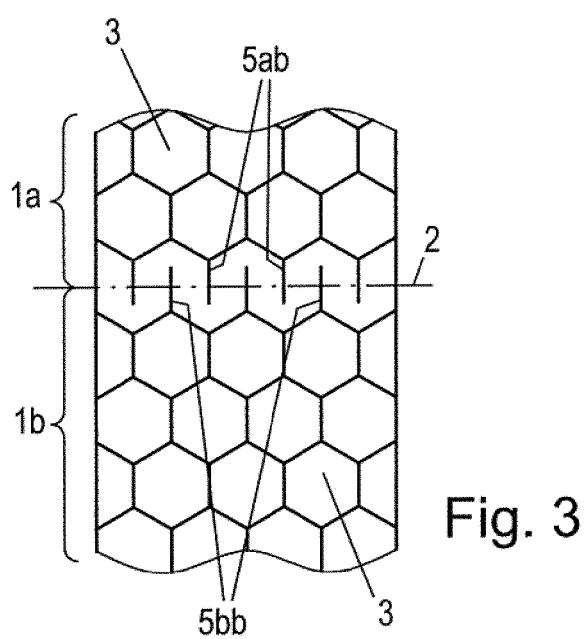
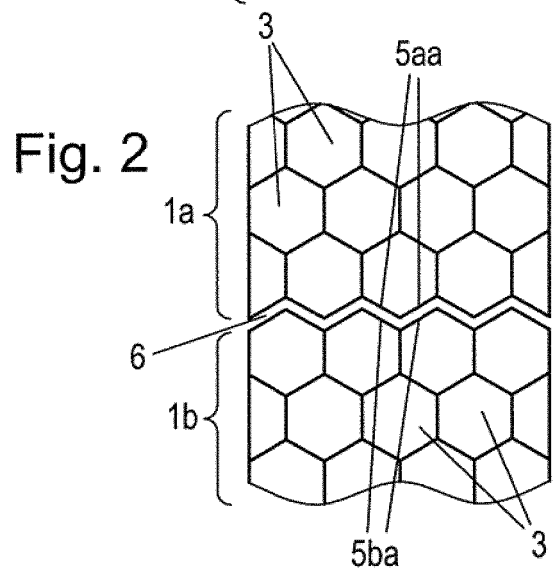
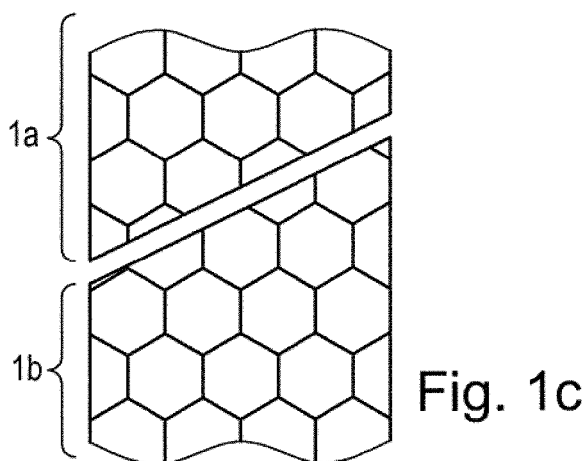
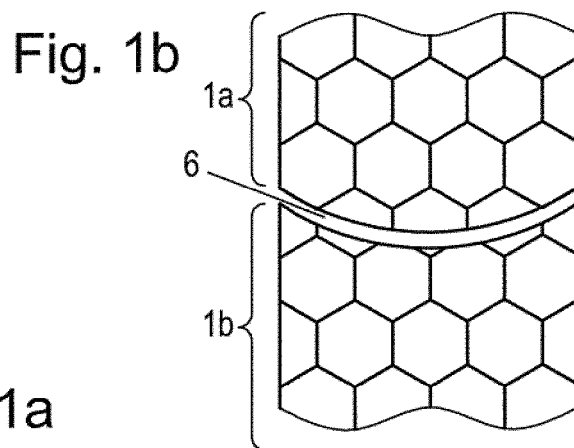
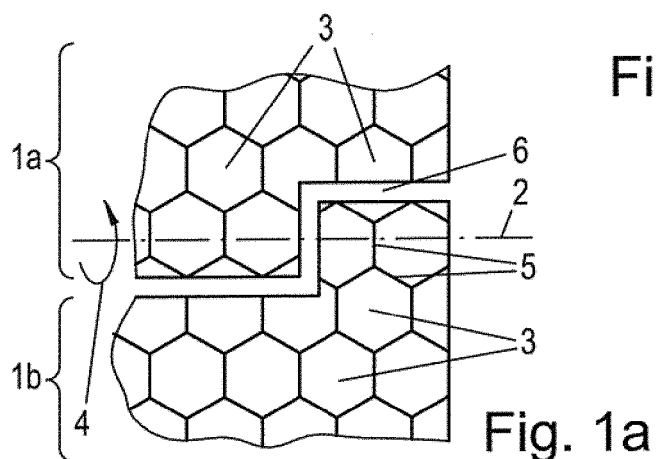
Dichtstrukturen	1a, b
Längsachse	2
Hohlräume	3
Umlaufrichtung	4
Hohlraumwände	5
	trennfugenseitige 5aa, ba, in andere Dichtstrukturen hineinreichende 5ab, bb ineinander übergehende 5ac, bc
Trennfuge	6
Federelemente	50a, b
Lagerungsbereiche	50aa, ab
Anlageflächen	51a, b
Strömungsmaschine	60
	Verdichter 60a Brennkammer 60b Turbine 60c
Verdichterstufen	61a, b
Laufschaufelkranz Turbine	62
Dichtungsträger	63

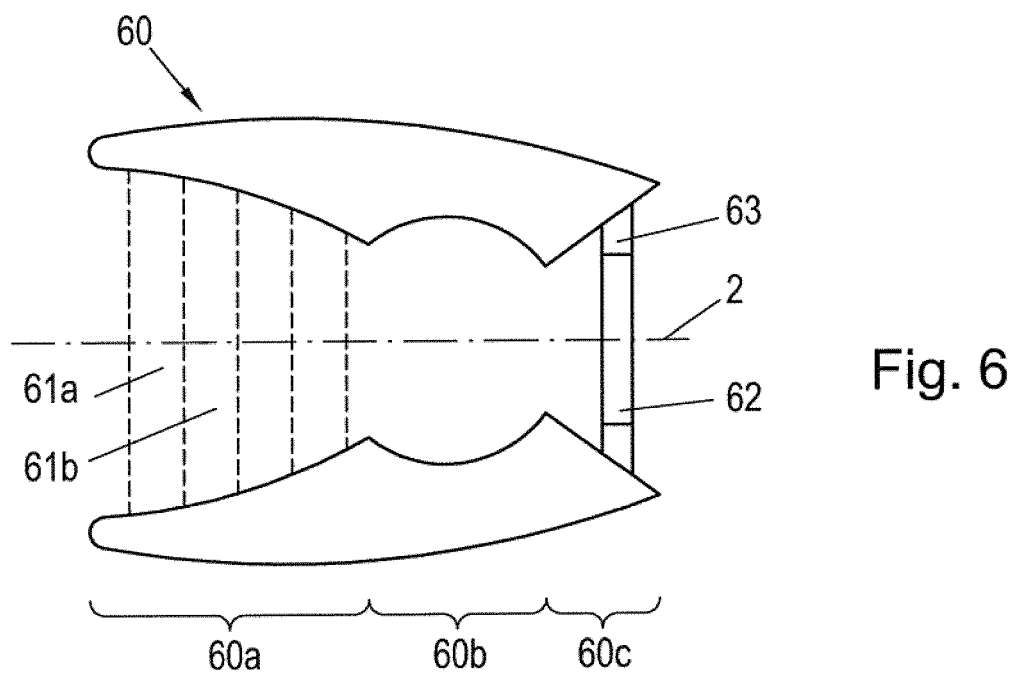
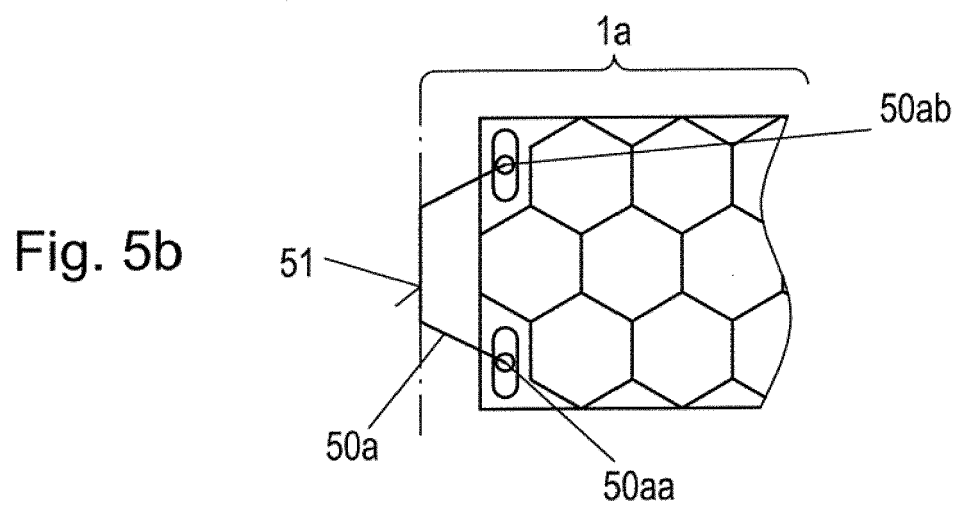
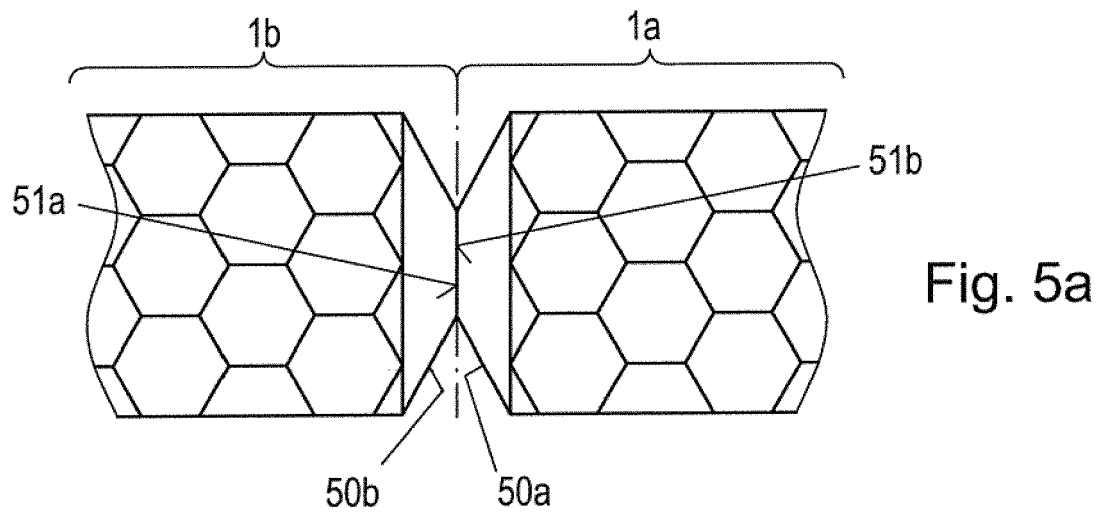
Patentansprüche

1. Dichtungsträger (63) für eine Strömungsmaschine (60),
der ein erstes und ein zweites Dichtungsträgersegment aufweist, welche Dichtungsträgersegmente bezogen auf
einen Umlauf um eine Längsachse (2) der Strömungsmaschine (60) aufeinander folgend zusammengesetzt sind,
wobei, bezogen auf die Längsachse (2) der Strömungsmaschine (60), das erste Dichtungsträgersegment radial
innen eine erste Dichtstruktur (1a) aufweist und das zweite Dichtungsträgersegment radial innen eine zweite
Dichtstruktur (1b) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste (1a) und die zweite Dichtstruktur (1b) des Dichtungsträgers (63) bezogen auf den Umlauf derart miteinander
verschränkt sind, dass eine Schnittebene, welche die Längsachse (2) der Strömungsmaschine (60) beinhaltet,
sowohl die erste (1a) als auch die zweite Dichtstruktur (1b) schneidet.
2. Dichtungsträger (63) gemäß Anspruch 1, bei welchem in Umlaufrichtung (4) zwischen der ersten (1a) und der
zweiten Dichtstruktur (1b) eine Trennfuge (6) verläuft, die sich, in radialer Richtung gesehen, über ihre axiale Er-
streckung zumindest abschnittsweise gewinkelt zur axialen Richtung erstreckt.
3. Dichtungsträger (63) gemäß Anspruch 2, bei welchem die erste (1a) und die zweite Dichtstruktur (1b) eine Hohl-
raumstruktur mit mehreren Hohlräumen (3) bilden, die axial und umlaufend über Hohlraumwände (5) der jeweiligen
Dichtstruktur (1a, b) voneinander getrennt sind, wobei die Trennfuge (6) zumindest einen der Hohlräume (3) durch-
setzt, also der zumindest eine Hohlraum von der ersten (1a) und der zweiten Dichtstruktur (1b) gemeinsam gebildet
wird, die Dichtstrukturen (1a, b) an der Trennfuge (6) zueinander hin also zumindest teilweise geöffnet sind.
4. Dichtungsträger (63) gemäß Anspruch 2, bei welchem die erste (1a) und die zweite Dichtstruktur (1b) eine Hohl-
raumstruktur mit mehreren Hohlräumen (3) bilden, die axial und umlaufend über Hohlraumwände (5) der jeweiligen
Dichtstruktur (1a, b) voneinander getrennt sind, wobei die Trennfuge (6) vollständig von trennfugenseitigen Hohl-
raumwänden (5aa, ba) begrenzt wird, die Dichtstrukturen (1a, b) an der Trennfuge (6) zueinander hin also geschlos-
sen sind.
5. Dichtungsträger (63) gemäß Anspruch 3 oder 4, bei welchem die Hohlräume (3) der Hohlraumstruktur zumindest

in Umlaufrichtung (4) regelmäßig angeordnet sind, und zwar auch über die Trennfuge (6) hinweg.

6. Dichtungsträger (63) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die erste (1a) und die zweite Dichtstruktur (1b) eine Hohlraumstruktur mit mehreren Hohlräumen (3) bilden, die axial und umlaufend über Hohlraumwände (5) der jeweiligen Dichtstruktur (1a, b) voneinander getrennt sind, wobei an der Schnittebene eine Hohlraumwand (5ab) der ersten Dichtstruktur (1a) in Umlaufrichtung (4) in die zweite Dichtstruktur (1b) hineinreicht, also axial zwischen Hohlraumwänden (3) der zweiten Dichtstruktur (1b) angeordnet ist.
7. Dichtungsträger (63) gemäß Anspruch 6, bei welchem die in die zweite Dichtstruktur (1b) hineinreichende Hohlraumwand (5ab) der ersten Dichtstruktur (1a) in der zweiten Dichtstruktur (1b) zu deren Hohlraumwänden (5) beabstandet endet.
8. Dichtungsträger (63) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die erste (1a) und die zweite Dichtstruktur (1b) eine Hohlraumstruktur mit mehreren Hohlräumen (3) bilden, die axial und umlaufend über Hohlraumwände (5) der jeweiligen Dichtstruktur (1a, b) voneinander getrennt sind, wobei an der Schnittebene eine Hohlraumwand (5ac) der ersten Dichtstruktur (1a) in eine Hohlraumwand (5bc) der zweiten Dichtstruktur (1b) übergeht, die beiden Hohlraumwände (5ac, bc) miteinander nämlich einen Formschluss bilden, vorzugsweise Nut- und Feder-artig ineinander greifen.
9. Dichtungsträger (63) für eine Strömungsmaschine (60),
der ein erstes und ein zweites Dichtungsträgersegment aufweist, welche Dichtungsträgersegmente bezogen auf einen Umlauf um eine Längsachse (2) der Strömungsmaschine (60) aufeinander folgend zusammengesetzt sind, wobei, bezogen auf die Längsachse (2) der Strömungsmaschine (60), das erste Dichtungsträgersegment radial innen eine erste Dichtstruktur (1a) aufweist und das zweite Dichtungsträgersegment radial innen eine zweite Dichtstruktur (1b) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
die erste (1a) und die zweite Dichtstruktur (1b) aneinander anliegen.
10. Dichtungsträger (63) nach Anspruch 9, bei welchem die erste Dichtstruktur (1a) ein Federelement (50a) aufweist und mit diesem Federelement (50a) an der zweiten Dichtstruktur (1b) anliegt, welches Federelement (50a) also eine Anlagefläche (51a) bildet, die in Umlaufrichtung (4) elastisch versetzbar gelagert ist.
11. Dichtungsträger (63) nach Anspruch 10, bei welchem ein Lagerungsbereich (50aa, ab) des Federelements (50a) in der übrigen ersten Dichtstruktur (1a) derart verschiebbar gelagert ist, dass der in Umlaufrichtung (4) elastisch gelagerte Versatz der Anlagefläche (5a) zum Teil in eine Verschiebung des Lagerungsbereichs (50aa, ab) umgesetzt wird.
12. Dichtungsträger (63) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem, bezogen auf die Längsachse (2) der Strömungsmaschine (60), das erste Dichtungsträgersegment radial außerhalb der ersten Dichtstruktur (1a) eine erste Trägerstruktur aufweist und das zweite Dichtungsträgersegment radial außerhalb der zweiten Dichtstruktur (1b) eine zweite Trägerstruktur aufweist, wobei die Dichtungsträgerschalen über die Trägerstrukturen aneinander befestigt sind, davon abgesehen in ihren Dichtstrukturen (1a, b) jedoch relativ zueinander beweglich sind.
13. Dichtungsträger (63) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem das erste Dichtungsträgersegment eine erste Dichtungsträgerhalbschale ist und das zweite Dichtungsträgersegment eine zweite Dichtungsträgerhalbschale ist, wobei die beiden Dichtungsträgerhalbschalen gemeinsam den Dichtungsträger (63) bilden und form- und/oder kraftschlüssig zusammengesetzt sind.
14. Dichtungsträger (63) nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei welchem die Dichtungsträgersegmente jeweils generativ gefertigte Teile sind.
15. Strömungsmaschine (60), insbesondere Strahltriebwerk, mit einem Dichtungsträger (63) nach einem der vorstehenden Ansprüche.







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 16 0464

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2005 002270 A1 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 20. Juli 2006 (2006-07-20) * Absätze [0005], [0018], [0019], [0021]; Abbildungen 2-4 *	1-9, 13-15	INV. F01D11/08 F01D11/12 F04D29/52 F04D29/68
X	EP 0 716 218 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 12. Juni 1996 (1996-06-12) * Spalte 3, Zeilen 38-50; Abbildungen 2-8 *	1-15	
X	EP 2 617 949 A2 (MTU AERO ENGINES GMBH [DE]) 24. Juli 2013 (2013-07-24) * Absätze [0009] - [0019], [0023], [0031], [0032]; Abbildungen 1,3,5,6 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01D F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. September 2017	Prüfer Chatziapostolou, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 16 0464

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-09-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102005002270 A1	20-07-2006	DE 102005002270 A1	20-07-2006
			WO 2006076881 A1	27-07-2006
15	EP 0716218 A1	12-06-1996	CN 1133404 A	16-10-1996
			DE 69515814 D1	27-04-2000
			DE 69515814 T2	12-10-2000
			EP 0716218 A1	12-06-1996
20			JP 3894970 B2	22-03-2007
			JP H08226336 A	03-09-1996
			KR 100389797 B1	14-11-2003
			US 5520508 A	28-05-1996
25	EP 2617949 A2	24-07-2013	DE 102012200883 A1	25-07-2013
			EP 2617949 A2	24-07-2013
			US 2013189085 A1	25-07-2013

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82