



(11) **EP 3 722 605 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.10.2020 Patentblatt 2020/42

(51) Int Cl.:
F04B 43/04^(2006.01) F04B 45/047^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19168809.2**

(22) Anmeldetag: **11.04.2019**

(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:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Bäcker, Dennis**
09126 Chemnitz (DE)
• **Lipowski, Mathias**
09126 Chemnitz (DE)

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner mbB**
Patent- und Rechtsanwälte
Joachimthaler Straße 10-12
10719 Berlin (DE)

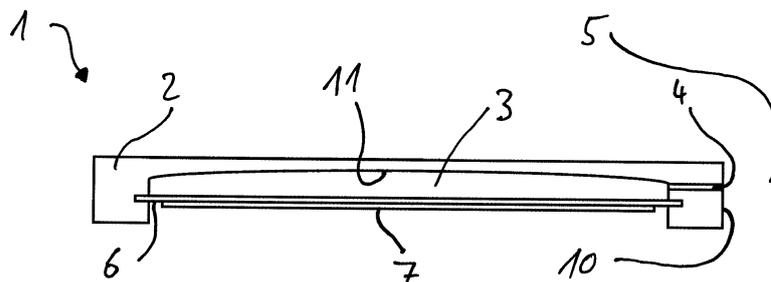
(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(54) **STRÖMUNGSERZEUGER**

(57) Die Anmeldung betrifft einen Strömungserzeuger (1), umfassend ein Gehäuse (2), das eine Kavität (3) zum Aufnehmen eines Fluids umschließt, eine Düsenöffnung (4), durch welche die Kavität (3) sich in Fluidkommunikation mit einem Außenraum (5) des Gehäuses (2) befindet, eine verformbare Membran (6) und einen Aktor (7), aufweisend mindestens ein Aktorsegment, wo-

bei der Aktor (7) eingerichtet ist zum Verformen der Membran (6) derart, dass eine durch die Düsenöffnung (4) fließende Strömung des Fluids aus der Kavität (3) in den Außenraum (5) oder aus dem Außenraum (5) in die Kavität (3) erzeugt wird. Ein vollständiger Umriss des Aktors (7) umfasst mindestens zwei diskrete Umrisslinien des mindestens einen Aktorsegments.

Fig. 1



EP 3 722 605 A1

Beschreibung

[0001] Die Anmeldung betrifft einen Strömungserzeuger.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Strömungserzeuger bekannt, mittels derer durch Vergrößern bzw. Verkleinern einer Kavität Strömungen in einem umgebenden Fluid erzeugt werden können. Ist dabei ein Volumenstrom durch einen bestimmten Querschnitt, etwa den Querschnitt einer Düsenöffnung, periodisch oder jedenfalls zeitlich veränderlich, der zeitliche Mittelwert des Volumenstroms durch den Querschnitt jedoch Null, so wird der Strömungserzeuger auch als Synthetic Jet Actuator (SJA) bezeichnet.

[0003] Bei der Verwendung von Strömungserzeugern ist es häufig erwünscht, möglichst große Volumenströme und/oder Strömungsgeschwindigkeiten zu erzeugen. Beispielsweise können SJAs zur Beeinflussung von Strömungen in der Umgebung von Tragflächen, Rotoren und anderen luftleitenden Elementen von Fahrzeugen, Windkraftanlagen etc., zur Kühlung von elektronischen oder elektrischen Bauteilen oder zum Antrieb verwendet werden. Für derartige Anwendungen sind hohe Volumenströme und/oder Strömungsgeschwindigkeiten notwendig. Ferner sind eine kostensparende Bauweise der Strömungserzeuger sowie die Eignung für einen verschleißarmen Betrieb und eine hohe Lebensdauer wichtig.

[0004] Der vorliegenden Schutzrechtsanmeldung liegt somit die Aufgabe zugrunde, einen Strömungserzeuger mit den genannten Eigenschaften vorzuschlagen.

[0005] Dementsprechend wird ein Strömungserzeuger mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Bevorzugte Ausführungsformen und Weiterentwicklungen ergeben sich mit den Merkmalen der Unteransprüche.

[0006] Ein Strömungserzeuger der vorgeschlagenen Art umfasst ein Gehäuse, das eine Kavität zum Aufnehmen eines Fluids umschließt, eine Düsenöffnung, durch welche die Kavität sich in Fluidkommunikation mit einem Außenraum des Gehäuses befindet, eine verformbare Membran und einen Aktor, aufweisend mindestens ein Aktorsegment. Der Aktor ist eingerichtet zum Verformen der Membran derart, dass eine durch die Düsenöffnung fließende Strömung des Fluids aus der Kavität in den Außenraum oder aus dem Außenraum in die Kavität erzeugt wird. Ein vollständiger Umriss des Aktors umfasst mindestens zwei diskrete Umrisslinien des mindestens einen Aktorsegments.

[0007] Jedes Aktorsegment ist oder umfasst dabei jeweils ein aus einem kontinuierlichen Materialbereich bestehendes Segment. Jedes der Aktorsegmente ist dazu eingerichtet, dass an das Aktorsegment eine elektrische Spannung zum Erzeugen einer auf die Membran wirkenden Kraft angelegt werden kann. Außerhalb jedes Aktorsegments bzw. zwischen jeweils zwei Aktorsegmenten ist ein Material, aus dem die kontinuierlichen Materialbereiche der Aktorsegmente gefertigt sind, unterbrochen.

Dabei können zwischen den Aktorsegmenten Lücken bestehen. Die Lücken können, müssen jedoch nicht, mit einem anderen Material ganz oder teilweise gefüllt sein. Die Aktorsegmente können aber auch aneinander angrenzen.

[0008] Der vollständige Umriss des Aktors kann als eine oder mehrere Umrisslinien einer Projektion des Aktors auf die Membran definiert werden, wobei die Umrisslinien Projektionen jedes der Aktorsegmente auf die Membran umfassen und überall dort verlaufen, wo die Projektionen der kontinuierlichen Materialbereiche der Aktorsegmente auf die Membran enden.

[0009] Als eine diskrete Umrisslinie kann eine solche Umrisslinie verstanden werden, die geschlossen ist, also an einem Punkt auf der Umrisslinie beginnt und in demselben Punkt endet, und sich nicht selbst kreuzt oder überschneidet oder berührt.

[0010] Ein mindestens zwei diskrete Umrisslinien eines oder mehrerer der Aktorsegmente umfassender vollständiger Umriss des Aktors kann also beispielsweise dadurch gegeben sein, dass der Aktor zwei oder mehr planar nebeneinander angeordnete Aktorsegmente aufweist. Jedes der Aktorsegmente trägt dann eine diskrete Umrisslinie zu dem vollständigen Umriss bei.

[0011] Ein Aktor, der mehrere Aktorsegmente aufweist, - im Folgenden auch als segmentierter Aktor bezeichnet - kann den Vorteil haben, dass ein Aktor mit einer größeren Fläche und/oder einer geringeren Resonanzfrequenz hergestellt werden kann, als dies mit einem Aktor möglich wäre, der nur ein Aktorsegment aufweist - im Folgenden auch als kontinuierlicher Aktor bezeichnet. Damit kann entsprechend eine größere Membran verformt werden und/oder eine größere Auslenkung der Membran erzielt werden, was zu einem größeren Volumenstrom und/oder einer größeren Strömungsgeschwindigkeit führen kann. Auch mechanische Spannungen, die langfristig beispielsweise zu Rissen und/oder Brüchen des Aktors führen können, werden verringert, was Verschleiß verringert und Lebensdauer bzw. Wartungsintervalle erhöht. Weiterhin kann ein segmentierter Aktor gegebener Fläche kostengünstiger und einfacher hergestellt werden als ein kontinuierlicher Aktor.

[0012] Mindestens eines der Aktorsegmente kann mindestens eine zentrale Aussparung aufweisen. Ein solches Aktorsegment hat dann mindestens zwei diskrete Umrisslinien, von denen eine an einem äußeren Rand einer Projektion des Aktorsegments und mindestens eine an einem Rand der mindestens einen zentralen Aussparung verläuft. Die mindestens eine zentrale Aussparung kann, muss aber nicht, mittig in dem mindestens einen Aktorsegment angeordnet sein. Ein Spezialfall eines solchen Aktors ist ein Aktor mit genau einem Aktorsegment, das genau eine zentrale Aussparung aufweist; auch in diesem Spezialfall weist das Aktorsegment (und somit der Aktor) zwei diskrete Umrisslinien auf.

[0013] Ein solcher Aktor kann gegenüber einem Aktor, dessen Aktorsegmente keine zentralen Aussparungen aufweisen, den Vorteil haben, dass auch auf diese Weise

die Resonanzfrequenz verringert und/oder die Membranauslenkung vergrößert werden kann, was wiederum zu höheren Volumenströmen und/oder Strömungsgeschwindigkeiten führen kann. Ebenso können auch in diesem Fall verringerter Verschleiß und erhöhte Lebensdauer und/oder Wartungsintervalle vorliegen.

[0014] Mindestens eines der Aktorsegmente kann ein Piezoelement sein. Ein solches Aktorsegment kann aus einem Piezoelektrikum, beispielsweise einem keramischen Piezoelektrikum, bestehen. Da solche Piezoelektrika häufig anfällig für Brüche und/oder Risse in Folge von mechanischen Spannungen sind und da weiterhin großflächige piezoelektrische Aktorsegmente nicht oder nur mit erheblichem Aufwand und erheblichen Kosten hergestellt werden können, kommen die oben genannten Vorteile deutlich zum Tragen. Andere Arten von Aktorsegmenten sind ebenfalls möglich, beispielsweise elektrodynamische oder elektrostatische oder aus einer Formgedächtnislegierung bestehende Aktorsegmente, für welche die oben genannten Vorteile ebenfalls gelten können.

[0015] Mindestens eines der Aktorsegmente kann kreisförmig, kreisringförmig, elliptisch, dreieckig, trapezförmig, rechteckig, quadratisch, kreissegmentförmig oder kreisringsegmentförmig sein. Mit solchen Formen der Aktorsegmente können verschiedene Formen des Aktors realisiert werden, welche die oben genannten Vorteile segmentierter Aktoren oder von Aktorsegmenten mit einer zentralen Aussparung umsetzen, und/oder welche in vorteilhafter Weise an die Form der Membran angepasst sind.

[0016] Der Aktor kann mindestens zwei Aktorsegmente und/oder beispielsweise höchstens dreißig Aktorsegmente aufweisen. Damit lassen sich die Vorteile eines segmentierten Aktors bei vergleichsweise geringer Komplexität der Anordnung verwirklichen. Alternativ kann der Aktor natürlich auch nur ein oder auch mehr als dreißig Aktorsegmente aufweisen - mit den entsprechenden Vorteilen besonders geringer Komplexität oder besonders großer möglicher Fläche.

[0017] Der Aktor kann einen Durchmesser und/oder eine Seitenlänge von wenigstens 35 mm, vorzugsweise wenigstens 80 mm, und/oder eine Fläche von wenigstens 9 cm², vorzugsweise wenigstens 50 cm², und/oder eine Dicke von höchstens 1 mm, vorzugsweise höchstens 0,5 mm haben. Mit entsprechend dimensionierten Aktoren, die sich etwa mit den oben beschriebenen Merkmalen verwirklichen lassen, können entsprechend große Volumenströme und/oder Strömungsgeschwindigkeiten erzielt werden. Natürlich kann der Aktor auch kleiner als die genannten Maße sein, was eine besonders kostengünstige und verschleißarme Bauweise bei gegenüber gleichgroßen Aktoren gemäß dem Stand der Technik immer noch verbesserter Leistung ermöglicht.

[0018] Das beim Verformen der Membran durch die Düsenöffnung fließende Fluid kann ein Volumen von wenigstens 0,45 cm³ haben. Solche Verformungsvolumen und/oder Volumenströme und/oder Strömungsgeschwindigkeiten können für die verschiedensten Verwendungen des Strömungserzeugers, beispielsweise bei Strömungsbeeinflussung, Kühlung oder Antrieb, von Vorteil sein.

schwindigkeiten können für die verschiedensten Verwendungen des Strömungserzeugers, beispielsweise bei Strömungsbeeinflussung, Kühlung oder Antrieb, von Vorteil sein.

[0019] Die verformbare Membran kann dazu eingerichtet sein, mit einer Frequenz zwischen 10 Hz und 10 kHz, vorzugsweise zwischen 500 Hz und 2 kHz, in alternierende Richtungen verformbar zu sein. Ein alternierendes Verformen der Membran mit Frequenzen in diesem oder auch einem anderen Bereich kann ein kontinuierliches Erzeugen der Strömung ermöglichen. Die verformbare Membran kann auch zum Verformen mit einer variabel einstellbaren Frequenz eingerichtet sein, wodurch ein für Anwendungen vorteilhaftes variables Einstellen des Volumenstroms und/oder der Strömungsgeschwindigkeit möglich sein kann.

[0020] Die Frequenz kann eine Resonanzfrequenz des Aktors und/oder der Membran und/oder eines durch den Strömungserzeuger gebildeten Resonators sein. Durch das Betreiben des Aktors mit der Resonanzfrequenz kann eine maximale Auslenkung mit den entsprechenden Vorteilen eines maximalen Volumenstroms und/oder einer maximalen Strömungsgeschwindigkeit erzielt werden, wobei die Resonanzfrequenz im Falle des hier beschriebenen Strömungserzeugers besonders niedrig sein kann, was die oben beschriebenen weiteren Vorteile mit sich bringen kann.

[0021] Die Düsenöffnung kann an einer zu der Membran senkrecht oder nahezu senkrecht angeordneten Seitenfläche des Gehäuses angeordnet sein. Eine solche Anordnung der Düsenöffnung kann es beispielsweise ermöglichen, mehrere Strömungserzeuger in platzsparender Weise mit dicht nebeneinanderliegenden Düsenöffnungen anzuordnen, was beispielsweise ein vorteilhaftes Erzeugen der Strömung mit wenigen Lücken und/oder hohem Gesamtvolumenstrom ermöglicht.

[0022] Die Düsenöffnung kann jedoch auch an einer der Membran gegenüberliegenden Deckfläche des Gehäuses angeordnet sein. Bei einer solchen Anordnung kann etwa ein Durchmesser der Düsenöffnung mit großer Flexibilität gewählt werden.

[0023] Der Strömungserzeuger kann dazu eingerichtet sein, dass als Fluid eine Flüssigkeit, insbesondere Wasser oder Öl oder eine Kühflüssigkeit, verwendbar ist. Somit kann der Strömungserzeuger besonders vorteilhaft etwa zur Kühlung, zum Antrieb oder zur Beeinflussung von Strömungen in Flüssigkeiten, etwa in der Umgebung von Oberflächen oder strömungsleitenden Elementen von Wasserfahrzeugen, verwendet werden.

[0024] Zusätzlich oder alternativ kann der Strömungserzeuger dazu eingerichtet sein, dass als Fluid ein Gas, insbesondere Luft, verwendbar ist. Somit kann der Strömungserzeuger besonders vorteilhaft etwa zur Beeinflussung von Strömungen in Gasen verwendet werden, etwa in der Umgebung von Tragflächen, Rotoren und anderen Oberflächen oder luftleitenden Elementen von Luftfahrzeugen oder Windkraftanlagen oder Oberflächen von Landfahrzeugen.

[0025] Ausführungsbeispiele werden nachfolgend anhand von Fig. 1 bis Fig. 3 erläutert. Es zeigen, jeweils in schematisierter Form,

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Strömungserzeuger der beschriebenen Art,

Fig. 2 eine Aufsicht der Membran und des Aktors des in Fig. 1 gezeigten Strömungserzeugers,

Fig. 3 eine Aufsicht der Membran und des Aktors einer weiteren Ausführungsform eines Strömungserzeugers.

[0026] Der in Fig. 1 gezeigte Strömungserzeuger 1 umfasst ein Gehäuse 2, das eine Kavität 3 zum Aufnehmen eines Fluids umschließt. Das Gehäuse 2 besteht aus einem duroplastischen Polymer, kann jedoch auch aus einem anderen Material bestehen, beispielsweise einem Metall. Das Gehäuse 2 ist aus einem Teil gefertigt, kann jedoch aus mehreren einzeln gefertigten Teilen zusammengesetzt sein.

[0027] Die Kavität 3 hat annähernd die Form eines flachen Zylinders, wobei eine Deckfläche 11 des Zylinders kuppelförmig ausgewölbt ist. Die Kavität 3 kann jedoch auch andere Formen haben, beispielsweise die Form eines flachen Quaders.

[0028] Gegenüber der Deckfläche 11 ist in der Kavität 3 eine verformbare Membran 6 angeordnet. Entsprechend der Form der Kavität 3 ist die Membran 6 rund. Die Membran 6 kann jedoch auch andere Formen haben, beispielsweise kann sie rechteckig oder quadratisch sein. Die Membran 6 besteht aus einem Polymer, wobei alternativ auch andere Materialien in Frage kommen, etwa Metalle, Metalllegierungen oder Keramik.

[0029] Die Membran ist an ihrem äußeren Umfang durch eine umlaufende Vertiefung des Gehäuses 2 formschlüssig befestigt. Die Membran kann jedoch auch auf andere Weise fest oder flexibel gelagert sein, beispielsweise kann sie durch Aufeinanderklemmen von mehreren Gehäuseteilen kraftschlüssig befestigt sein.

[0030] An der umlaufenden Seitenfläche 10, also zwischen der Deckfläche 11 und der Membran 6 ist eine zu der Membran 6 senkrecht angeordnete Düsenöffnung 4 angeordnet, welche die Wand des Gehäuses 2 durchtritt. Die Kavität 3 befindet sich durch die Düsenöffnung 4 in Fluidkommunikation mit einem Außenraum 5 des Gehäuses. Die Düsenöffnung 4 kann auch an anderen Stellen des Gehäuses 2 angeordnet sein, beispielsweise an der gegenüber der Membran 6 angeordneten Deckfläche 11. Die Düsenöffnung 4 hat eine zylindrische Form, kann jedoch auch anders geformt sein, beispielsweise konisch oder quaderförmig.

[0031] Weiterhin umfasst der Strömungserzeuger 1 einen Aktor 7, eingerichtet zum Verformen der Membran 6 derart, dass eine durch die Düsenöffnung 4 fließende Strömung des Fluids aus der Kavität 3 in den Außenraum 5 oder aus dem Außenraum 5 in die Kavität 3 erzeugt

wird.

[0032] Wie in Fig. 2 dargestellt, ist der Aktor 7 aus einem Aktorsegment 8 gebildet, das mit der Membran 6 flächig verbunden ist. Die Verbindung kann beispielsweise durch Verkleben, Verlöten oder mittels eines oder mehrerer Verbindungselemente hergestellt sein. Das Aktorsegment 8 ist ein Piezoelement, bestehend aus einem keramischen Piezoelektrikum, welches sich beim Anlegen einer Spannung derart verformt, dass eine Kraft auf die Membran 6 wirkt, die zum Verformen der Membran 6 geeignet ist. Alternativ kann das Aktorsegment 8 auch eine andere Art von Aktorsegment sein, beispielsweise ein elektrodynamischer oder elektrostatischer Aktor oder eine Formgedächtnislegierung.

[0033] Das Aktorsegment 8 ist kreisringförmig ausgeführt, also als kreisförmiges Element mit einer kreisförmigen zentralen Aussparung 12, die mittig in dem Aktorsegment 8 angeordnet ist. Das Aktorsegment 8 kann auch eine andere Form haben, beispielsweise kann es elliptisch, rechteckig oder quadratisch sein. Die Aussparung 12 kann ebenfalls eine andere Form haben, etwa eine elliptische, rechteckige oder quadratische Form, und/oder nicht mittig angeordnet sein. Das Aktorsegment 8 kann auch mehrere Aussparungen 12 aufweisen.

[0034] Aufgrund der kreisringförmigen Ausführung des Aktorsegments 8 mit der zentralen Aussparung 12 umfasst ein vollständiger Umriss des Aktors 7 zwei diskrete Umrisslinien 9 und 9' des Aktorsegments 8, wobei die Umrisslinie 9 durch eine äußere Umrisslinie des Aktorsegments 8 und die Umrisslinie 9' durch eine innere Umrisslinie des Aktorsegments 8, also eine Umrisslinie der Aussparung 12, gegeben ist.

[0035] Das gezeigte Aktorsegment 8 kann beispielsweise eine Dicke von 0,2 mm und einen Durchmesser von 50 mm, die zentrale Aussparung 12 einen Durchmesser von 10 mm haben, was einer Fläche des Aktors von ungefähr 18,0 cm² entspricht. Auch andere Dicken, Durchmesser und Flächen sind möglich.

[0036] Die verformbare Membran 6 kann dazu eingerichtet sein, mit einer Frequenz von beispielsweise ungefähr 1,5 kHz, welche eine Resonanzfrequenz sein kann, in alternierende Richtungen verformbar zu sein und bei einer Düsenfläche von beispielsweise 7 mm² eine Strömungsgeschwindigkeit von ungefähr 120 m/s zu erzeugen. Entsprechend der möglichen Variationen verschiedener Ausmaße und Eigenschaften können natürlich auch andere Leistungsmerkmale erzielt werden, beispielsweise geringere oder höhere Frequenzen oder Strömungsgeschwindigkeiten.

[0037] Der Aktor 7 eines weiteren Beispiels eines Strömungserzeugers 1 weist - wie in Fig. 3 gezeigt - acht Aktorsegmente 8 auf, die planar nebeneinander angeordnete und mit der Membran 6 flächig verbundene Piezoelemente sind. Die Aktorsegmente 8 sind kreisringsegmentförmig ausgeführt und ergeben zusammen einen Kreisring, der in Bereichen zwischen den Aktorsegmenten 8 jeweils unterbrochen ist. Die Aktorsegmente 8 können auch anders geformt sein, beispielsweise kreis-

förmig, dreieckig, trapezförmig oder kreisringsegmentförmig. Auch können einzelne Aktorsegmente 8 unterschiedliche Formen haben und/oder sich in verschiedenster Weise zu einer Gesamtform zusammenfügen. Auch kommen, wie oben aufgeführt, neben Piezoelementen andere Arten von Aktorsegmenten in Frage.

[0038] Aufgrund der segmentierten Ausführung des Aktors 7 mit den acht Aktorsegmenten 8 umfasst ein vollständiger Umriss des Aktors 7 acht diskrete Umrisslinien 9, 9' usw. der Aktorsegmente 8, wobei die Umrisslinie 9 durch eine äußere Umrisslinie eines ersten Aktorsegments 8 gegeben ist, die Umrisslinie 9' durch eine äußere Umrisslinie eines zweiten Aktorsegments 8 gegeben ist usw.

[0039] Der Aktor 7 kann auch eine andere Zahl von Aktorsegmenten 8 haben, beispielsweise mindestens drei und/oder höchstens dreißig Aktorsegmente 8, oder auch nur zwei oder mehr als dreißig Aktorsegmente 8.

[0040] Der durch die kreisringsegmentförmigen Aktorsegmente 8 näherungsweise gebildete Kreisring kann beispielsweise eine Dicke von 0,2 mm und einen Durchmesser von 100 mm, die zentrale Aussparung 12 einen Durchmesser von 20 mm haben, was einer Fläche des Aktors von ungefähr 75,4 cm² entspricht. Auch andere Dicken, Durchmesser und Flächen sind möglich.

[0041] Die verformbare Membran 6 kann dazu eingerichtet sein, mit einer Frequenz von beispielsweise ungefähr 500 Hz, welche eine Resonanzfrequenz sein kann, in alternierende Richtungen verformbar zu sein und eine Strömungsgeschwindigkeit von beispielsweise über 100 m/s zu erzeugen. Entsprechend der möglichen Variationen verschiedener Ausmaße und Eigenschaften können wiederum auch andere Leistungsmerkmale erzielt werden, beispielsweise geringere oder höhere Frequenzen oder Strömungsgeschwindigkeiten.

[0042] Aufgrund der Bauart und Materialien der beispielhaft gezeigten und beschriebenen Strömungserzeuger 1 ist als Fluid eine Flüssigkeit, insbesondere Wasser, Öl oder eine Kühlluft, oder ein Gas, insbesondere Luft, verwendbar.

Liste der Bezugszeichen

[0043]

| | |
|---------|---------------------|
| 1 | Strömungserzeuger |
| 2 | Gehäuse |
| 3 | Kavität |
| 4 | Düsenöffnung |
| 5 | Außenraum |
| 6 | Verformbare Membran |
| 7 | Aktor |
| 8 | Aktorsegment |
| 9, 9' | Umrisslinien |
| 10, 10' | Seitenfläche |
| 10' | Seitenfläche |
| 11, 11' | Deckfläche |
| 12 | Aussparung |

Patentansprüche

1. Strömungserzeuger (1), umfassend ein Gehäuse (2), das eine Kavität (3) zum Aufnehmen eines Fluids umschließt, eine Düsenöffnung (4), durch welche die Kavität (3) sich in Fluidkommunikation mit einem Außenraum (5) des Gehäuses (2) befindet, eine verformbare Membran (6) und einen Aktor (7), aufweisend mindestens ein Aktorsegment (8), wobei der Aktor (7) eingerichtet ist zum Verformen der Membran (6) derart, dass eine durch die Düsenöffnung (4) fließende Strömung des Fluids aus der Kavität (3) in den Außenraum (5) oder aus dem Außenraum (5) in die Kavität (3) erzeugt wird, **gekennzeichnet dadurch, dass** ein vollständiger Umriss des Aktors (7) mindestens zwei diskrete Umrisslinien (9, 9') des mindestens einen Aktorsegments (8) umfasst.
2. Strömungserzeuger (1) nach Anspruch 1, wobei mindestens eines der Aktorsegmente (8) mindestens eine zentrale Aussparung (12) aufweist.
3. Strömungserzeuger (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Aktor (7) mindestens zwei planar nebeneinander angeordnete Aktorsegmente (8) aufweist.
4. Strömungserzeuger (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens eines der Aktorsegmente (8) kreisförmig, kreisringförmig, elliptisch, dreieckig, trapezförmig, rechteckig, quadratisch, kressegmentförmig oder kreisringsegmentförmig ist.
5. Strömungserzeuger (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens eines der Aktorsegmente (8) ein Piezoelement ist.
6. Strömungserzeuger (1) nach einem vorhergehenden Ansprüche, wobei der Aktor (7) mindestens zwei Aktorsegmente (8) und/oder höchstens dreißig Aktorsegmente (8) und/oder mehr als dreißig Aktorsegmente (8) aufweist.
7. Strömungserzeuger (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Aktor (7) einen Durchmesser und/oder eine Seitenlänge von wenigstens 35 mm und/oder eine Fläche von wenigstens 9 cm² und/oder eine Dicke von höchstens 1 mm hat.
8. Strömungserzeuger (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das beim Verformen der Membran (6) durch die Düsenöffnung (4) fließende Fluid ein Volumen von wenigstens 0,45 cm³ hat.
9. Aktor (1) nach einem der vorhergehenden Ansprü-

che, wobei die verformbare Membran dazu eingerichtet ist, mit einer Frequenz zwischen 10 Hz und 10 kHz in alternierende Richtungen verformbar zu sein.

5

10. Strömungserzeuger (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Düsenöffnung (4) an einer zu der Membran (6) senkrecht oder nahezu senkrecht angeordneten Seitenfläche (10) des Gehäuses (2) oder an einer der Membran (6) gegenüberliegenden Deckfläche (11) des Gehäuses (2) angeordnet ist.

10

11. Strömungserzeuger (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, eingerichtet dazu, dass als Fluid eine Flüssigkeit, insbesondere Wasser oder Öl oder eine Kühflüssigkeit, verwendbar ist und/oder eingerichtet dazu, dass als Fluid ein Gas, insbesondere Luft, verwendbar ist.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

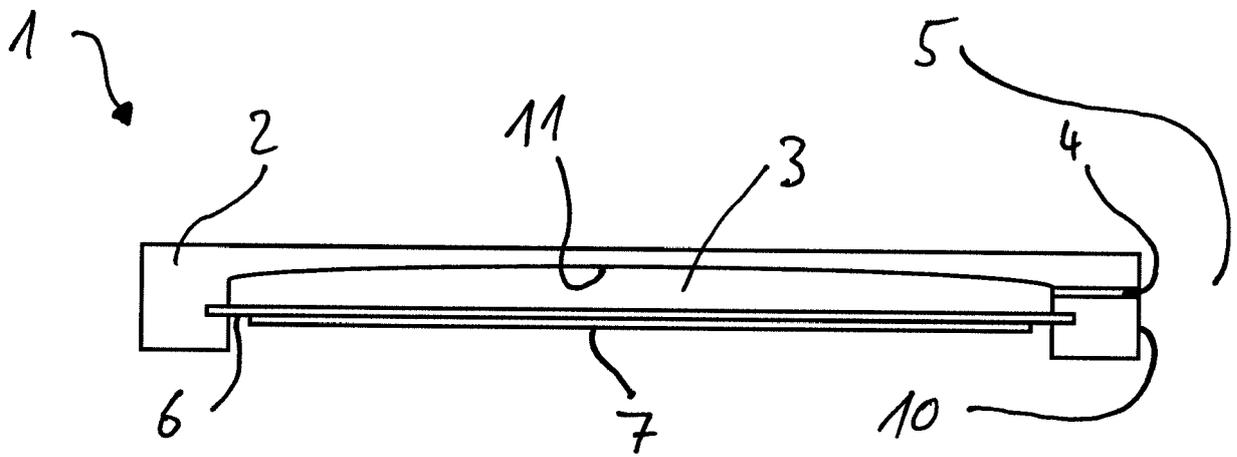


Fig. 2

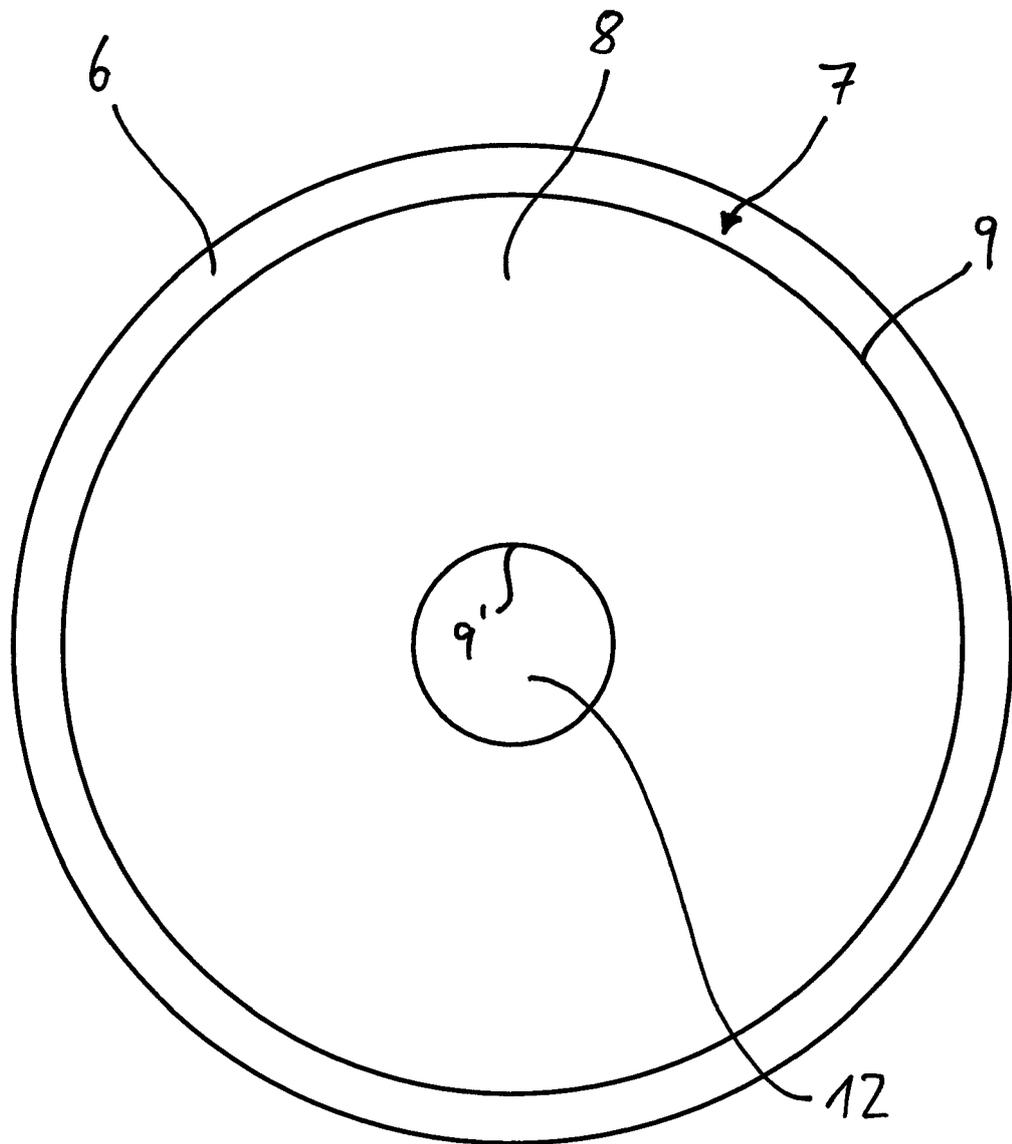
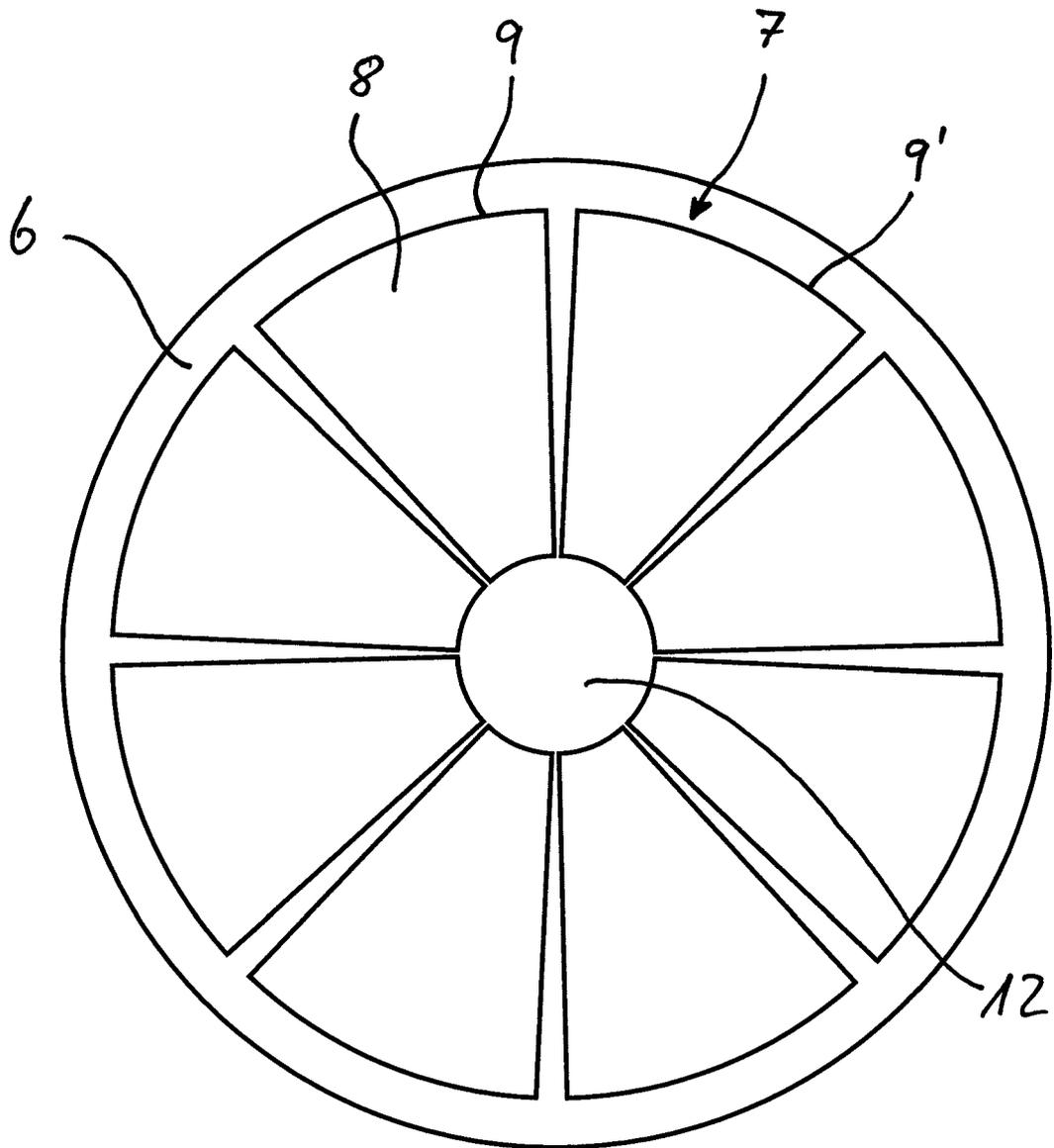


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 16 8809

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) |
| Y | DE 10 2012 010509 A1 (FRAUNHOFER GESELLSCHAFT E.V. [DE]; TECHNISCHE UNIVE CHEMNITZ [DE]) 21. November 2013 (2013-11-21) * Abbildung 1 * * Absatz [0025] - Absatz [0029] * ----- | 1-11 | INV. F04B43/04 F04B45/047 |
| Y | DE 694 10 487 T2 (WESTONBRIDGE INTERNATIONAL LTD. [IE]) 5. November 1998 (1998-11-05) * Abbildungen 3, 4 * * Seite 12, Zeile 7 - Seite 13, Zeile 19 * ----- | 1,2,4,5, 7-11 | |
| Y | DE 20 2013 000769 U1 (TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU [DE]; THUERINGISCHES INST TEXTIL [DE]) 19. Februar 2013 (2013-02-19) * Abbildungen 1-4 * * Absatz [0001] * * Absatz [0015] - Absatz [0022] * ----- | 1,3,6 | |
| Y | US 2016/377072 A1 (KOGE MICRO TECH CO., LTD. [TW]) 29. Dezember 2016 (2016-12-29) * Abbildungen 1-3 * * Absatz [0034] - Absatz [0037] * ----- | 1,2,4,5, 7-11 | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04B |
| Y | US 2006/232167 A1 (PAR TECHNOLOGIES LLC [US]) 19. Oktober 2006 (2006-10-19) * Abbildungen 1A, 1B, 3 * * Absatz [0028] - Absatz [0037] * ----- | 1,2,4,5, 7-11 | |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort München | | Abschlussdatum der Recherche 24. Oktober 2019 | Prüfer Grüchtel, Frank |
| 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 : nichtschriftliche 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 03.82 (P04C03)

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

EP 19 16 8809

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.

24-10-2019

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 102012010509 A1 | 21-11-2013 | KEINE | |
| ----- | | | |
| DE 69410487 T2 | 05-11-1998 | AU 681470 B2 | 28-08-1997 |
| | | CA 2179063 A1 | 06-07-1995 |
| | | DE 69410487 D1 | 25-06-1998 |
| | | DE 69410487 T2 | 05-11-1998 |
| | | EP 0737273 A1 | 16-10-1996 |
| | | JP 3718724 B2 | 24-11-2005 |
| | | JP H09507279 A | 22-07-1997 |
| | | SG 44800 A1 | 19-12-1997 |
| | | US 5759015 A | 02-06-1998 |
| | | WO 9518307 A1 | 06-07-1995 |
| ----- | | | |
| DE 202013000769 U1 | 19-02-2013 | KEINE | |
| ----- | | | |
| US 2016377072 A1 | 29-12-2016 | CN 106286241 A | 04-01-2017 |
| | | TW 201700865 A | 01-01-2017 |
| | | US 2016377072 A1 | 29-12-2016 |
| ----- | | | |
| US 2006232167 A1 | 19-10-2006 | US 2006232167 A1 | 19-10-2006 |
| | | WO 2006113341 A2 | 26-10-2006 |
| ----- | | | |

EPO FORM P0461

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