

(19)



(11)

EP 2 363 609 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.09.2011 Patentblatt 2011/36

(51) Int Cl.:
F04D 29/16 ^(2006.01) **F04D 29/28** ^(2006.01)
F04D 29/68 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11153316.2**

(22) Anmeldetag: **04.02.2011**

(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

(30) Priorität: **26.02.2010 DE 102010009566**

(71) Anmelder: **ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG**
74673 Mulfingen (DE)

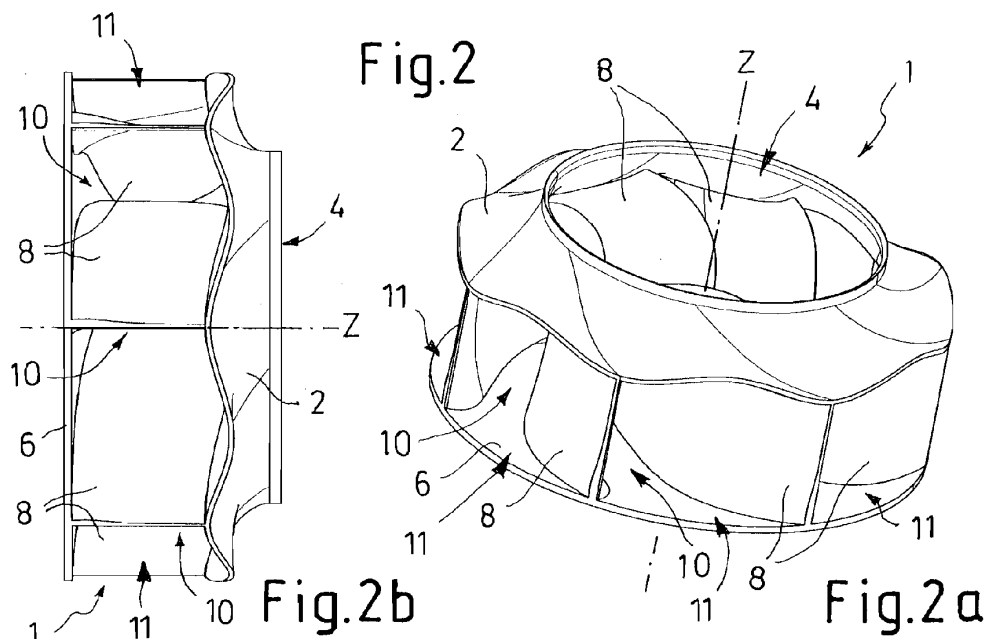
(72) Erfinder:
• **Bohl, Katrin**
74653 Künzelsau (DE)
• **Schneider, Marc**
74677 Dörzbach (DE)
• **Schöne, Jürgen**
97980 Bad Mergentheim (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Dr. Solf & Zapf
Candidplatz 15
81543 München (DE)

(54) Radial- oder Diagonal-Ventilatorrad

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Ventilatorrad (1) in einer Ausführung als Radial- oder Diagonal-ventilator, bestehend aus einer Deckscheibe (2) mit einer Einlassöffnung (4), einer Bodenscheibe (6) und mehreren über den Umfang der Einlassöffnung (4) und um eine Rotationsachse (Z) herum verteilt angeordneten Ventilatorschaufeln (8) sowie mit in Umfangsrichtung jeweils zwischen den benachbarten Ventilatorschaufeln (8) gebildeten Schaufelkanälen (10). Die Schaufelkanäle (10) führen vom Bereich der Einlassöffnung (4) aus radial

oder diagonal nach außen und bilden am Außenbereich Ausblasöffnungen (11). Bezüglich ihres effektiven Strömungsquerschnitts sind die Schaufelkanäle (10) derart ausgelegt, dass im Betrieb eine turbulente Strömung mit einer Reynolds-Zahl (Re) deutlich größer 2300 bei hohem Wirkungsgrad erreicht wird. Die Deckscheibe (2) und/oder die Bodenscheibe (6) weisen/weist eine nicht-rotationssymmetrische Geometrie auf, die in axialer bzw. achsparalleler Richtung (Z) gesehen einen kontinuierlichen, punkstetigen Verlauf aufweist.

**EP 2 363 609 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ein Ventilatorrad in einer Ausführung als Radial- oder Diagonalventilator, bestehend aus einer Deckscheibe mit einer Einlassöffnung, einer Bodenscheibe und mehreren über den Umfang der Einlassöffnung und um eine Rotationsachse herum verteilt angeordneten Ventilatorschaufeln sowie mit in Umfangsrichtung jeweils zwischen den benachbarten Ventilatorschaufeln gebildeten Schaufelkanälen, die vom Bereich der Einlassöffnung aus radial oder diagonal nach außen führen und am Außenbereich Ausblasöffnungen bilden, wobei die Schaufelkanäle bezüglich ihres effektiven Strömungsquerschnitts derart groß ausgelegt sind, dass im Betrieb eine turbulente Strömung mit einer Reynolds-Zahl deutlich größer 2300 erreicht wird, und wobei die Deckscheibe und/oder die Bodenscheibe eine nicht-rotationssymmetrische Geometrie aufweisen/aufweist.

[0002] Derartige Ventilatorräder werden wegen der turbulenten Strömung auch als TurboMaschinen (Turbolüfter) bezeichnet. Charakteristisch ist hierbei die sehr hohe Reynolds-Zahl Re , die mit einem Wert von mindestens 5000 (d. h. $Re \geq 5000$) deutlich um einen Faktor > 2 größer als der hinlänglich bekannte Grenzwert von etwa 2300 zwischen laminarer Strömung ($Re < 2300$) und turbulenter Strömung ($Re > 2300$) ist. In den meisten Fällen ist aber sogar $Re \geq 10000$ (Faktor > 4) und kann bis zu mehreren 10000 betragen (z. B. um 35000). Durch die turbulente Strömung in den Schaufelkanälen wird ein hoher Wirkungsgrad im Bereich über 0,6 und bis zu mindestens 0,8 (60 - 80 %) erreicht. Bei den Strömungskanälen kann annähernd von einer so genannten Rohrströmung ausgegangen werden, wobei als charakteristische Größen üblicherweise eine Strömungsweite, insbesondere ein idealisierter Ersatz-Innendurchmesser d , der Betrag der über den Querschnitt gemittelte Strömungsgeschwindigkeit V_m und die (kinetische) Viskosität ν des jeweiligen Strömungsmediums zu Grunde gelegt werden; für die dimensionslose Reynolds-Zahl gilt dann

$$Re = \frac{V_m \cdot d}{\nu}$$

wobei für Luft von einer kinetischen Viskosität $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ auszugehen ist.

[0003] Der Wirkungsgrad ist definiert als Verhältnis von genutzter Ausgangsleistung zu zugeführter Eingangsleistung, wobei im Falle eines elektromotorischen Antriebs die elektrische Eingangsleistung oder aber eine mechanische Wellen-Antriebsleistung zur Drehung des Ventilators angesetzt werden kann. So ist der so genannte "freiausblasende Wirkungsgrad" definiert zu:

$$\eta_{fa} = \frac{\dot{V} \cdot \Delta p_{fa}}{P_w}$$

d. h. als Verhältnis des Produktes Volumenstrom mal Druckdifferenz zur Eingangsleistung.

[0004] Ergänzend sei bemerkt, dass die relevanten Größen nach ISO 5801 gemessen werden.

[0005] Weiterhin bedeutet im Zusammenhang mit der Erfindung der Begriff "nichtrotationssymmetrisch", dass zwei beliebige unterschiedliche Radialschnitte der Bodenscheibe und/oder der Deckscheibe in zwei Ebenen, die die Rotationsachse enthalten und in Umfangsrichtung einen bestimmten Differenzwinkel einschließen, bei verschiedenen Umfangswinkeln nicht deckungsgleich sind, sondern voneinander abweichen. Eine Abweichung könnte dabei grundsätzlich in Richtung der Rotationsachse (axial) und/oder in radialer Richtung (radial) vorhanden sein. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass im Falle einer Nicht-Rotationssymmetrie eine Drehung des Körpers um bestimmte Winkel um die Rotationsachse das Objekt bzw. dessen Schnittfläche nicht auf sich selbst abbildet.

[0006] Ein solches Ventilatorrad der eingangs beschriebenen Art ist beispielsweise in unterschiedlichen Ausführungen in der Veröffentlichung JP 2001-263 294 beschrieben. Dabei soll die Deckscheibe oder die Bodenscheibe oder jede der beiden Scheiben eine in Umfangsrichtung schräg-gestufte Kontur aufweisen. Durch diese in Rotationsrichtung schräge Stufenform sollen eine Ablöse neigung der Strömung reduziert und dadurch das Geräusch und der Wirkungsgrad positiv beeinflusst werden. Die Stufenform führt dazu, dass jede Ventilatorschaufel auf ihrer Saugseite und ihrer Druckseite unterschiedliche (axial gemessene) Austrittsbreiten aufweist, und zwar kann -je nach Ausführungsform- die Austrittsbreite auf der Saugseite kleiner oder größer als die Austrittsbreite auf der Druckseite sein.

[0007] Die EP 1 933 039 A1 beschreibt einen Radialventilator mit Rippen, Aussparungen bzw. Einschnitten auf der Außenseite der Deckscheibe. Diese Ausgestaltung soll durch eine bestimmte Strömungsführung zu einer Geräuschminderung führen.

[0008] Die weitere Veröffentlichung EP 1 032 766 B1 beschreibt ein Lüfterrad insbesondere für einen Turbolader. Bei diesem Lüfterrad werden Schaufeln durch Prägnungen an mindestens einer der beiden Scheiben (Boden- und/oder Deckscheibe) gebildet. Durch diese Prägnungen entsteht ebenfalls eine nicht-rotationssymmetrische Geometrie. Allerdings beschäftigt sich diese Veröffentlichung nicht mit einer Beeinflussung der Strömung, sondern hat hauptsächlich fertigungstechnische und stabilitätsfördernde Aspekte zum Inhalt.

[0009] Auch gemäß der Veröffentlichung DE 32 47 453 C1 entsteht - hier durch Tiefziehen - eine nicht rotations-symmetrische Geometrie. Dabei werden aus einer Bo-

denscheibe und einer zu dieser parallelen Ringscheibe nach Erwärmen Schaufelteile ausgeformt, die durch Verschweißen an den jeweiligen Kammflächen zusammengefügt werden und damit ein Ventilatorlaufrad bilden. Allerdings beschäftigt sich die Veröffentlichung ebenso wie die oben genannte EP 1 032 766 B1 nicht mit einer Beeinflussung der Strömung, sondern hat lediglich die Aufgabe, die Fertigung eines Ventilatorlaufrades aus thermoplastischem Kunststoff zu vereinfachen und die Stabilität zu erhöhen.

[0010] Die Veröffentlichung US 2007/0116561 A1 bzw. die korrespondierende US 7,455,504 B2 beschreibt verschiedene Ausführungen einer recht speziellen Strömungsmaschine, die in sehr kleinen Ausführungen besonders für Computer vorgesehen sein soll. Hierbei sollen die Strömungskanäle mit einem sehr kleinen Strömungsquerschnitt ausgebildet sein, um eine laminare Strömung zu erreichen. Demzufolge handelt es sich nicht um eine "Turbo-Maschine" im Sinne der vorliegenden Erfindung, da bei diesem Stand der Technik die Reynolds-Zahl ausdrücklich jedenfalls kleiner als 2300 sein soll. Konkret wird der gesamte Strömungsquerschnitt in eine Vielzahl von kleinen Strömungskanälen aufgeteilt. Dies wird beispielsweise durch eine wabenartige Struktur erreicht, wodurch sich ebenfalls auf den ersten Blick eine nicht-rotationssymmetrische Ausgestaltung ergibt. Diese dient aber ausschließlich dem Zweck, kleine Strömungskanäle zu formen, um laminare Strömungen zu gewährleisten. Merkmale dieser bekannten Ausführungen können nicht auf eine "Turbo-Maschine" der hier im Rahmen der vorliegenden Erfindung behandelten Art übertragen werden, weil es sich um völlig verschiedene Wirkprinzipien handelt. So liegt z. B. der "Spitzenwirkungsgrad" (peak efficiency) der bekannten "Laminar-Maschine" nur bei etwa 0,2 (20 %).

[0011] In zahlreichen weiteren Veröffentlichungen sind rotationssymmetrische Ventilatorräder beschrieben. Nur rein beispielhaft seien hier die Veröffentlichungen DE 29 40 773 C2, DE 199 18 085 A1, EP 1 574 716 B1 und DE 203 03 443 U1 sowie auch GB 438 036 A1 genannt. Solche Ventilatoren mit rotationssymmetrisch ausgeführten Boden- und/oder Deckscheiben weisen sowohl in Richtung der Rotationsachse als auch in umfänglicher Richtung zum Teil stark ungleichförmige Geschwindigkeits- und Druckverteilungen, d. h. lokal überhöhte Geschwindigkeits-/Druckbereiche auf. Dies kann zu Strömungsablösungen und sogar Rückströmungen führen, die wiederum aerodynamische Verluste, Wirkungsgradeinbußen und auch eine Erhöhung der Geräuschemission bewirken. Zu dem genannten Dokument GB 438 036 A ist noch zu erwähnen, dass jede Ventilatorschaufel und/oder jede Deckscheibe aus zwei separaten Schichten bestehen soll, die nach Art von "Wellpappe" über wellenförmige Verbindungsstege verbunden sind. Hierdurch ergibt sich zwar zwischen den beiden Schichten ein nicht-rotationssymmetrischer Verlauf, jedoch sind die für die Strömungseigenschaften verantwortlichen Oberflächen der Deckscheiben jedenfalls ro-

tationssymmetrisch. Der mit "Wellpappe" mechanisch verstärkte Hohlraum zwischen den Schichten wird nicht durchströmt.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Ventilatorrad der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, mit dem bei guter mechanischer Stabilität eine verbesserte Beeinflussung der Strömung zur Optimierung hinsichtlich Luftleistung, Wirkungsgrad sowie Geräuschverhalten erreicht wird.

[0013] Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Anspruchs 1 oder durch die Merkmale des Anspruchs 2 erreicht. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen und der sich unten anschließenden Beschreibung enthalten.

[0014] Ein erster Erfindungsaspekt liegt gemäß dem Anspruch 1 darin, dass die jeweils nicht-rotationssymmetrische Deckscheibe bzw. Bodenscheibe zusätzlich in axialer bzw. achsparalleler Richtung gesehen einen kontinuierlichen, punktstetigen Verlauf an den jeweiligen Außenseiten von Boden- und/oder Deckscheibe über den gesamten Umfang (auch über die Bereiche der Schaufeln) hinweg aufweist. Dies bedeutet, es existiert zwischen zwei durch die Achse verlaufenden Radialschnitten ein Grenzwinkel $\alpha_G > 0^\circ$, ab dem eine weitere Annäherung der beiden Radialschnitte dazu führt, dass auch die Form-Abweichungen in axialer Richtung der jeweiligen Außenseiten von Boden- und/oder Deckscheibe kleiner werden. Es handelt sich somit um einen stetigen Verlauf in axialer Richtung, wodurch gegenüber dem stufenförmigen Verlauf beispielsweise gemäß JP 2001-263 294 und auch gemäß EP 1 933 039 A1 eine deutliche Verbesserung erreicht wird.

[0015] Zusätzlich - gegebenenfalls aber auch alternativ - zu diesem ersten Erfindungsaspekt kann in einem zweiten Aspekt gemäß dem Anspruch 2 vorgesehen sein, dass die jeweils nicht-rotationssymmetrische Deckscheibe bzw. Bodenscheibe zwischen zwei radialen, die Rotationsachse enthaltenden und beidseitig jeder Ventilatorschaufel liegenden Schnitten über die Ventilatorschaufel hinweg ohne Sprung ausgebildet ist. Auch dies ist vorteilhaft im Sinne der Lösung der zu Grunde liegenden Aufgabe.

[0016] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann die Geometrieabweichung zweier verschiedener, die Rotationsachse enthaltender Schnitte der jeweils nicht-rotationssymmetrischen Scheibe (Deck- oder Bodenscheibe) in radialer Richtung beliebig sein (im Gegensatz zu dem erfindungsgemäß jedenfalls punktstetigen Verlauf in axialer Richtung). Dies bedeutet, dass radial wahlweise ein punktstetiger oder auch ein sprungförmiger Verlauf möglich ist.

[0017] Während man mit der geometrischen Gestaltung der Ventilatorschaufeln und der Gestaltung der zwischen den Schaufeln gebildeten Strömungskanäle durch eine bekannte rotationssymmetrisch ausgeführte Boden- und/oder Deckscheibe die Geschwindigkeits- und Druckverteilung in Richtung der Rotationsachse beeinflussen kann, bleibt die Ungleichförmigkeit in umfängli-

cher Richtung hiervon weitestgehend unbeeinflusst. Im Gegensatz dazu kann mit der erfindungsgemäß nicht-rotationssymmetrischen Gestaltung zusätzlich gezielt ein vorteilhafter Einfluss auf die in Umfangsrichtung auftretende Ungleichförmigkeit der Geschwindigkeits- und Druckverteilung genommen werden. Daraus resultieren u. a. folgende Vorteile:

— Beeinflussung der Abströmung vom Ventilatorrad derart, dass eine Vergleichmäßigung der Strömung vor allem in umfänglicher Richtung und dadurch bedingt eine Reduktion der maximal lokal auftretenden Strömungsgeschwindigkeit stattfindet, was sich positiv auf aerodynamische und akustische Eigenschaften des Ventilatorrades auswirkt; insbesondere wird dadurch eine Verbesserung des Wirkungsgrades und der Geräuschemission erreicht.

— Gezielte Beeinflussung der Strömung im Ventilatorrad zur Reduktion von Interaktionen mit den Schaufelkanalbewandungen zur Geräuschreduktion und zur Verbesserung der Luftleistung sowie des Wirkungsgrades.

— Mehr Freiheitsgrade zur Strömungsbeeinflussung (vor allem in umfänglicher Richtung) und Strömungsführung; dadurch Stabilisierung der Strömung im Schaufelkanal und somit Verringerung der Ablöseneigung der Strömung.

— Verbesserung der mechanischen Stabilität; dadurch auch Materialeinsparung möglich.

[0018] Anhand von mehreren in der Zeichnung veranschaulichten Ausführungsbeispielen soll die Erfindung nun genauer erläutert werden. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ventilatorrades, und zwar in Fig. 1a eine Perspektivansicht und in Fig. 1b einen Axialschnitt in einer diametralen Schnittebene,

Fig. 2 bis 9 jeweils eine weitere unterschiedliche Ausführung des Ventilatorrades, wobei jeweils in einer Teilfigur a) eine Perspektivansicht und in einer Teilfigur b) eine Seitenansicht dargestellt sind, und

Fig. 10 eine weitere Perspektivansicht eines erfindungsgemäßen Ventilatorrades beispielhaft in einer Ausführung wie in Fig. 4a in einem vergrößerten Maßstab zur weiteren Erläuterung der Erfindung.

[0019] In allen Ausführungsbeispielen besteht ein erfindungsgemäßes, um eine Rotationsachse Z rotierend anzutreibendes Ventilatorrad 1 aus einer Deckscheibe 2

mit einer vorzugsweise im Wesentlichen zentrischen Einlassöffnung 4 zum Lufteintritt, einer in Achsrichtung Z gegenüberliegenden Bodenscheibe 6 und mehreren Ventilatorschaufeln 8. Diese Ventilatorschaufeln 8 sind zwischen der Bodenscheibe 6 und der Deckscheibe 2 angeordnet oder gänzlich oder bereichsweise durch eine bestimmte Formung von der Bodenscheibe 6 und/oder der Deckscheibe 2 gebildet (vgl. Fig. 8), wobei die Scheiben 2, 6 dann in diesen Bereichen direkt miteinander verbunden sind. Die Ventilatorschaufeln 8 sind in einer bestimmten Umfangsverteilung um die Rotationsachse Z und die Einlassöffnung 4 herum angeordnet. In Umfangsrichtung jeweils zwischen zwei benachbarten Ventilatorschaufeln 8 sind Schaufelkanäle 10 gebildet, die vom Bereich der Einlassöffnung 4 aus radial oder diagonal nach außen führen und am Außenbereich des Ventilatorrades 1 Ausblasöffnungen 11 bilden.

[0020] Wie eingangs bereits erläutert wurde, ist in einer für "Turbo-Ventilatoren" üblichen Weise vorgesehen, dass die Schaufelkanäle 10 bezüglich ihres effektiven Strömungsquerschnitts derart groß ausgelegt sind, dass im Betrieb eine turbulente Strömung mit einer Reynoldszahl $Re \gg 2300$ bei hohem Wirkungsgrad zwischen 0,6 und 1,0 erreicht wird. Zudem weist die Einlassöffnung 4 eine effektive Saugmund-Strömungsweite D_s auf, deren Verhältnis zu einer effektiven Strömungsweite D_k jedes Schaufelkanals jedenfalls kleiner als 10, insbesondere sogar kleiner als 3, ist. Die genannten Strömungsweiten werden üblicherweise auf eine Kreisform bezogen, so dass ein idealisierter Durchmesser zu Grunde gelegt wird, auch wenn die tatsächlichen Strömungsquerschnitte von der Kreisform abweichen.

[0021] Bei dem erfindungsgemäßen Ventilatorrad 1 ist es nun zunächst wesentlich, dass die Deckscheibe 2 oder die Bodenscheibe 6 oder aber jede der beiden Scheiben 2, 6 zur Strömungsbeeinflussung eine nicht-rotationssymmetrische Geometrie aufweist. Zudem ist es dabei wesentlich, dass die Deckscheibe 2 und die Bodenscheibe 6 nicht parallel zueinander sind.

[0022] Dazu sei an dieser Stelle auf die Fig. 10 verwiesen, wo zusätzlich zwei radiale, d. h. entsprechend einem Radius r verlaufende und sich in der Rotationsachse Z schneidende Ebenen E1 und E2 eingezeichnet sind, die einen bestimmten Differenzwinkel α einschließen. Nicht-Rotationssymmetrie im Sinne der vorliegenden Erfindung liegt vor, wenn die in den Ebenen E1 und E2 liegenden Querschnittsflächen der jeweiligen Scheibe 2 und/oder 6 sich - bei verschiedenen Umfangswinkeln - voneinander unterscheiden.

[0023] Dabei ist aber zusätzlich der Verlauf der jeweils nicht-rotationssymmetrischen Scheibe 2 und/oder 6 in axialer Richtung an den jeweiligen Außenseiten von Bodenscheibe 6 und/oder Deckscheibe 2 über den gesamten Umfangsbereich (auch über die Schaufeln) hinweg punktstetig, d. h. mit abnehmendem Differenzwinkel α existiert ein Grenzwinkel $\alpha_G > 0^\circ$, ab dem eine weitere Annäherung der beiden Radialschnitte E1 und E2 (Fig. 10) dazu führt, dass auch die Form-Abweichungen in

axialer Richtung Z der jeweiligen Außenseiten von Bodenscheibe 6 und/oder Deckscheibe 2 kleiner werden. Alternativ oder zusätzlich dazu ist vorgesehen, dass zwei Querschnitte, die in zwei die Rotationsachse Z enthaltenden und sich dadurch in der Rotationsachse Z schneidenden Ebenen liegen, beidseitig jeder Ventilatorschaukel 8 keinen Sprung in Drehrichtung über die Schaukel 8 hinweg darstellen.

[0024] Im Gegensatz zu dem punktstetigen Verlauf in axialer Richtung Z kann erfindungsgemäß die Geometrieabweichung zweier unterschiedlicher, die Rotationsachse Z enthaltender Schnitte in radialer Richtung (Radius r in Fig. 10) beliebig sein. Dies bedeutet, dass hier sowohl punktstetige, als auch sprungförmige Verläufe möglich sind.

[0025] Im Folgenden sollen die einzelnen Ausführungsbeispiele kurz genauer beschrieben werden.

[0026] Bei der Ausführung gemäß Fig. 1 ist die Deckscheibe 2 im Bereich der Einlassöffnung 4 mit einem Radeinlass 12 ausgestattet, wobei die Deckscheibe 2 im Bereich dieses Radeinlasses 12 nicht-rotationssymmetrisch in Richtung der Rotationsachse Z ausgeführt ist. Im dargestellten Beispiel erstreckt sich der Radeinlass 12 stegartig axial von der Deckscheibe 2 weg und weist in Umfangsrichtung eine wellenförmige Kontur mit axialen Erhebungen und dazwischen liegenden Vertiefungen auf. Das Ventilatorrad 1 ist in diesem Fall als Radialventilator ausgeführt. Zusätzlich oder alternativ kann die Deckscheibe 2 im Bereich der Einlassöffnung 2 bzw. des Radeinlasses 12 auch in radialer Richtung nicht-rotationssymmetrisch ausgebildet sein.

[0027] Auch in der Ausführung gemäß Fig. 2 handelt es sich um einen Radialventilator, wobei in diesem Fall nur die Deckscheibe 2 in Richtung der Drehachse Z nicht-rotationssymmetrisch ausgebildet ist. In diesem Beispiel ist dazu die Deckscheibe 2 in Umfangsrichtung wellenförmig ausgebildet, wobei jeweils zwischen zwei Ventilatorschaukeln 8 ein sich konvex nach außen wölbender Abschnitt gebildet ist. Diese Abschnitte gehen im Bereich jeder Ventilatorschaukel 8 stetig ineinander über.

[0028] In Fig. 3 ist eine Ausführung als Radialventilator dargestellt, bei der nur die Bodenscheibe 6 nicht-rotationssymmetrisch in Achsrichtung Z ausgeführt ist. Konkret kann es sich um eine gleichartige Ausgestaltung handeln, wie sie bei der Deckscheibe 2 gemäß Fig. 2 vorgesehen ist.

[0029] Die Ausführung gemäß Fig. 4 kombiniert praktisch beide Ausführungen gemäß Fig. 2 und 3. Dies bedeutet, dass dieser Radialventilator sowohl im Bereich der Deckscheibe 2 als auch im Bereich der Bodenscheibe 6 nicht-rotationssymmetrisch ausgeführt ist.

[0030] In Fig. 5 ist eine Ausführung des Ventilatorrades 1 als Diagonalventilator veranschaulicht, wobei die Deckscheibe 2 in radialer Richtung r nicht-rotationssymmetrisch ausgeführt ist, und zwar in diesem Fall nicht stetig, sondern sprungförmig. Dies wird durch einen nicht stetigen, sondern über Ecken im Radius springenden Verlauf einer äußeren Umfangskante 14 der Deckschei-

be 2 erreicht.

[0031] Die Fig. 6 zeigt eine Ausführung als Radialventilator, wobei die Deckscheibe 2 in radialer Richtung r nicht-rotationssymmetrisch ausgeführt ist, und zwar punktstetig. Dies bedeutet, dass die Deckscheibe 2 hier einen stetigen Umfangsverlauf ohne Ecken oder sonstige Sprünge aufweist.

[0032] Entsprechendes gilt auch für die sehr ähnliche Ausführung gemäß Fig. 7, wobei jedoch an Punkten P jeweils eine Ecke bzw. ein Knick auftritt.

[0033] Die Fig. 8 zeigt eine Ausführung als Radialventilator, wobei beide Scheiben, sowohl die Deckscheibe 2 als auch die Bodenscheibe 6, durch einen in Umfangsrichtung wellenartigen Konturverlauf in Richtung der Rotationsachse Z nicht-rotationssymmetrisch ausgeführt sind. Zusätzlich ist hier vorgesehen, dass die Deckscheibe 2 und die Bodenscheibe 6 im äußeren Umfangsbereich des Ventilatorrades 1 direkt miteinander verbunden sind und somit gemeinsam zumindest einen Teilbereich der Ventilatorschaukeln 8 bilden. Zur Verdeutlichung ist in der zusätzlichen Figur 8c ein Teilbereich der Deckscheibe 2 im Bereich eines der Schaukelkanäle 10 weggeschnitten. Grundsätzlich könnten die Ventilatorschaukeln 8 vollständig dadurch gebildet werden, dass die entsprechend geformten Boden- und/oder Deckscheiben 6, 2 über den ganzen Verlauf der Schaukeln 8 hinweg direkt miteinander verbunden werden. Bei der dargestellten Ausführung sind aber die Scheiben 2, 6 nur im äußeren Umfangsbereich miteinander verbunden, wobei im inneren Eintrittsbereich der Schaukelkanäle 10 konventionelle Schaukel-Abschnitte als separate Teile geformt sind.

[0034] Bei allen bisher beschriebenen Ausführungsformen entstehen durch die nicht-rotationssymmetrische Ausgestaltung geometrische Strukturen, die in Umfangsrichtung periodisch wiederkehrend ausgeführt sind. Es liegt aber ebenfalls im Rahmen der Erfindung, die geometrischen Strukturen so zu wählen, dass sie unregelmäßig in Form und/oder Anordnung sind.

[0035] Dazu ist ein Ausführungsbeispiel in Fig. 9 veranschaulicht. Es handelt sich auch hier wiederum um einen Radialventilator mit nicht-rotationssymmetrischer Deckscheibe 2. Diese weist an einer Umfangsstelle 16 einen sich sprunghaft ändernden Radius r auf, und die äußere Umfangskante 14 der Deckscheibe 2 verläuft ausgehend von der Umfangsstelle 16 mit einem sich kontinuierlich ändernden Radius über den Umfang und endet nach 360° wieder an dem Radius-Sprung in der Umfangsstelle 16. Dadurch verläuft bei diesem Beispiel die Umfangskante 14 spiralartig.

[0036] Natürlich sind auch andere Ausführungen möglich, durch die sich eine in Umfangsrichtung unregelmäßige Geometrie von Deck- und/oder Bodenscheibe 2, 6 ergibt.

[0037] Für alle Ausführungsformen gilt, dass die Ventilatorschaukeln 8 einen beliebigen Verlauf aufweisen können. Beispielsweise können sie hinsichtlich der Rotationsrichtung vorwärts oder rückwärts gekrümmt sein.

[0038] Im Übrigen sind beliebige Kombinationen aller

bisher beschriebenen Einzelmerkmale möglich.

[0039] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfasst auch alle im Sinne der Erfindung gleichwirkenden Ausführungen. Es wird ausdrücklich betont, dass die Ausführungsbeispiele nicht auf alle Merkmale in Kombination beschränkt sind, vielmehr kann jedes einzelne Teilmerkmal auch losgelöst von allen anderen Teilmerkmalen für sich eine erfinderische Bedeutung haben. Ferner ist die Erfindung bislang auch noch nicht auf die im jeweiligen unabhängigen Anspruch definierte Merkmalskombination beschränkt, sondern kann auch durch jede beliebige andere Kombination von bestimmten Merkmalen aller insgesamt offenbarten Einzelmerkmalen definiert sein. Dies bedeutet, dass grundsätzlich praktisch jedes Einzelmerkmal des jeweiligen unabhängigen Anspruchs weggelassen bzw. durch mindestens ein an anderer Stelle der Anmeldung offenbartes Einzelmerkmal ersetzt werden kann. Insofern sind die Ansprüche lediglich als ein erster Formulierungsversuch für eine Erfindung zu verstehen.

Patentansprüche

1. Ventilatorrad (1) in einer Ausführung als Radial- oder Diagonalventilator, bestehend aus einer Deckscheibe (2) mit einer Einlassöffnung (4), einer Bodenscheibe (6) und mehreren über den Umfang der Einlassöffnung (4) und um eine Rotationsachse (Z) herum verteilt angeordneten Ventilatorschaufeln (8) sowie mit in Umfangsrichtung jeweils zwischen den benachbarten Ventilatorschaufeln (8) gebildeten Schaufelkanälen (10), die vom Bereich der Einlassöffnung (4) aus radial oder diagonal nach außen führen und am Außenbereich Ausblasöffnungen (11) bilden, wobei die Schaufelkanäle (10) bezüglich ihres effektiven Strömungsquerschnitts derart groß ausgelegt sind, dass im Betrieb eine turbulente Strömung mit einer Reynolds-Zahl (Re) deutlich größer 2300 erreicht wird, und wobei die Deckscheibe (2) und/oder die Bodenscheibe (6) eine nicht-rotationssymmetrische Geometrie aufweisen/aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweils nicht-rotationssymmetrische Geometrie in axialer bzw. achsparalleler Richtung (Z) gesehen einen kontinuierlichen, punktstetigen Verlauf aufweist.
2. Ventilatorrad nach Anspruch 1 oder nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweils nicht-rotationssymmetrische Geometrie zwischen zwei radialen, die Rotationsachse (Z) enthaltenden und beidseitig jeder Ventilatorschaufel (8) liegenden Schnitten über die Ventilatorschaufel (8) hinweg ohne Sprung ausgebildet ist.
3. Ventilatorrad nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass die Einlassöffnung (4) eine effektive Saugmund-Strömungsweite (D_s) aufweist, deren Verhältnis zu einer effektiven Strömungsweite (D_K) jedes Schaufelkanals (20) kleiner als 10, insbesondere kleiner als 3, ist.

4. Ventilatorrad nach einem der Ansprüche 1 bis 3" **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweils nicht-rotationssymmetrische Geometrie in radialer Richtung (r) gesehen einen kontinuierlichen, punktstetigen Verlauf oder einen nicht-kontinuierlichen, sprungförmigen Verlauf aufweist.
5. Ventilatorrad nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Deckscheibe (2) im Bereich der Einlassöffnung (4) nicht-rotationssymmetrisch in Richtung der Rotationsachse (Z) und/oder in radialer Richtung (r) ausgebildet ist, wobei insbesondere ein die Einlassöffnung (4) umschließender, axial vorstehender Radeinlass (12) eine wellenförmige Verlaufskontur mit abwechselnden Vorsprüngen und Vertiefungen aufweist.
6. Ventilatorrad nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Deckscheibe (2) nicht-rotationssymmetrisch in Richtung der Rotationsachse (Z) ausgebildet ist, wobei die Deckscheibe (2) in Umfangsrichtung eine vorzugsweise wellenförmige Gestaltung aufweist.
7. Ventilatorrad nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bodenscheibe (6) nicht-rotationssymmetrisch in Richtung der Rotationsachse (Z) ausgebildet ist, wobei die Bodenscheibe (6) in Umfangsrichtung eine vorzugsweise wellenförmige Gestaltung aufweist.
8. Ventilatorrad nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Deckscheibe (2) nicht-rotationssymmetrisch in Radiusrichtung (r) ausgebildet ist.
9. Ventilatorrad nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bodenscheibe (6) nicht-rotationssymmetrisch in Radiusrichtung (r) ausgebildet ist.
10. Ventilatorrad nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilatorschaufeln (8) zumindest bereichsweise durch direkte Verbindung zwischen den entsprechend geformten Deck- und Bodenscheiben (2, 6) gebildet sind.
11. Ventilatorrad nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweils nicht-rotationssymmetrische Geometrie bezüglich Form und/oder Anordnung in Umfangsrichtung periodisch wiederkehrend oder unregelmäßig ausgebildet ist.

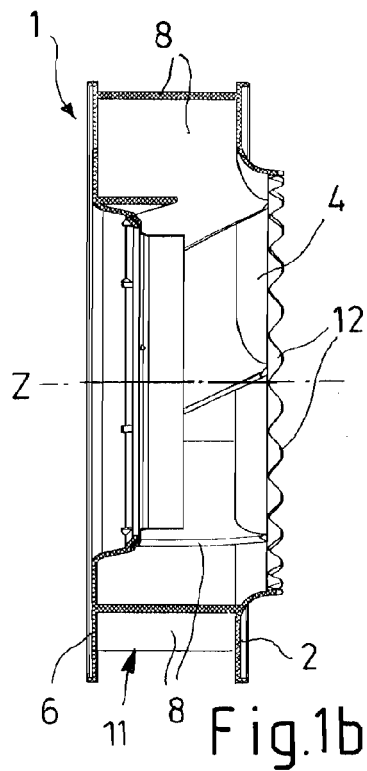


Fig.1

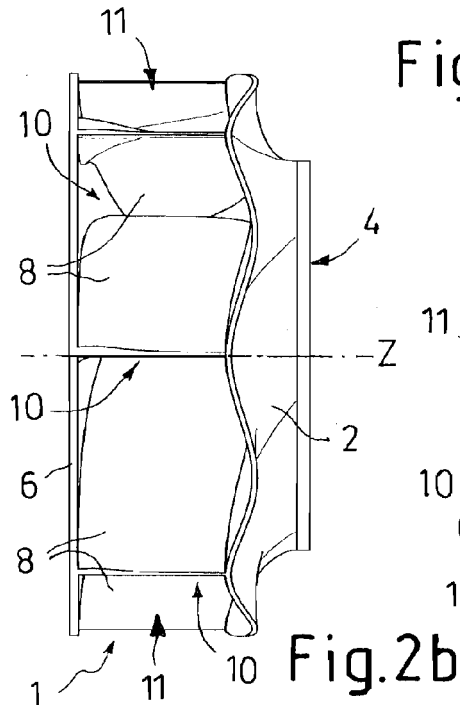
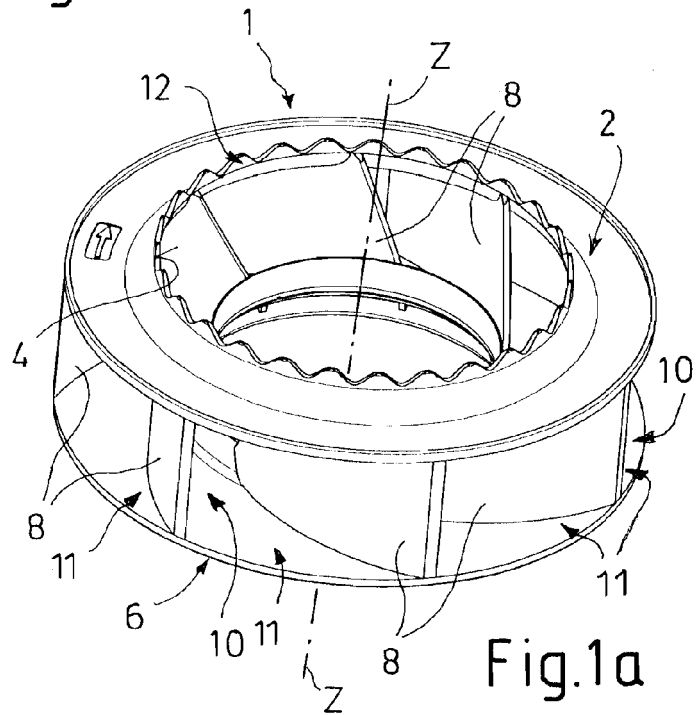
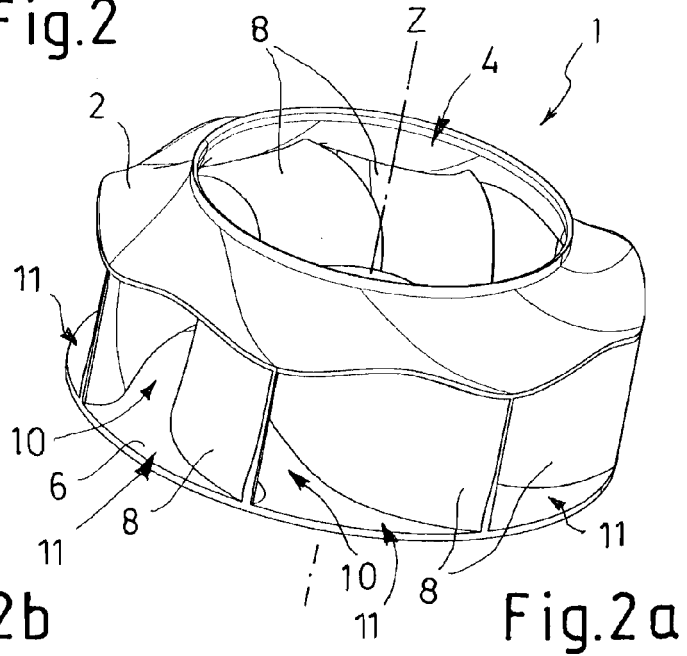
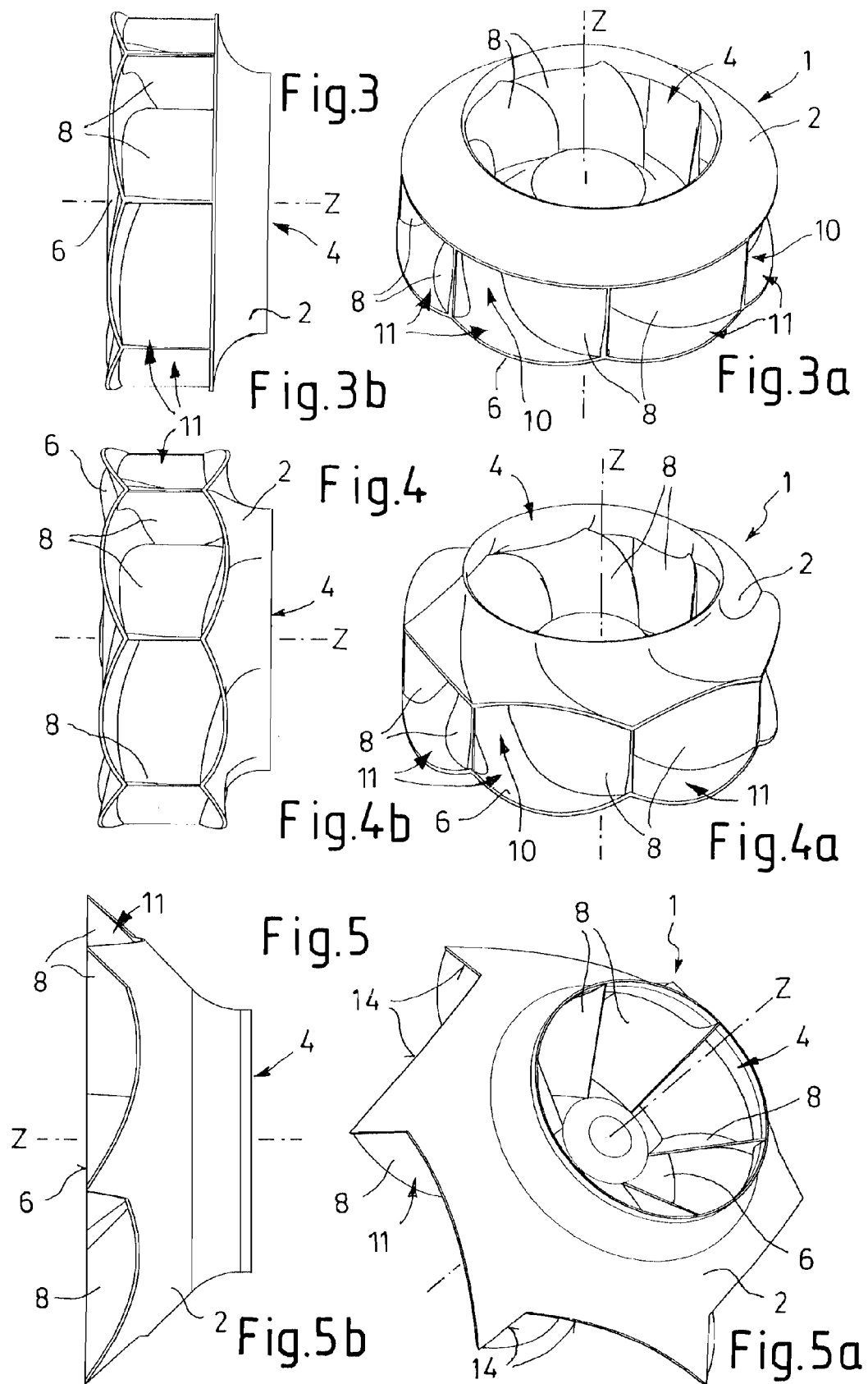
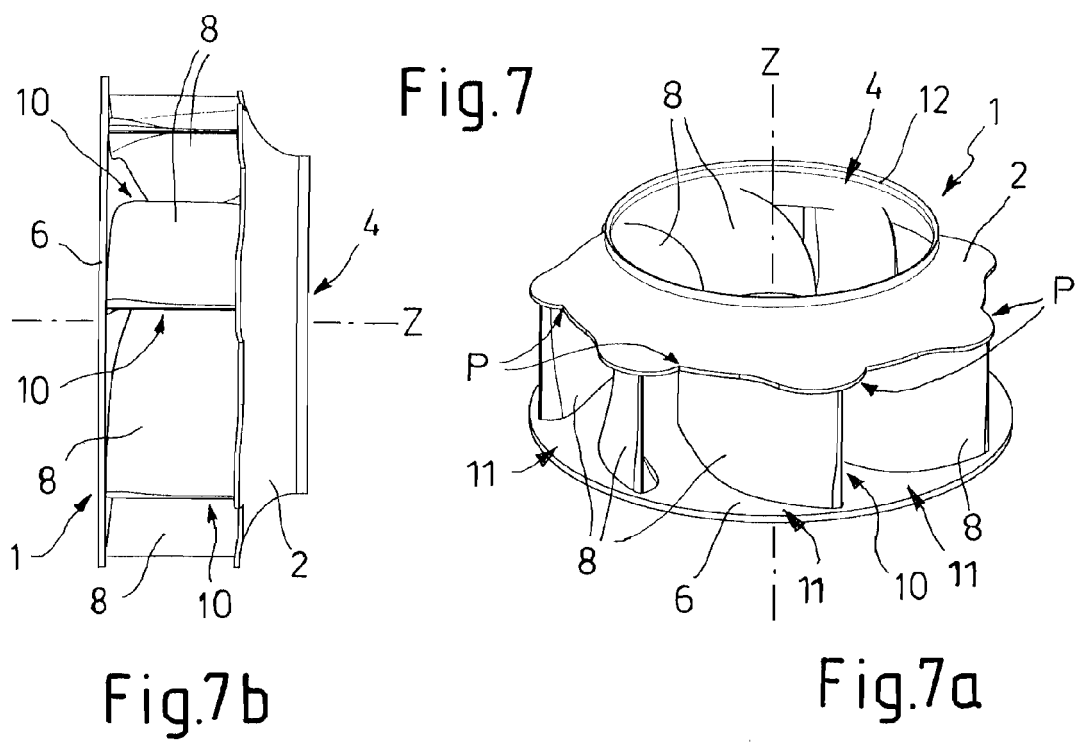
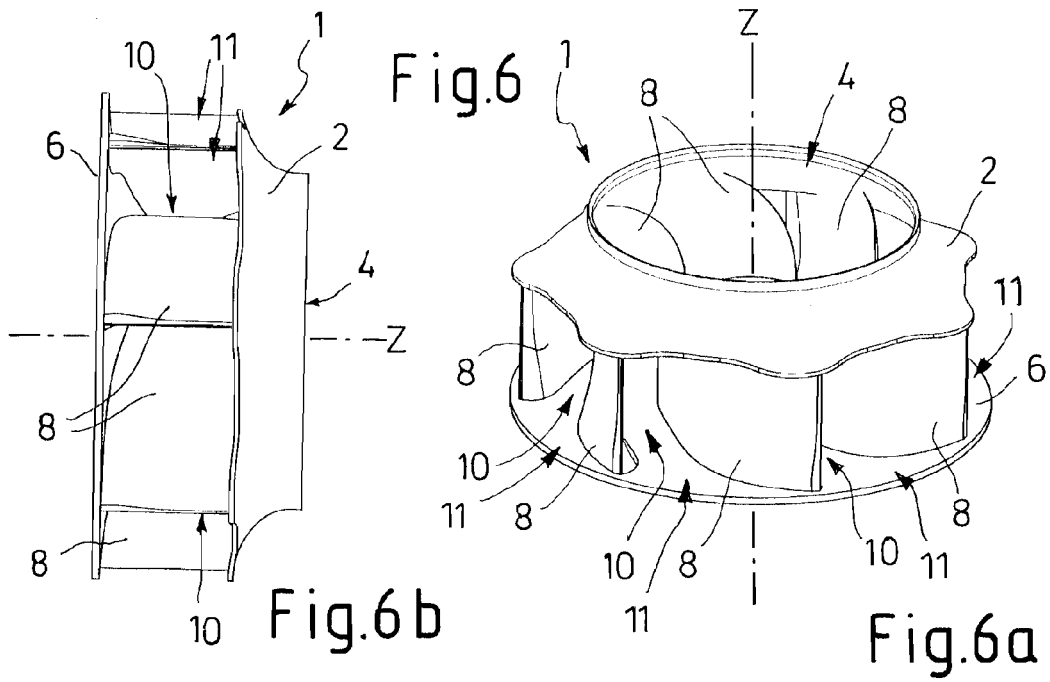
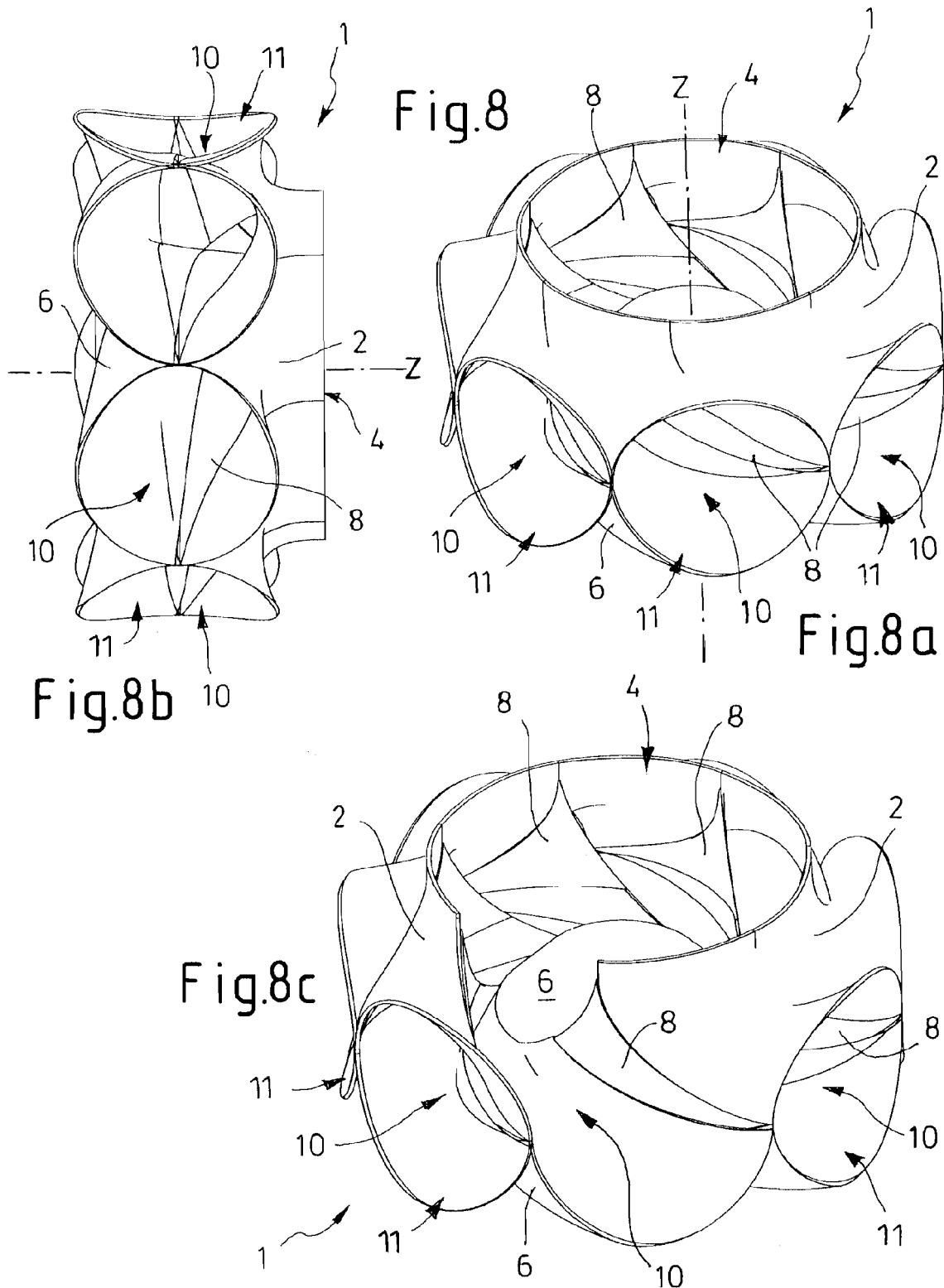


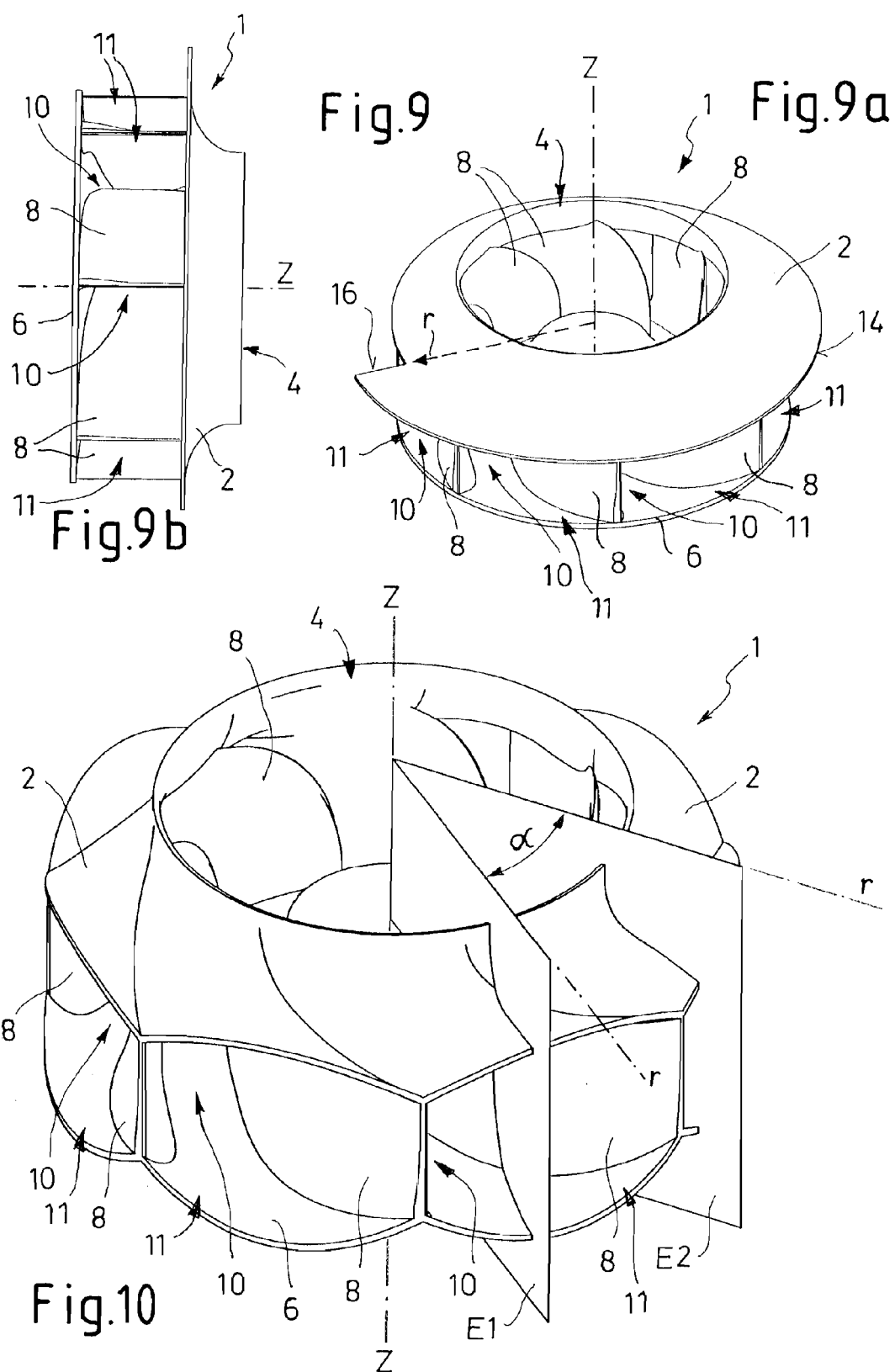
Fig.2













EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 15 3316

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 574 716 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 14. September 2005 (2005-09-14) * Absätze [0006], [0007], [0015]; Abbildungen 22,23 *	1-6,8, 10,11	INV. F04D29/16 F04D29/28 F04D29/68
X	EP 1 933 039 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 18. Juni 2008 (2008-06-18) * Zusammenfassung; Abbildungen 3,4 *	1,4,5, 10,11	
X	US 6 450 765 B1 (CARROLL JIM K [US] ET AL) 17. September 2002 (2002-09-17) * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	1,4,5, 10,11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 13. April 2011	Prüfer de Martino, Marcello
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	

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 15 3316

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

13-04-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1574716 A1	14-09-2005	CN 1664376 A ES 2309608 T3	07-09-2005 16-12-2008
EP 1933039 A1	18-06-2008	AU 2006298249 A1 CN 101253333 A JP 4017003 B2 JP 2007100548 A WO 2007040073 A1 KR 20080037722 A US 2009255654 A1	12-04-2007 27-08-2008 05-12-2007 19-04-2007 12-04-2007 30-04-2008 15-10-2009
US 6450765 B1	17-09-2002	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 2001263294 A [0006] [0014]
- EP 1933039 A1 [0007] [0014]
- EP 1032766 B1 [0008] [0009]
- DE 3247453 C1 [0009]
- US 20070116561 A1 [0010]
- US 7455504 B2 [0010]
- DE 2940773 C2 [0011]
- DE 19918085 A1 [0011]
- EP 1574716 B1 [0011]
- DE 20303443 U1 [0011]
- GB 438036 A1 [0011]
- GB 438036 A [0011]