(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 268 613 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.05.2022 Patentblatt 2022/19

(21) Anmeldenummer: **16707469.9**

(22) Anmeldetag: **03.03.2016**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/00 *(2006.01)* ***F04D 29/38*** *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 29/384; F04D 19/002; F05D 2240/303; F05D 2240/304

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/054505

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/142255 (15.09.2016 Gazette 2016/37)

(54) **AXIALLAUFRAD UND VENTILATOR MIT EINEM SOLCHEN AXIALLAUFRAD**

AXIAL IMPELLER AND FAN HAVING SUCH AN AXIAL IMPELLER

ROUE À AUBES AXIALE ET VENTILATEUR AYANT UNE TELLE ROUE À AUBES AXIALE

(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

(30) Priorität: **11.03.2015 DE 102015204304**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.01.2018 Patentblatt 2018/03

(73) Patentinhaber: **Voith Patent GmbH**
89522 Heidenheim (DE)

(72) Erfinder:
- **DOSSNER, Jürgen**
  89429 Bachhagel (DE)
- **HARSCH, Martina**
  89522 Heidenheim (DE)

(74) Vertreter: **Voith Patent GmbH - Patentabteilung**
St. Pöltener Straße 43
89522 Heidenheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 945 627
EP-A1- 1 669 610
GB-A- 827 670

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 268 613 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Axiallaufrad mit einer Nabe und einer Beschaufelung für einen Ventilator oder Lüfter sowie einen Axialventilator mit einem solchen Axiallaufrad.

[0002] Bei modernen Kraftfahrzeugen spielt der Verbrauch eine große Rolle. Waren Nutzfahrzeuge wie beispielsweise im Bau- oder Landwirtschaftssektor bislang von dieser Entwicklung nicht so stark betroffen, geraten in neuerer Zeit nicht nur die Verbrennungsmotoren solcher Nutzfahrzeuge an sich, sondern auch die Leistungsaufnahme von Nebenverbrauchern in den Fokus der Bemühungen nach einer Verbrauchsreduzierung. Neben der reinen Leistungsaufnahme spielt auch zunehmend der begrenzte Bauraum für solche Nebenverbraucher eine Rolle. Ein wichtiger solcher Nebenverbraucher ist der für die Kühlung der Verbrennungsmotoren benötigte Lüfter. Hier und im Folgenden werden die Begriffe "Lüfter" und "Ventilator" synonym gebraucht. Derartige Lüfter sind heutzutage meist als Axiallüfter ausgeführt. Die momentan für derartige Zwecke eingesetzten Axiallüfter weisen Laufräder aus Kunststoff auf und besitzen üblicherweise einen Wirkungsgrad zwischen 50 % und 60 %. Eine Steigerung des Wirkungsgrads auf über 60% erschien bislang nicht möglich.

[0003] Aus dem Stand derTechnik beispielsweise aus der EP 1669610 A1 sind Axiallüfter bekannt, die Schaufeln mit einem gekrümmten Verlauf des Schaufeleintrittswinkels und des Schaufelaustrittswinkels über dem Nabenverhältnis aufweisen. Dadurch soll insbesondere der Geräuschpegel reduziert werden.

[0004] Axiallüfter oder -ventilatoren weisen ein Laufrad mit einer Nabe und einer Beschaufelung der Nabe mit einer Mehrzahl einzelner Schaufeln auf. Die Drehachse der Nabe verläuft parallel zum Luftstrom. Eine einzelne Schaufel erstreckt sich von ihrer Befestigung an der Nabe, dem Schaufelfuß, zu ihrer Schaufelspitze entlang einer Längsachse. Es ist bekannt, die Schaufeln eines Axiallüfters gemäß den Gesetzen von Tragflächen auszulegen. Zur Beschreibung der Geometrie einer Schaufel werden ebene Schnitte senkrecht zu einem Radialstrahl durch die Drehachse der Nabe an dem entsprechenden Radius betrachtet. Die einzelnen Schnitte bilden je ein Profil der Schaufel. Die verschiedenen Profile einer solchen Schaufel können entlang der Schaufellängsachse gleich sein, sie können aber auch veränderlich gestaltet sein. Der Verlauf solcher Profile wird entlang einer sogenannten Auffädellinie beschrieben. Unter der Auffädellinie wird die Verbindungslinie der geometrischen Flächenschwerpunkte aller Schaufelschnitte bzw. -profile verstanden.

[0005] Das Schaufelprofil selbst wird durch verschiedene Parameter und Begriffe beschrieben. Die Anströmkante des Profils wird als Profilvorderkante, die Abströmkante als Profilhinterkante bezeichnet. Eine geradlinige Verbindung der Profilvorderkante und der Profilhinterkante bildet die Profilsehne. Eine Skelettlinie verbindet ebenfalls die Profilvorderkante und die Profilhinterkante und bildet die Mittellinie des Profils. Die Skelettlinie verläuft durch Mitten der Profildicken, also durch die Mittelpunkte aller Verbindungen zwischen der Oberseite und der Unterseite des Profils senkrecht zur Profilsehne.

[0006] Unter einem Schaufeleintrittswinkel bzw. Schaufelaustrittswinkel wird vorliegend der Winkel verstanden, den eine Tangente an die Skelettlinie mit einer die Profilvorderkante bzw. Profilhinterkanten verbindenden Geraden einschließt. Für den Schaufeleintrittswinkel wird eine Tangente an der Stelle betrachtet, an der die Skelettlinie die Profilvorderkante berührt. Entsprechend wird für den Schaufelaustrittswinkel eine Tangente an der Stelle betrachtet, an der die Skelettlinie die Profilhinterkante berührt. Der Abstand der Berührpunkte der Skelettlinie mit der Profilvorderkante und der Skelettlinie mit der Profilhinterkante bzw. die Länge der oben genannten Profilsehne wird vorliegend als Profillänge bezeichnet.

[0007] Unter einem Nabenverhältnis wird vorliegend der Quotient aus dem äußeren Nabendurchmesser - also dem minimalen Radius eines Schaufelschnitts - und dem Durchmesser verstanden, an dem momentan ein Schaufelschnitt der Schaufel betrachtet wird. Unter einem Dickenverhältnis wird das Verhältnis der maximalen Profildicke und der Profillänge verstanden. Unter einem Teilungsverhältnis wird der Abstand der Profilhinterkanten der Profile benachbarter Schaufeln verstanden.

[0008] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Laufrad für einen Axiallüfter oder einen Axialventilator mit einem verbesserten Wirkungsgrad anzugeben.

[0009] Die Aufgabe wird durch ein Axiallaufrad mit einer Nabe und einer Beschaufelung für einen Ventilator oder Lüfter gemäß Anspruch 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0010] Die erfindungsgemäße Geometrie der Schaufeln der Beschaufelung wird durch einen Verlauf eines Schaufeleintrittswinkels und eines Schaufelaustrittswinkels von Schaufelschnitten bestimmt. Dabei wird der Winkelverlauf von einem Schaufelfuß an der Nabe zu einer dem Schaufelfuß gegenüber liegenden Schaufelspitze betrachtet, also der Schaufeleintrittswinkel und Schaufelaustrittswinkel aufgetragen über dem Nabenverhältnis. Erfindungsgemäß ist bei dem Axiallaufrad vorgesehen, dass der Schaufeleintrittswinkel aufgetragen über dem Nabenverhältnis linksgekrümmt ist und der Schaufelaustrittswinkel aufgetragen über dem Nabenverhältnis rechtsgekrümmt ist. Zusätzlich ist bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform vorgesehen, dass der Schaufeleintrittswinkel aufgetragen über dem Nabenverhältnis gemäß der folgenden Tabelle verläuft:

Nabenverhältnis	Schaufeleintrittswinkel [°]
1,00	29,2
0,92	26,3
0,85	23,7
0,79	21,2
0,74	19,0
0,69	17,1
0,65	15,4
0,62	14,1
0,58	13,1
0,56	12,5
0,53	12,3
0,51	12,7
0,49	13,6

oder dass der Verlauf der Schaufeleintrittswinkel aufgetragen über dem Nabenverhältnis um höchstens +/- 1° von den oben genannten Tabellenwerte abweicht; und dass der Schaufelaustrittswinkel aufgetragen über dem Nabenverhältnis gemäß der folgenden Tabelle verläuft:

Nabenverhältnis	Schaufelaustrittswinkel [°]
1,00	68,8
0,92	67,5
0,85	66,0
0,79	64,2
0,74	62,0
0,69	59,4
0,65	56,6
0,62	53,3
0,58	49,6
0,56	45,3
0,53	40,1
0,51	34,1
0,49	27,0

oder dass der Verlauf der Schaufelaustrittswinkel aufgetragen über dem Nabenverhältnis um höchstens +/- 2° von den oben genannten Tabellenwerte abweicht.

[0011] Der in dieser Tabelle gezeigte nichtlineare Verlauf des Schaufeleintrittswinkels aufgetragen über dem Nabenverhältnis zeigt besonders optimierte Wirkungsgrade. Insbesondere im Zusammenspiel mit dem oben genannten Verlauf des Schaufeleintrittswinkels führt der genannte Verlauf des Schaufelaustrittswinkels aufgetragen über dem Nabenverhältnis zu einem noch weiter verbesserten Wirkungsgrad.

[0012] Die genannten Werte sind das Ergebnis numerischer Strömungsmechanik-Berechnungen (CFD-Berechnungen) und Teststanderprobungen in mehrfach iterativen Versuchsreihen an einer Vielzahl verschiedener Profilgeometrien. Bei der Analyse wurde erkannt, dass mit den genannten Randwerten eine deutlich verbesserte laminare An- und Ab-

strömung und sich damit ein deutlich verbesserter Wirkungsgrad einstellt.

[0013] Unter den Begriffen linksgekrümmt bzw. rechtsgekrümmt soll vorliegend verstanden werden, dass bei einer Funktion, die den Schaufeleintrittswinkel bzw. Schaufelaustrittswinkel in Abhängigkeit von dem Nabenverhältnis repräsentiert, die zweite Ableitung größer Null (linksgekrümmt) bzw. kleiner Null (rechtsgekrümmt) ist. Sollte sich der Schaufeleintrittswinkel und/oder der Schaufelaustrittswinkel nicht durch eine differenzierbare Funktion darstellen lassen - weil beispielsweise der Verlauf der Profilvorderkante oder der Profilhinterkante beispielsweise aus fertigungstechnischen Gründen aus einzelnen geraden Abschnitten zusammengesetzt sind, soll ersatzweise als Funktion ein den Schaufeleintrittswinkel bzw. den Schaufelaustrittswinkel in Abhängigkeit von dem Nabenverhältnis darstellendes Ausgleichspolynom betrachtet werden.

[0014] Erfindungsgemäß verändert sich bezüglich der Geometrie der Schaufeln des Axiallaufrads also der Schaufeleintrittswinkel und/oder der Schaufelaustrittswinkel eines Schaufelschnitts in Abhängigkeit von dem Abstand des Schaufelschnitts von der Nabe mit den genannten Randwerten, insbesondere folgen der Schaufeleintrittswinkel und/oder der Schaufelaustrittswinkel keiner linearen Abhängigkeit. Da eine Linkskrümmung bzw. eine Rechtskrümmung vorhanden sind, verändern sich der Schaufeleintrittswinkel bzw. der Schaufelaustrittswinkel stärker als bei einer linearen Abhängigkeit.

[0015] Die erfindungsgemäße Links- bzw. Rechtskrümmung des Schaufeleintrittswinkels und/oder des Schaufelaustrittswinkels einzelner Schaufelschnitte bewirkt bei einer gleichartigen Veränderung von Schaufeleintrittswinkel und Schaufelaustrittswinkel anschaulich eine Drehung oder Verwindung der Schaufelschnitte entlang der Auffädellinie. Erfolgt die Veränderung des Schaufeleintrittswinkels und/oder des Schaufelaustrittwinkels im Verlauf der Längsachse oder der Auffädellinie der Schaufel nicht gleich, so ergibt sich auch eine Veränderung der Skelettlinie und damit auch der Krümmung des Schaufelprofils. Die erfindungsgemäße Verwindung der einzelnen Schaufeln des Axiallaufrads gemäß den genannten Werten mit einem über-linearen Verlauf des Schaufeleintrittswinkels und/oder des Schaufelaustrittswinkels trägt erfindungsgemäß der Veränderung der Strömungsverhältnisse im Verlauf von der Nabe bzw. dem Schaufelfuß zu der Schaufelspitze bzw. einem dort befindlichen Gehäuse Rechnung. Überraschenderweise hat diese über-lineare Verwindung mit den genannten Randwerten eine unerwartete Steigerung des Schaufelwirkungsgrads des Axiallaufrads bzw. eines mit einem derartigen Axiallaufrad arbeitenden Ventilators oder Lüfters auf bis zu 70 % zur Folge. Der Schaufelwirkungsgrad η_{Sch} ist dabei definiert als

$$\eta_{Sch} = \frac{\dot{m}_{Sch} Y_t}{\dot{m}_{Sch} Y_{Sch}} = \frac{Y_t}{Y_{Sch}},$$

wobei $\dot{m}_{Sch}$ der Massenstrom durch den Schaufelbereich des Laufrads, Y_t die spezifische Stutzenarbeit und Y_{Sch} die spezifische Schaufelarbeit ist.

[0016] Eine asymmetrische Verwindung der Schaufelschnitte, d.h. die stärkere Verwindung des Schaufelschnitts im Bereich der Profilhinterkante als im Bereich der Profilvorderkante, berücksichtigt die unterschiedlichen Strömungsverhältnisse an der Profilvorderkante und der Profilhinterkante und trägt zu einer weiteren Verbesserung des Gesamtwirkungsgrads des Axiallaufrads bei.

[0017] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass der Schaufeleintrittswinkel in Abhängigkeit von dem Nabenverhältnis in zumindest einem zweiten Schaufeleintrittswinkelabschnitt von dem Schaufelfuß zu der Schaufelspitze zunächst bis zu einem Minimum fällt und in der Nähe der Schaufelspitze wieder ansteigt. Die Rücknahme der bereits bis zu einem minimalen Schaufeleintrittswinkel erfolgten Verwindung der Schaufelschnitte im Bereich der Schaufelspitze führt zu einem weiter verbesserten Wirkungsgrad.

[0018] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass ein Dickenverhältnis des Beschaufelungsprofils zwischen 0,05 und 0,16 liegt und insbesondere von 0,13 auf 0,08 von dem Schaufelfuß zu der Schaufelspitze abfällt. Gleichzeitig oder alternativ kann das Teilungsverhältnis von 0,43 auf 0,89 von dem Schaufelfuß zu der Schaufelspitze ansteigen.

[0019] Es ist von Vorteil, wenn das Dickenverhältnis in Abhängigkeit von dem Nabenverhältnis gemäß der folgenden Tabelle verläuft:

Nabenverhältnis	Dickenverhältnis
1,00	0,130
0,92	0,115
0,85	0,107
0,79	0,101

(fortgesetzt)

Nabenverhältnis	Dickenverhältnis
0,74	0,097
0,69	0,093
0,65	0,090
0,62	0,088
0,58	0,086
0,56	0,083
0,53	0,080
0,51	0,080
0,49	0,080

oder dass der Verlauf des Dickenverhältnisses in Abhängigkeit von dem Nabenverhältnis um höchstens +/- 10%, bevorzugt um höchstens +/- 5% von den oben genannten Tabellenwerte abweicht.

[0020] Die Anpassung des Dickenverhältnis gemäß dem gezeigten Verlauf führt zu einer weiteren Verbesserung des Wirkungsgrades.

[0021] Bei einer Ausführungsform verläuft das Teilungsverhältnis gemäß der folgenden Tabelle:

Nabenverhältnis	Teilungsverhältnis
1,00	0,434
0,92	0,473
0,85	0,511
0,79	0,550
0,74	0,588
0,69	0,627
0,65	0,666
0,62	0,704
0,58	0,743
0,56	0,781
0,53	0,820
0,51	0,858
0,49	0,896

oder dass der Verlauf des Teilungsverhältnisses in Abhängigkeit von dem Nabenverhältnis um höchstens +/- 10%, bevorzugt um höchstens +/- 5% von den oben genannten Tabellenwerte abweicht.

[0022] Die Veränderung des Teilungsverhältnisses in Abhängigkeit von dem Nabenverhältnis wird auch durch den Anstieg der Teilung mit zunehmendem Radius beeinflusst.

[0023] Die Aufgabe wird auch durch einen Axialventilator mit einem Gehäuse und einem erfindungsgemäßen Axiallaufrad, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, gelöst.

[0024] Besonders bevorzugt kann bei dem Axialventilator bei einem Umlauf des Axiallaufrads zwischen dem Gehäuse und der Schaufelspitze ein Abstand an der engsten Stelle von höchstens 1 mm, bevorzugt höchstens 0,6 mm und an der weitesten Stelle höchstens 5 mm, bevorzugt höchstens 3 mm vorgesehen sein. Dies stellt eine besonders bevorzugte Kombination aus hohem Wirkungsgrad und optimierte Strömungsführung dar.

[0025] Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine teilweise geschnittene Draufsicht auf ein erfindungsgemäßes Axiallaufrad;

Figur 2 zwei Schnittansichten des Schaufelprofils einer Schaufel der Figur 1;

Figur 3 ein Diagramm zur Veranschaulichung des Schaufeleintrittswinkels, des Schaufelaustrittswinkels, des Teilungsverhältnisses und des Dickenverhältnisses;

Figur 4 eine Draufsicht auf ein erfindungsgemäßes Axiallaufrad; und

Figur 5 eine Draufsicht auf das Laufrad der Figur 4 mit zusätzlich dargestelltem optionalen Nachleitrad.

[0026] Figur 1 zeigt in einer teilweisen Draufsicht ein erfindungsgemäßes Axiallaufrad 1, das beispielsweise für einen Axialventilator geeignet ist. Das Axiallaufrad 1 weist eine Nabe 2 auf, die um eine Drehachse X drehbar gelagert ist. An der Nabe 2 ist eine Mehrzahl an Schaufeln 3 angeordnet. Wie in der Draufsicht der Figur 1 erkennbar ist, sind die Schaufeln gerade, d.h. ihre Auffädellinie (nicht dargestellt) ist eine Gerade. Selbstverständlich wäre es aber im Rahmen der vorliegenden Erfindung möglich, die Schaufeln zusätzlich mit einer Sichelung, auch Pfeilung genannt, zu versehen. In Figur 1 sind 13 Profilschnitte 301-313 gezeigt. Diese verlaufen senkrecht zu einem durch die Drehachse X verlaufenden Radialstrahl R.

[0027] Die Schaufeln 3 sind starr auf der Nabe 2 befestigt und weisen einen Schaufelfuß 31 sowie eine Schaufelspitze 32 auf. Die Anströmseite der Schaufel 3 wird durch eine Profilvorderkante 33 gebildet, die Abströmseite der Schaufel 3 durch eine Profilhinterkante 34.

[0028] Figur 2 zeigt beispielhaft zwei Schaufelschnitte 307 zweier benachbarter Schaufeln 3. Der einzelne Schaufelschnitt 307 zeigt das Profil der Schaufel 3. Das Profil weist die Profilvorderkante 33 sowie die Profilhinterkante 34 auf.

[0029] Eine die Profilvorderkante 33 sowie die Profilhinterkante 34 verbindende Gerade bildet die Profilsehne 35. Die Länge des Streckenabschnitts zwischen Profilvorderkante 33 und Profilhinterkante 34 bildet die Profillänge l. Der Abstand zwischen zwei Profilhinterkanten 34 stellt die Teilung t der Beschaufelung dar. Der senkrecht zur Profilsehne 35 verlaufende Abstand zwischen Oberseite und Unterseite des Profils bildet die Dicke d eines Profils. Durch die Mitte der Dicke d verläuft die Skelettlinie 36. Für die Ermittlung des Schaufeleintrittswinkels und des Schaufelaustrittswinkels wird die Skelettlinie 36 verwendet. An die Skelettlinie 36 werden in der Profilvorderkante 33 und in der Profilhinterkante 34 Tangenten 38 bzw. 39 gelegt. Die Winkel, den die Tangenten 38, 39 jeweils mit einer die Profilvorderkanten 33 bzw. die Profilhinterkanten 34 zweier benachbarter Schaufeln 3 verbindenden Gerade einschließen, bilden die Schaufeleintrittswinkel β_{f1} bzw. Schaufelaustrittswinkel β_{f2}.

[0030] Figur 3 zeigt ein Diagramm 100 zur Veranschaulichung des Verlaufs des Schaufeleintritts- und Schaufelaustrittswinkels sowie des Teilung- und des Dickenverhältnisses. An der Abszisse 101 des Diagramms 100 ist das Nabenverhältnis aufgetragen. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel variiert das Nabenverhältnis zwischen 1 und 0,43. Das Nabenverhältnis ist der Quotient aus dem Radius der Nabe und dem Radius des momentan betrachteten Profilschnitts. An der linken Ordinate 102 ist der Winkel aufgetragen für den Schaufeleintrittswinkel β_{f1} und den Schaufelaustrittswinkel β_{f2}. Die rechte Ordinate 103 dient zur Darstellung des Teilungs- bzw. des Dickenverhältnisses. In dem Diagramm 100 sind der Graph 110 des Schaufeleintrittswinkels β_{f1} und der Graph 111 des Schaufelaustrittswinkels β_{f2} dargestellt. Der Graph 112 bildet das Teilungsverhältnis ab, der Graph 113 das Dickenverhältnis. Zwischen dem Nabenverhältnis 0,65 und dem Nabenverhältnis 0,43 durchläuft der Schaufeleintrittswinkel β_{f1} ein Minimum bei ca. 12°. Bei dem maximalen Nabenverhältnis von 0,43 beträgt der Schaufeleintrittswinkel β_{f1} 13,6°, bei dem Nabenverhältnis 1 beträgt er 29°.

[0031] Der Schaufelaustrittswinkel β_{f2}, dargestellt am Graph 111, hat bei dem Nabenverhältnis 1 sein Maximum von 69° und fällt dann bis auf 27° am Außenumfang bei den Nabenverhältnis 0,43 ab, ohne zwischendurch ein Minimum zu durchlaufen.. Insgesamt ist aus Figur 3 ersichtlich, dass der Verlauf des Schaufeleintritts- und des Schaufelaustrittswinkel über-linear ist.

[0032] Das Teilungsverhältnis t/l, bestimmt durch den Quotienten aus der Teilung t und der Profillänge l, steigt von 0,43 bei dem Teilungsverhältnis 1 bis auf 0,89 bei dem minimalen Teilungsverhältnis am Außendurchmesser an. Das Dickenverhältnis d/l, bestimmt durch den Quotienten aus der maximalen Dicke d und der Profillänge l, fällt von 0,13 bei dem Nabenverhältnis 1, d.h. direkt an der Nabe, auf 0,08 bei dem minimalen Nabenverhältnis ab. Der Anstieg des Teilungsverhältnis t/l trägt der Tatsache Rechnung, dass die Teilung t eines einzelnen Schnitts mit zunehmender Entfernung von der Nabe nach außen hin ansteigt. Die Abnahme des Dickenverhältnis d/l rührt daher, dass mit der Veränderung des Schaufeleintrittswinkels bzw. Schaufelaustrittswinkels die Profillänge l kürzer wird.

[0033] Die Graphen 110, 111, 112, 113 zeigen die Verläufe gemäß der zuvor genannten Tabellenwerte.

[0034] Figur 4 zeigt das Axiallaufrad 1 der Figur 1 vollständig.

[0035] Figur 5 zeigt einen Ventilator 10 mit dem Axiallaufrad 1 der Figuren 1 und 4 und einem Teil eines Gehäuses 11. An dem Gehäuse 11 ist ein Motorträger 12 angebracht. Der Motorträger 12 weist eine ungerade Anzahl von Armen auf, die zur Befestigung dienen. Zwischen Gehäuse 11 und Axiallaufrad 1 ist ein geringer Spalt vorgesehen. Der Spalt beträgt an der engsten Stelle höchstens 0,6 mm und an der weitesten Stelle höchstens 3 mm.

[0036] Typische Größen für den Nabendurchmesser der vorliegenden Ausführungsform sind 200-650 mm, beispielsweise 315 mm. Typische Außendurchmesser des Axiallaufrads 1 sind 400-1500 mm, beispielsweise 615 mm. Das minimale Nabenverhältnis am Außendurchmesser liegt typischerweise im Bereich von 0,45-0,63. Bei dem gewählten geringen Spalt zwischen Axiallaufrad 1 und Gehäuse 10 ist bevorzugt Aluminium, beispielsweise Aluminium-Kokillenguss, für die Fertigung des Axiallaufrads 1 vorgesehen. Es ist aber auch möglich, ein derartiges Axiallaufrad 1 in Kunststoff zu fertigen. Dies bedeutet allerdings einen größeren Aufwand, um die erforderliche Genauigkeit zu erzielen.

Patentansprüche

1. Axiallaufrad (1) mit einer Nabe (2) und einer Beschaufelung (3) für einen Ventilator oder Lüfter, wobei die Geometrie der Schaufeln (3) durch einen Verlauf eines Schaufeleintrittswinkels (β_{f1}) und eines Schaufelaustrittswinkels (β_{f2}) von Schaufelschnitten von einem Schaufelfuß (31) an der Nabe (2) zu einer dem Schaufelfuß (31) gegenüberliegenden Schaufelspitze (32), also in Abhängigkeit von dem Nabenverhältnis, bestimmt ist, **dadurch gekennzeichnet,**

   dass der Schaufeleintrittswinkel (β_{f1}) aufgetragen über dem Nabenverhältnis linksgekrümmt ist und der Schaufelaustrittswinkel (β_{f2}) aufgetragen über dem Nabenverhältnis rechtsgekrümmt ist,
   wobei der Schaufeleintrittswinkel (β_{f1}) aufgetragen über dem Nabenverhältnis gemäß der folgenden Tabelle verläuft:

Nabenverhältnis	Schaufeleintrittswinkel [°]
1,00	29,2
0,92	26,3
0,85	23,7
0,79	21,2
0,74	19,0
0,69	17,1
0,65	15,4
0,62	14,1
0,58	13,1
0,56	12,5
0,53	12,3
0,51	12,7
0,49	13,6

   oder dass der Verlauf des Schaufeleintrittswinkels (β_{f1}) aufgetragen über dem Nabenverhältnis um höchstens +/- 1° von den oben genannten Tabellenwerte abweicht,
   und wobei der Schaufelaustrittswinkel (β_{f2}) aufgetragen über dem Nabenverhältnis gemäß der folgenden Tabelle verläuft:

Nabenverhältnis	Schaufelaustrittswinkel [°]
1,00	68,8
0,92	67,5
0,85	66,0
0,79	64,2
0,74	62,0
0,69	59,4

(fortgesetzt)

Nabenverhältnis	Schaufelaustrittswinkel [°]
0,65	56,6
0,62	53,3
0,58	49,6
0,56	45,3
0,53	40,1
0,51	34,1
0,49	27,0

oder dass der Verlauf des Schaufelaustrittswinkels (β_{f2}) aufgetragen über dem Nabenverhältnis um höchstens +/- 2° von den oben genannten Tabellenwerte abweicht.

2. Axiallaufrad nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei eine Differenz zwischen einem Schaufeleintrittswinkel (β_{f1}) im Bereich des Schaufelfußes (31), insbesondere beim Nabenverhältnis 1, und einem Schaufeleintrittswinkel (β_{f1}) im Bereich der Schaufelspitze (32), insbesondere beim kleinsten Nabenverhältnis, kleiner als eine Differenz zwischen einem Schaufelaustrittswinkel (β_{f2}) im Bereich des Schaufelfußes (31), insbesondere beim Nabenverhältnis 1, und einem Schaufelaustrittswinkel (β_{f2}) im Bereich der Schaufelspitze (32), insbesondere beim kleinsten Nabenverhältnis ist und bevorzugt das 0,5-fache, besonders bevorzugt das 0,4-fache und insbesondere das 0,36-fache beträgt.

3. Axiallaufrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Dickenverhältnis (d/l) des Beschaufelungsprofils zwischen 0,05 und 0,16 liegt.

4. Axiallaufrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Dickenverhältnis aufgetragen über dem Nabenverhältnis gemäß der folgenden Tabelle verläuft:

Nabenverhältnis	Dickenverhältnis
1,00	0,130
0,92	0,115
0,85	0,107
0,79	0,101
0,74	0,097
0,69	0,093
0,65	0,090
0,62	0,088
0,58	0,086
0,56	0,083
0,53	0,080
0,51	0,080
0,49	0,080

oder dass der Verlauf des Dickenverhältnisses aufgetragen über dem Nabenverhältnis um höchstens +/- 10%, bevorzugt um höchstens +/- 5% von den oben genannten Tabellenwerte abweicht.

5. Axiallaufrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Teilungsverhältnis gemäß der folgenden Tabelle verläuft:

Nabenverhältnis	Teilungsverhältnis
1,00	0,434
0,92	0,473
0,85	0,511
0,79	0,550
0,74	0,588
0,69	0,627
0,65	0,666
0,62	0,704
0,58	0,743
0,56	0,781
0,53	0,820
0,51	0,858
0,49	0,896

oder dass der Verlauf des Teilungsverhältnisses aufgetragen über dem Nabenverhältnis um höchstens +/- 10%, bevorzugt um höchstens +/- 5% von den oben genannten Tabellenwerte abweicht.

6. Axialventilator (10) mit einem Gehäuse (11) und einem Axiallaufrad (1), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

7. Axialventilator nach Anspruch 6, wobei bei einem Umlauf des Axiallaufrads zwischen dem Gehäuse (11) und der Schaufelspitze (32) ein Abstand an der engsten Stelle von höchstens 1 mm, bevorzugt höchstens 0,6 mm und an der weitesten Stelle höchstens 5 mm, bevorzugt höchstens 3 mm vorgesehen ist.

Claims

1. Axial impeller (1) having a hub (2) and a blading (3), for a fan or blower, in which the geometry of the blades (3) is determined by a progression of a blade inlet angle (β_{f1}) and of a blade outlet angle (β_{f2}) of blade sections from a blade root (31) at the hub (2) to a blade tip (32) opposite the blade root (31), that is to say as a function of the hub ratio, **characterized**

in that the blade inlet angle (β_{f1}) is left-curved as a function of the hub ratio, and the blade outlet angle (β_{f2}) is right-curved as a function of the hub ratio,
wherein the progression of the blade inlet angle (β_{f1}), as a function of the hub ratio, is as per the following table:

Hub ratio	Blade inlet angle [°]
1.00	29.2
0.92	26.3
0.85	23.7
0.79	21.2
0.74	19.0
0.69	17.1
0.65	15.4
0.62	14.1

(continued)

Hub ratio	Blade inlet angle [°]
0.58	13.1
0.56	12.5
0.53	12.3
0.51	12.7
0.49	13.6

or that the progression of the blade inlet angle (β_{f1}), as a function of the hub ratio, deviates from the above table values by at most +/- 1°,
and wherein the progression of the blade outlet angle (β_{f2}), as a function of the hub ratio, is as per the following table:

Hub ratio	Blade outlet angle [°]
1.00	68.8
0.92	67.5
0.85	66.0
0.79	64.2
0.74	62.0
0.69	59.4
0.65	56.6
0.62	53.3
0.58	49.6
0.56	45.3
0.53	40.1
0.51	34.1
0.49	27.0

or that the progression of the blade outlet angle (β_{f2}), as a function of the hub ratio, deviates from the above table values by at most +/- 2°.

2. Axial impeller according to the preceding claim, wherein a difference between a blade inlet angle (β_{f1}) in the region of the blade root (31), in particular when the hub ratio is 1, and a blade inlet angle (β_{f1}) in the region of the blade tip (32), in particular at the smallest hub ratio, is smaller than a difference between a blade outlet angle (β_{f2}) in the region of the blade root (31), in particular when the hub ratio is 1, and a blade outlet angle (β_{f2}) in the region of the blade tip (32), in particular at the smallest hub ratio, and is preferably a multiple of 0.5, particularly preferably a multiple of 0.4 and especially a multiple of 0.36 thereof.

3. Axial impeller according to one of the preceding claims, wherein a thickness ratio (d/l) of the blading profile is between 0.05 and 0.16.

4. Axial impeller according to one of the preceding claims, wherein the progression of the thickness ratio as a function of the hub ratio is as per the following table:

Hub ratio	Thickness ratio
1.00	0.130

(continued)

Hub ratio	Thickness ratio
0.92	0.115
0.85	0.107
0.79	0.101
0.74	0.097
0.69	0.093
0.65	0.090
0.62	0.088
0.58	0.086
0.56	0.083
0.53	0.080
0.51	0.080
0.49	0.080

or that the progression of the thickness ratio as a function of the hub ratio deviates from the above table values by at most +/- 10%, preferably by at most +/- 5%.

5. Axial impeller according to one of the preceding claims, wherein the progression of the solidity is as per the following table:

Hub ratio	Solidity
1.00	0.434
0.92	0.473
0.85	0.511
0.79	0.550
0.74	0.588
0.69	0.627
0.65	0.666
0.62	0.704
0.58	0.743
0.56	0.781
0.53	0.820
0.51	0.858
0.49	0.896

or that the progression of the solidity as a function of the hub ratio deviates from the above table values by at most +/- 10%, preferably by at most +/- 5%.

6. Axial fan (10) having a casing (11) and an axial impeller (1), in particular for a motor vehicle, according to one of the preceding claims.

7. Axial fan according to Claim 6, wherein, during rotation of the axial impeller, there is provided between the casing (11) and the blade tip (32) a distance at the narrowest point of at most 1 mm, preferably at most 0.6 mm and at the

widest point at most 5 mm, preferably at most 3 mm.

Revendications

1. Roue à aubes axiale (1) comprenant un moyeu (2) et un aubage (3) pour un ventilateur ou un aérateur, la géométrie des aubes (3) étant déterminée par une variation d'un angle d'entrée d'aube (β_{f1}) et d'un angle de sortie d'aube (β_{f2}) de coupes d'aube depuis un pied d'aube (31) sur le moyeu (2) jusqu'à une pointe d'aube (32) opposée au pied d'aube (31), c'est-à-dire en fonction du rapport de moyeu, **caractérisée en ce que**

   l'angle d'entrée d'aube (β_{f1}) rapporté au rapport de moyeu est courbé vers la gauche et l'angle de sortie d'aube (β_{f2}) rapporté au rapport de moyeu est courbé vers la droite,
   l'angle d'entrée d'aube (β_{f1}) rapporté au rapport de moyeu variant selon le tableau suivant :

Rapport de moyeu	Angle d'entrée d'aube [°]
1,00	29,2
0,92	26,3
0,85	23,7
0,79	21,2
0,74	19,0
0,69	17,1
0,65	15,4
0,62	14,1
0,58	13,1
0,56	12,5
0,53	12,3
0,51	12,7
0,49	13,6

   ou **en ce que** la variation de l'angle d'entrée d'aube (β_{f1}) rapporté au rapport de moyeu dévie au plus de +/-1° des valeurs du tableau ci-dessus,
   et l'angle de sortie d'aube (β_{f2}) rapporté au rapport de moyeu variant selon tableau suivant :

Rapport de moyeu	Angle de sortie d'aube [°]
1,00	68,8
0,92	67,5
0,85	66,0
0,79	64,2
0,74	62,0
0,69	59,4
0,65	56,6
0,62	53,3
0,58	49,6
0,56	45,3
0,53	40,1

(suite)

Rapport de moyeu	Angle de sortie d'aube [°]
0,51	34,1
0,49	27,0

ou **en ce que** la variation de l'angle de sortie d'aube (β_{f2}) rapporté au rapport de moyeu dévie au plus de +/-2° des valeurs du tableau ci-dessus.

2. Roue à aubes axiale selon la revendication précédente, dans laquelle une différence entre un angle d'entrée d'aube (β_{f1}) dans la zone du pied d'aube (31), notamment au rapport de moyeu 1, et un angle d'entrée d'aube (β_{f1}) dans la zone de la pointe d'aube (32), notamment au rapport de moyeu le plus petit, est inférieure à une différence entre un angle de sortie d'aube (β_{f2}) dans la zone du pied d'aube (31), notamment au rapport de moyeu 1, et un angle de sortie d'aube (β_{f2}) dans la zone de la pointe d'aube (32), notamment au rapport de moyeu le plus petit, et est de préférence de 0,5 fois, de manière particulièrement préférée de 0,4 fois et notamment de 0,36 fois.

3. Roue à aubes axiale selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle un rapport d'épaisseur (d/l) du profil d'aubage est compris entre 0,05 et 0,16.

4. Roue à aubes axiale selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le rapport d'épaisseur rapporté au rapport de moyeu varie selon le tableau suivant :

Rapport de moyeu	Rapport d'épaisseur
1,00	0,130
0,92	0,115
0,85	0,107
0,79	0,101
0,74	0,097
0,69	0,093
0,65	0,090
0,62	0,088
0,58	0,086
0,56	0,083
0,53	0,080
0,51	0,080
0,49	0,080

ou en ce que la variation du rapport d'épaisseur reporté au rapport de moyeu dévie au plus de +/- 10 %, de préférence au plus de +/- 5 %, des valeurs du tableau ci-dessus.

5. Roue à aubes axiale selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le rapport de division varie selon le tableau suivant :

Rapport de moyeu	Rapport de division
1,00	0,434
0,92	0,473
0,85	0,511
0,79	0,550

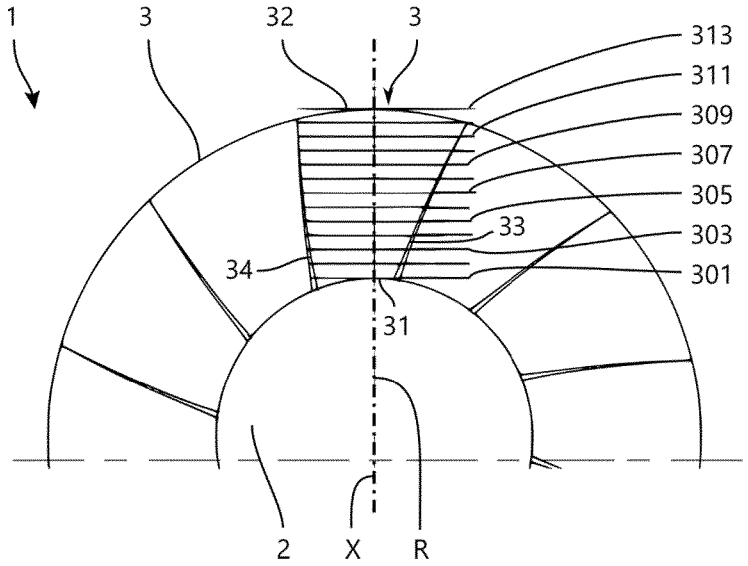
(suite)

Rapport de moyeu	Rapport de division
0,74	0,588
0,69	0,627
0,65	0,666
0,62	0,704
0,58	0,743
0,56	0,781
0,53	0,820
0,51	0,858
0,49	0,896

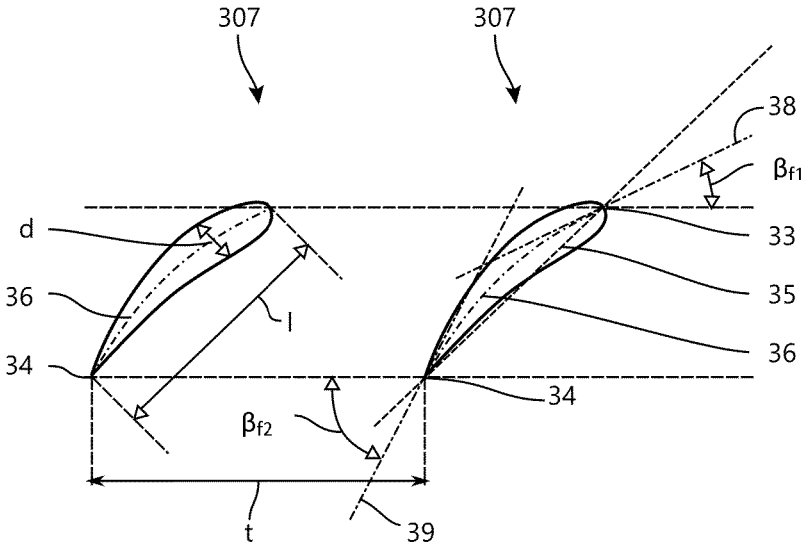
ou en ce que la variation du rapport de division rapporté au rapport de moyeu dévie au plus de +/- 10 %, de préférence au plus de +/- 5 %, des valeurs du tableau ci-dessus.

6. Ventilateur axial (10) comprenant un boîtier (11) et une roue à aubes axiale (1), notamment pour un véhicule automobile, selon l'une quelconque des revendications précédentes.

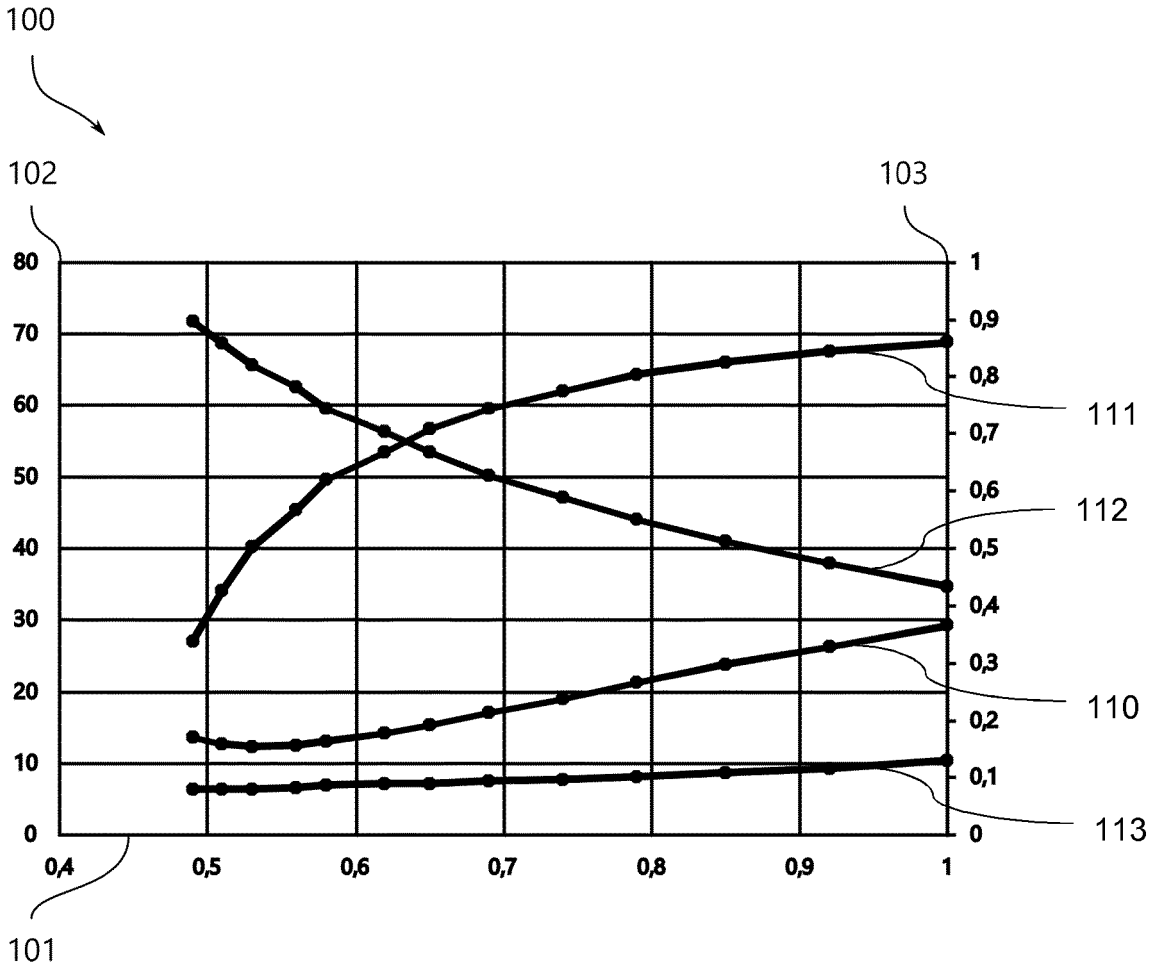
7. Ventilateur axial selon la revendication 6, dans lequel, lors d'une rotation de la roue à aubes axiale, une distance d'au plus 1 mm, de préférence d'au plus 0,6 mm, au point le plus étroit et d'au plus 5 mm, de préférence d'au plus 3 mm, au point le plus large est prévue entre le boîtier (11) et la pointe d'aube (32).



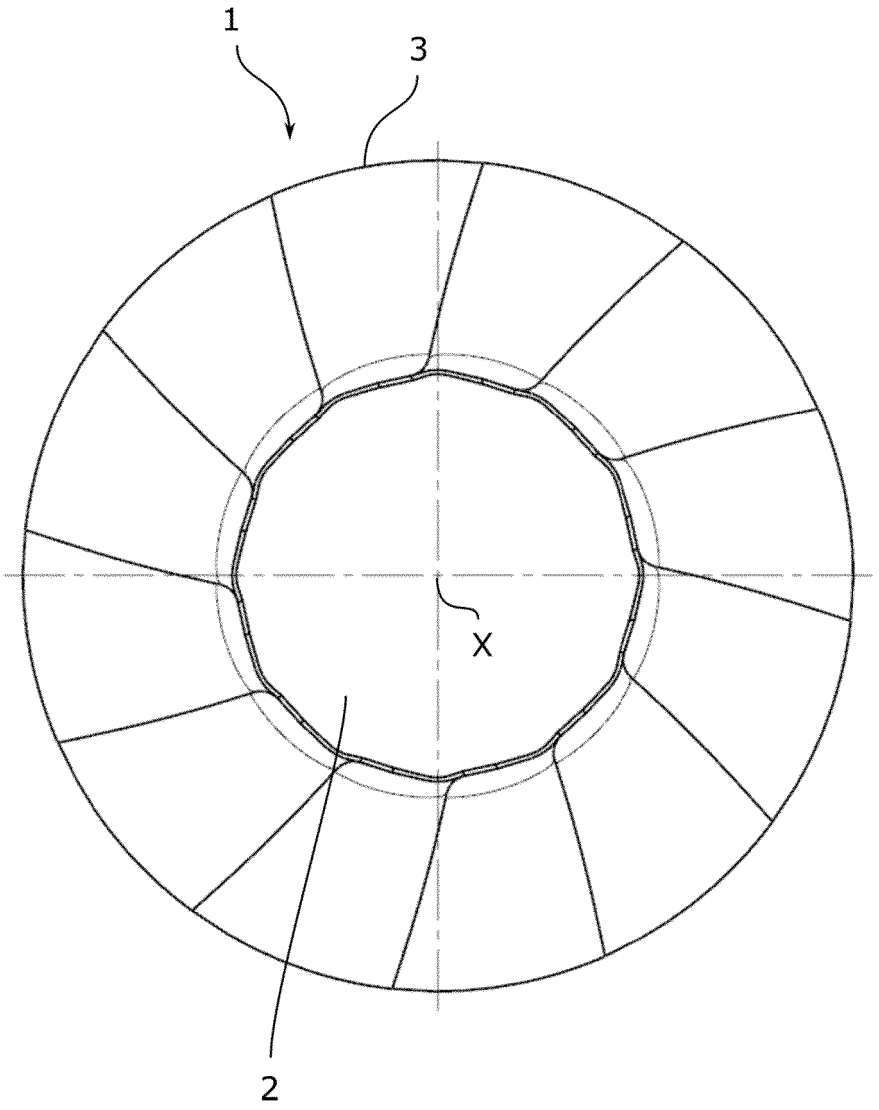
Figur 1



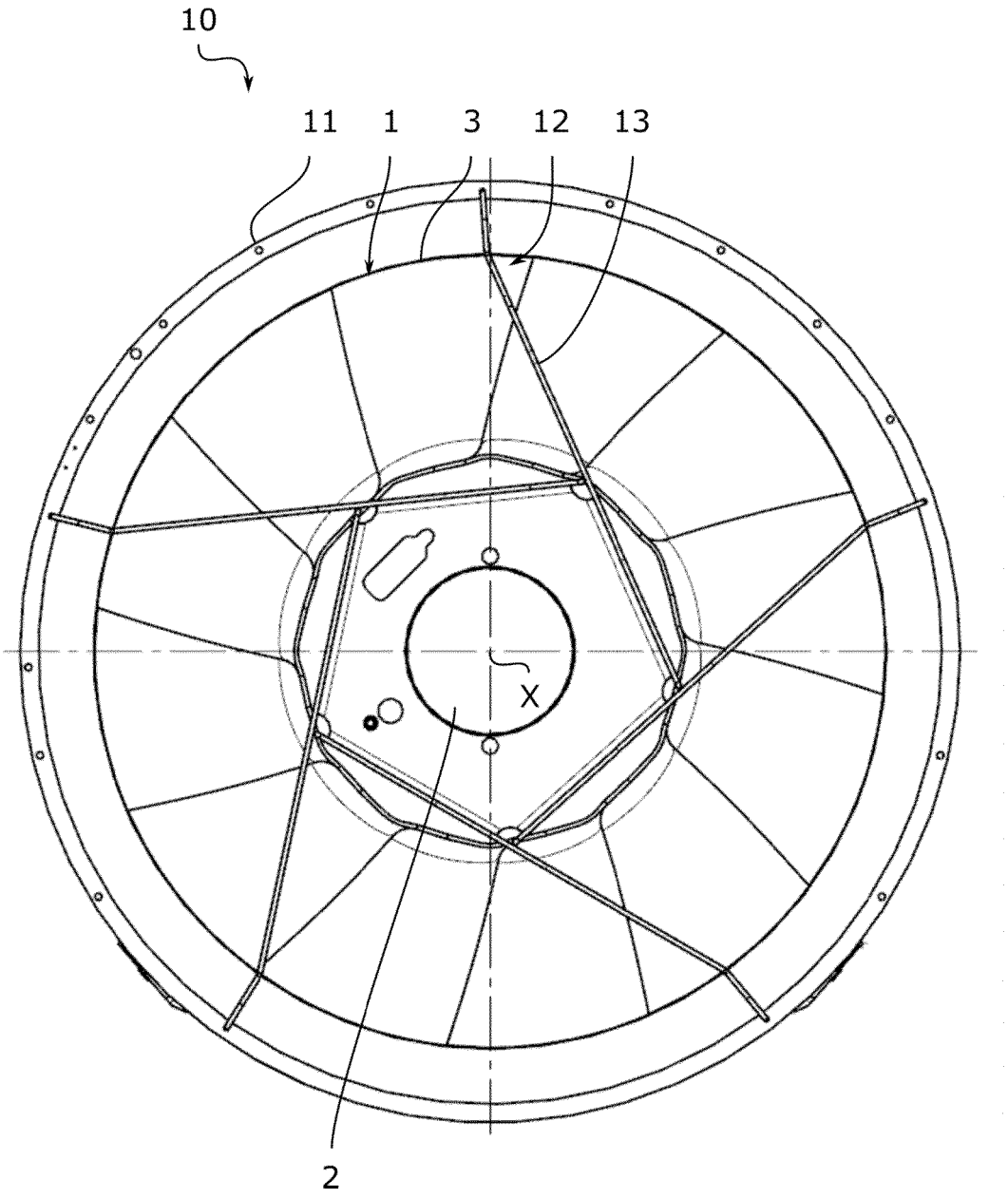
Figur 2


100
102
103
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
111
112
110
113
101

Figur 3



Figur 4



Figur 5

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

- EP 1669610 A1 **[0003]**