

(19)



(11)

EP 3 450 717 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
06.03.2019 Patentblatt 2019/10

(51) Int Cl.:
F01P 5/02 ^(2006.01) **F04D 29/38** ^(2006.01)
F04D 29/66 ^(2006.01) **F04D 29/32** ^(2006.01)
F01P 5/06 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18190530.8**

(22) Anmeldetag: **23.08.2018**

(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

(71) Anmelder: **Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. Kommanditgesellschaft, Würzburg**
97076 Würzburg (DE)

(72) Erfinder:
• **FROH, Christian**
26123 Oldenburg (DE)
• **MAUß, Michael**
26135 Oldenburg (DE)

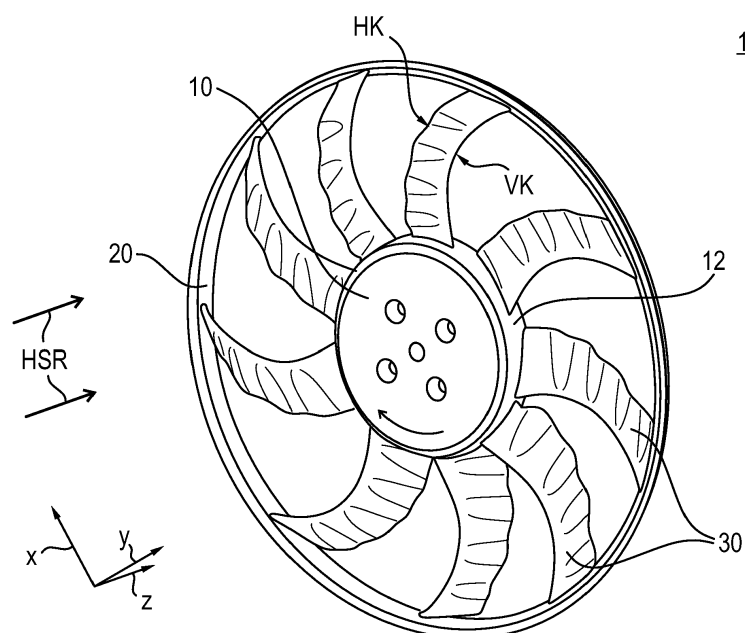
(30) Priorität: **05.09.2017 DE 102017008292**

(74) Vertreter: **FDST Patentanwälte**
Nordostpark 16
90411 Nürnberg (DE)

(54) **LÜFTERRAD**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lüfterrad 1, aufweisend einen Nabentopf 10 und eine Mehrzahl von Schaufelblättern 30, welche an dem Nabentopf 10 angeordnet sind und sich von einer, insbesondere wenigstens im Wesentlichen zylinderförmigen, Außenwand 12 des Nabentopfs 10 in radialer Richtung nach außen erstrecken, wobei jedes Schaufelblatt 30 eine Vorder-

kante VK und eine Hinterkante HK aufweist, wobei für wenigstens ein Schaufelblatt 30 eine axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ des Schaufelblattes eine aperiodisch wellige Form aufweist. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Kühlerlüftermodul mit einem Lüfterrad der vorbeschriebenen Art sowie die Verwendung eines solchen Lüfterrades in einem Kraftfahrzeug.

**FIG. 2A****EP 3 450 717 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lüfterrad, insbesondere mit vorwärtsgesichelten Schaufelblättern, für ein Kühlerlüftermodul, insbesondere ein elektrisch betriebenes Kühlerlüftermodul, insbesondere für Kraftfahrzeuge.

[0002] Das Kühlsystem eines Verbrennungsmotors, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, führt hauptsächlich diejenige Wärme ab, welche an die Wände von Brennräumen und Zylindern abgegeben wird, weil der Verbrennungsprozess nicht ideal verläuft. Da zu hohe Temperaturen den Motor beschädigen würden (Abreißen des Schmierfilms, Verbrennen der Ventile etc.), muss der Verbrennungsmotor aktiv gekühlt werden.

[0003] Moderne Verbrennungsmotoren, insbesondere Viertaktmotoren in Kraftfahrzeugen, werden bis auf wenige Ausnahmen flüssigkeitsgekühlt, wobei in der Regel ein Gemisch aus Wasser, Frostschutzmittel und Korrosionsschutzmittel als Kühlflüssigkeit zum Einsatz kommt.

[0004] Die Kühlflüssigkeit wird über Schläuche, Rohre und/oder Kanäle durch den Motor (Zylinderkopf und Motorblock) sowie ggfs. durch thermisch stark beanspruchte Anbauteile des Motors, wie Abgasturbolader, Generator oder Abgasrückführkühler, gepumpt. Hierbei nimmt die Kühlflüssigkeit Wärmeenergie auf und führt sie aus den oben genannten Komponenten ab. Die erwärmte Kühlflüssigkeit fließt weiter zu einem Kühler. Dieser Kühler - früher oftmals aus Messing, heute zumeist aus Aluminium - ist meist an der Front des Kraftfahrzeuges angebracht, wo ein Luftstrom Wärmeenergie vom Kühlmittel aufnimmt und dieses damit abkühlt, bevor es wieder zum Motor zurückfließt, wodurch der Kühlmittelkreislauf geschlossen ist.

[0005] Um die Luft durch den Kühler zu treiben, wird in Strömungsrichtung gesehen vor dem Kühler (d.h. stromaufwärtig) oder nach dem Kühler (d.h. stromabwärtig) ein Kühlerlüftermodul vorgesehen, welches mechanisch über einen Riementrieb oder elektrisch über einen Elektromotor angetrieben sein kann. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf ein elektrisch angetriebenes Kühlerlüftermodul.

[0006] Ein Kühlerlüftermodul besteht klassisch aus einer Lüfterzarge, welche eine Lüfterradausnehmung aufweist, und einem Lüfterrad, welches drehbar in der Lüfterradausnehmung gehalten ist.

[0007] Die Geometrie des Lüfterrades beeinflusst maßgeblich sowohl die geförderte Luftmenge als auch die akustischen Eigenschaften des Kühlerlüftermoduls.

[0008] Klassische Lüfterräder (s. Figuren 1a und 1b) weisen an den Schaufelblättern eine wenigstens im Wesentlichen ebene oder leicht gebogene Kantengeometrie auf. Das bedeutet, der Anstellwinkel des Schaufelblatts gegenüber einer Referenzebene, in welcher die Rotationsachse des Lüfterrades liegt, und/oder eine axiale Einheitsbautiefe über die gesamte Länge des Schaufelblattes wenigstens im Wesentlichen konstant ist.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein vorteilhaftes Lüfterrad anzugeben, welches insbesondere hinsichtlich seiner Luftfördereigenschaften und/oder seiner Akustikeigenschaften vorteilhaft ist.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Lüfterrad gemäß Anspruch 1 und ein Kühlerlüftermodul gemäß Anspruch 12 gelöst. Zu bevorzugende Weiterbildungen des Lüfterrades und des Kühlerlüftermoduls sind Gegenstand der Unteransprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

[0011] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein Lüfterrad, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, aufweisend einen, insbesondere um eine Rotationsachse rotationssymmetrischer, Nabentopf; und eine Mehrzahl von Schaufelblättern, welche an dem Nabentopf angeordnet sind und sich von einer, insbesondere wenigstens im Wesentlichen zylinderförmigen, Außenwand des Nabentopfs in radialer Richtung nach außen erstrecken, wobei jedes Schaufelblatt eine Vorderkante und eine Hinterkante aufweist, wobei für wenigstens ein Schaufelblatt, insbesondere einige der Schaufelblätter, insbesondere alle Schaufelblätter, gilt: eine Referenzgerade definiert ist durch: einen ersten Punkt auf einer Rotationsachse des Lüfterrades; eine radiale Erstreckung durch den ersten Punkt und senkrecht zu der Rotationsachse; und einen zweiten Punkt, welcher eine kreisbogenförmige Kante am Übergang von dem Nabentopf zu dem Schaufelblatt in zwei gleichlange Abschnitte unterteilt, wobei eine Referenzebene definiert ist durch eine zur Rotationsachse parallel verschobene Gerade und eine zur Referenzgerade parallel verschobene Gerade, wobei die Verschiebung dergestalt ist, dass sich diese in Drehrichtung des Lüfterrades betrachtet vollständig hinter dem Schaufelblatt befindet, wobei in der Referenzebene eine Orthogonalprojektion der Vorderkante des Schaufelblattes und eine Orthogonalprojektion der Hinterkante des Schaufelblattes abgebildet sind; wobei in der Referenzebene eine z-Achse definiert ist durch eine Orthogonalprojektion der Rotationsachse in der Referenzebene, welche in der Referenzebene ausgehend von der Orthogonalprojektion der Rotationsachse um einen Außenradius des Nabentopfes in radialer Richtung nach außen parallel verschoben ist; wobei in der Referenzebene eine y-Achse definiert ist durch eine Orthogonalprojektion der radialen Erstreckung in der Referenzebene; wobei auf der y-Achse ein relativer Einheitsradius $t(r)$ angetragen ist, welcher wie folgt definiert ist:

$$t(r) = \frac{r - R_i}{R_a - R_i}$$

wobei R_i ein Außenradius des Nabentopfes ist, was insbesondere wenigstens im Wesentlichen einem Innenradius des Schaufelblattes entspricht; R_a ein Außenradius des Schaufelblattes ist; und r der Abstand zwischen der Rotationsachse und der zu betrachtenden, insbesondere zylinderförmigen, Schnittebene, welche im Abstand r von der Rotationsachse auf der zugehörigen Referenzgerade senkrecht steht, wobei $r \in [R_i; R_a]$, wobei auf der z -Achse eine axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ des Schaufelblattes angetragen ist, welche wie folgt definiert ist:

$$z^*(t) = \frac{z_{HK}(t) - z_{VK}(t)}{R_a - R_i},$$

wobei: $z_{VK}(t)$ die z -Koordinate der Orthogonalprojektion der Vorderkante in der durch t verlaufenden, insbesondere zylinderförmigen, Schnittebene; und $z_{HK}(t)$ die z -Koordinate der Orthogonalprojektion der Hinterkante in der durch t verlaufenden, insbesondere zylinderförmigen, Schnittebene ist; wobei der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ eine aperiodisch wellige Form aufweist.

[0012] Dies ist nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung insbesondere vorteilhaft, da sich auf diese Weise eine günstige Luftvolumenströmung erzielen lässt. Vergleichsmessungen, welche in der Figurenbeschreibung im Detail erläutert werden, haben gezeigt, dass ein Lüfterrad gemäß der vorliegenden Erfindung einen höheren Luftvolumenstrom erreichen kann, insbesondere erreicht, gegenüber einem ansonsten baugleichen Lüfterrad mit ebener bzw. gebogener Hinterkante. Mit anderen Worten: Der gleiche Luftvolumenstrom lässt sich erzeugen mit einer Leistungersparnis bzw. einem langsamer laufenden Lüfterrad gemäß der vorliegenden Erfindung. Alternativ kann bei gleicher Leistung ein höherer Luftvolumenstrom erzielt werden.

[0013] Ein "Lüfterrad" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine rotationssymmetrische Komponente, welche eine Nabe, insbesondere einen Nabentopf, welcher das Lüfterrad mit einem Motor, insbesondere über eine aus diesem herausragende Welle, verbindet in einer Weise, dass das Drehmoment, welches von dem Motor erzeugt wird, wenigstens im Wesentlichen vollständig auf das Lüfterrad übertragen wird. Weiterhin weist das Lüfterrad eine Mehrzahl an Schaufelblättern auf, welche dafür vorgesehen, insbesondere eingerichtet, sind, einen Luftvolumenstrom zu erzeugen, sobald das Lüfterrad in eine rotatorische Bewegung versetzt wird. Die Schaufelblätter sind dabei bevorzugt gegenüber der Rotationsachse geneigt in einem Winkelbereich von -90° bis $+90^\circ$.

[0014] Ein "Nabentopf" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere ein zentraler Teil des Lüfterrades, welcher wenigstens im Wesentlichen in der Mitte des Lüfterrades angeordnet ist, eine Verbindung mit einem Antrieb, insbesondere einem Motor, insbesondere einem Elektromotor, bereitstellt, diesen Antrieb, insbesondere Motor, insbesondere Elektromotor, zumindest teilweise abdeckt und welcher wie ein klassischer Topf eine wenigstens im Wesentlichen ebene Basisfläche und eine sich daran anschließende Zylinderfläche zusammensetzt. Insbesondere sind an dieser zylinderförmigen Außenwand die Schaufelblätter angeordnet, insbesondere angeformt.

[0015] Ein "Schaufelblatt" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein gegenüber einer Ebene, auf welcher die Rotationsachse senkrecht steht, geneigter flacher Körper, welcher an dem Nabentopf angeordnet ist und welcher dafür vorgesehen, insbesondere eingerichtet ist, einen Luftvolumenstrom zu erzeugen, sobald das Lüfterrad in eine rotatorische Bewegung versetzt wird. Unter Schaufelblättern im Sinne der vorliegenden Erfindung werden insbesondere auch Flügel oder Rotorblätter verstanden.

[0016] Eine "Vorderkante" des Schaufelblattes im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere diejenige Kante, welche in Rotationsrichtung vorausseilt.

[0017] Eine "Hinterkante" eines Schaufelblattes im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere diejenige Kante des Schaufelblattes, welche in Rotationsrichtung betrachtet nacheilt.

[0018] Eine "Orthogonalprojektion" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine Abbildung eines Punkts auf eine Ebene, so dass die Verbindungslinie zwischen dem Punkt und seinem Abbild mit dieser Ebene einen rechten Winkel bildet. Das Abbild hat dann von allen Punkten der Ebene den kürzesten Abstand zum Ausgangspunkt. Die Orthogonalprojektion ist damit ein Spezialfall einer Parallelprojektion, bei der die Projektionsrichtung gleich der normalen Richtung der Ebene ist.

[0019] Eine "axiale Einheitsbautiefe" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist die Höhe des Schaufelblattes, wenn man senkrecht zur Rotationsachse auf das Schaufelblatt blickt. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da auf diese Weise die absoluten Abmessungen des Schaufelblattes normiert werden, was zu einer besseren Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Ausbildungen eines Lüfterrades führt.

[0020] Ein "relativer Einheitsradius" im Sinne der vorliegenden Erfindung beschreibt einen Punkt bzw. eine, insbesondere zylinderförmige, Ebene in einem definierten Abstand von der Rotationsachse auf normierte Weise, was zu einer verbesserten Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Lüfterrädern führt.

[0021] "Aperiodisch" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Form, welche sich asymmetrisch über den relativen Einheitsradius erstreckt, das heißt mit anderen Worten, es kann keine Symmetrieachse gefunden werden, welche die Funktion der axialen Einheitsbautiefe in zwei zueinander identische Teilfunktionen unterteilt. Mit anderen

Worten: Es handelt sich bei der axialen Einheitsbautiefe nicht um eine Funktion, deren Funktionswerte sich in regelmäßigen Abständen wiederholen.

[0022] "Wellige" Form im Sinne der vorliegenden Erfindung zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass die zweite Ableitung der zugrundeliegenden Funktion stets stetig ist.

[0023] Mit anderen Worten liegt der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung darin, der Hinterkante eine aperiodisch wellige Form zu geben, insbesondere während die Vorderkante eben oder gebogen ist, was zu einer einzigartigen Ausgestaltung des Schaufelblattes führt, wie sie über die axiale Bautiefe beschrieben ist. In dieser erfindungsgemäßen Form liegt der Schlüssel zur erhöhten Luftleistung bzw. zur oben beschriebenen Leistungersparnis.

[0024] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Orthogonalprojektion der Vorderkante eben oder gebogen. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da über den Gegensatz zwischen ebener oder gebogener Vorderkante und aperiodisch wellenförmiger Hinterkante eine vorteilhafte Luftvolumenströmung erzeugt werden kann. Dies ist insbesondere gegeben, wenn die Orthogonalprojektion der Vorderkante keine Wendepunkte aufweist.

[0025] Nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung das Lüfterrad ein oder mehrere in Drehrichtung gesehen vorwärtsgesichelte Schaufelblätter auf. Dies ist insbesondere wesentlich, da für Lüfterräder mit vorwärts- und rückwärtsgesicherten Schaufelblättern grundlegend anders gelagerte aerodynamische Verhältnisse vorliegen, welche unter anderem einen signifikanten Einfluss auf den geförderten Luftvolumenstrom haben. Vorwärtsgesichelt im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet insbesondere, dass die Spitze des Schaufelblattes mit dem Außenradius R_a in Drehrichtung betrachtet der Mitte des Schaufelblattes vorausseilt.

[0026] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Lüfterrad einen wenigstens im Wesentlichen kreisförmigen Außenring auf, welcher Blattspitzen der Schaufelblätter miteinander verbindet. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da auf diese Weise eine erhöhte mechanische Festigkeit des Lüfterrades erreicht wird und ein definierter, wenigstens im Wesentlichen konstanter, Spalt zwischen einem Zargenring und dem Außenring bereitgestellt wird, was wiederum zu vorteilhaften aerodynamischen und/oder akustischen Effekten führt.

[0027] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung weist der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ im Bereich von 65 % bis 90 %, insbesondere 70 % bis 85 %, insbesondere 75 % bis 80 %, des relativen Einheitsradius des Schaufelblattes ein globales Minimum auf. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da umfangreiche Versuchsstudien herausgestellt haben, dass ein globales Minimum in dem angegebenen Bereich den Hauptanteil zu der Erhöhung des Luftvolumenstroms beiträgt.

[0028] Nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung weist der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ in y-Richtung nach dem globalen Minimum keinen oder höchstens einen Hochpunkt auf. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da auf diese Weise das Lüfterrad wenigstens im Wesentlichen geradlinig ausläuft, da umfangreiche Versuche ergeben haben, dass weitere Wellen nach dem globalen Minimum keine weitere deutliche Leistungersparnis erzielen.

[0029] Nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung weist der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ im Bereich von 0 % bis 50 %, insbesondere von 0 % bis 40 %, insbesondere von 0 % bis 30 %, des relativen Einheitsradius des Schaufelblattes einen wenigstens im Wesentlichen kontinuierlich ansteigenden oder kontinuierlich fallenden Verlauf auf. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da umfangreiche Versuche ergeben haben, dass es Ausführungen gibt, bei denen Wellen im oben genannten Bereich keinen erhöhten Einfluss auf die Leistungersparnis haben und daher zur Vereinfachung der Schaufelblattgeometrie zumindest teilweise weggelassen werden können.

[0030] Nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung erfüllt der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ in Abhängigkeit von dem relativen Einheitsradius $t(r)$ folgende Bedingung:

$$z^*(t) = \frac{(A_1 t^2 + A_2 t) \cos [2\pi N (a(1-t) + 1)(t + t_0)] + A_3 t + A_4}{R_a - R_i}$$

wobei gilt:

$t_0 \in [0; 0,5]$, insbesondere $t_0 \in [0; 0,25]$, insbesondere $t_0 \in [0; 0,1]$

$N \in [1; 8]$, insbesondere $N \in [2; 5]$, insbesondere $N \in [2; 4]$

$a \in [-1,5; 1,5]$, insbesondere $a \in [-1,0; 1,0]$, insbesondere $a \in [-0,5; 0,5]$

$A_1 \in [2; 10]$, insbesondere $A_1 \in [5; 10]$, insbesondere $A_1 \in [8; 10]$

$A_2 \in [-10; 10]$, insbesondere $A_2 \in [-5; 5]$, insbesondere $A_2 \in [-2; 2]$

$A_3 \in [-10; 10]$, insbesondere $A_3 \in [-8; 8]$, insbesondere $A_3 \in [-5; 5]$; und

$A_4 \in [5; 50]$, insbesondere $A_4 \in [5; 40]$, insbesondere $A_4 \in [10; 25]$.

t_0 beschreibt einen Offset des relativen Einheitsradius zur Einstellung des Scheitelpunktes am Nabentopf, N die Anzahl der Schwingungen über den axialen Einheitsradius, a einen Schwingungskoeffizienten zur Skalierung der Wellenlänge

und der Einstellung der Lage des globalen Minimums, A_1 einen quadratischen Polynomkoeffizienten, A_2 einen linearen Polynomkoeffizienten, A_3 einen Koeffizienten der axialen Auffädelung, d.h. zur Einstellung des linearen Verlaufs der Hinterkante vom Nabentopf zur Schaufelblattspitze bzw. zum Außenring und A_4 eine relative Basisauslenkung ("Start"-Auslenkung) der Hinterkante am Nabentopf. Die oben genannte Funktion beschreibt die aperiodisch wellige Form der axialen Einheitsbautiefe. Mithilfe der angegebenen Parameter ist es möglich, die axiale Einheitsbautiefe an die äußeren Gegebenheiten im Zuge der Lüfterradauslegung anzupassen, um somit eine vorteilhafte Leistungseinsparung bzw. äquivalente Luftvolumenstromerhöhung zu erzielen.

[0031] Nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Gesamtlänge des Schaufelblattes in folgende Abschnitte unterteilt:

Abschnitt I von 0 % bis 65 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes;

Abschnitt II von 65 % bis 77,5 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes; und

Abschnitt III von 77,5 % bis 100 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes,

wobei die über die Gesamtlänge angetragene axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ in Abhängigkeit von dem relativen Einheitsradius $t(r)$ nach oben von einer oberen Grenzfunktion G_O begrenzt ist, wie sie im Folgenden definiert ist:

Abschnitt I G_O erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,175 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,175;

Abschnitt II G_O erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,175 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,13; und

Abschnitt III G_O erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,13 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,23.

[0032] Nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Gesamtlänge des Schaufelblattes in folgende Abschnitte unterteilt:

Abschnitt I von 0 % bis 65 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes;

Abschnitt II von 65 % bis 77,5 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes; und

Abschnitt III von 77,5 % bis 100 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes,

wobei die über die Gesamtlänge angetragene axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ in Abhängigkeit von dem relativen Einheitsradius $t(r)$ nach unten von einer unteren Grenzfunktion G_U begrenzt ist, wie sie im Folgenden definiert ist:

Abschnitt I G_U erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,05 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,05;

Abschnitt II G_U erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,05 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,02; und

Abschnitt III G_U erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,02 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,10.

[0033] Nach einer weiteren Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ über die Gesamtlänge des Schaufelblattes hinweg stets geringer ist als der zugehörige Wert der oberen Grenzfunktion G_O und die axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ über die Gesamtlänge des Schaufelblattes hinweg stets größer ist als der zugehörige Wert der unteren Grenzfunktion G_U .

[0034] Dies ist insbesondere vorteilhaft, da auf diese Weise das globale Minimum im (großzügig betrachteten) Übergangsbereich von Abschnitt II zu Abschnitt III zusätzlich zu seiner Position auch in seinem vorteilhaften Wertebereich definiert ist, wie er sich aus umfangreichen Vergleichsstudien ergeben hat.

[0035] Das erfindungsgemäße Lüfterrad nach einer der hier beschriebenen Ausführungen ist insbesondere vorgesehen zum Einsatz in Verbindung mit einer Lüfterzarge mit hinten liegenden Streben, d.h. die Streben liegen in Haupt-

stromrichtung gesehen hinter dem Lüfterrad.

[0036] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Kühlerlüftermodul, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, aufweisend eine Lüfterzarge, eine Lüfterradausnehmung, welche in der Lüfterzarge ausgebildet ist, wobei die Lüfterradausnehmung durch einen Zargenring begrenzt wird, einen Motorhalter, welcher innerhalb der Lüfterradausnehmung angeordnet ist und welcher über Streben mit der Lüfterzarge mechanisch verbunden ist, einen Motor, insbesondere Elektromotor, welcher zumindest teilweise in dem Motorhalter gehalten ist, und ein Lüfterrad, welches in der Lüfterradausnehmung angeordnet ist und welches von dem Motor rotatorisch angetrieben wird, wobei das Lüfterrad nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist.

[0037] Ein "Kühlerlüftermodul" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Baugruppe, welche in Strömungsrichtung gesehen vor oder nach einem Kühler eines Fahrzeugs angeordnet ist und welche dafür vorgesehen, insbesondere eingerichtet, ist, einen Luftvolumenstrom zu erzeugen, welcher sich durch den Kühler hindurch oder um den Kühler herum erstreckt, wobei der Luftvolumenstrom thermische Energie von dem Kühler aufnimmt.

[0038] Eine "Lüfterzarge" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere ein Rahmen, in welchem das Lüfterrad gehalten ist, und selbst wiederum bevorzugt an oder in der Nähe eines Kühlers angeordnet, insbesondere befestigt, ist. Eine Lüfterzarge im Sinne der vorliegenden Erfindung weist bevorzugt ein Kunststoffmaterial, insbesondere einen Kunststoff-Compound, auf, insbesondere ist die Lüfterzarge aus diesem gebildet. Zusätzlich und/oder alternativ weist die Lüfterzarge ein Metallmaterial, zum Beispiel Eisen, Stahl, Aluminium, Magnesium oder dergleichen, auf, insbesondere ist zumindest teilweise, insbesondere wenigstens im Wesentlichen, insbesondere vollständig, aus diesem gebildet. Nach einer Ausführung kann eine Lüfterzarge auch mehr als eine Lüfterradausnehmung, einen Motorhalter, einen Motor und ein Lüfterrad aufweisen, insbesondere ist die vorliegende Erfindung zum Einsatz in Kühlerlüftermodulen mit zwei oder mehr, insbesondere zwei, Lüfterrädern geeignet. Nach einer Ausführung weist die Lüfterzarge zusätzlich wenigstens eine verschleißbare Öffnung, insbesondere wenigstens eine Klappe, insbesondere eine Mehrzahl derselben, auf. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da auf diese Weise weitere Luftführungseigenschaften realisiert werden können.

[0039] Eine "Lüfterradausnehmung" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Materialaussparung innerhalb der Lüfterzarge. In der Lüfterradausnehmung erstrecken sich nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung Streben, welche einen ebenfalls in der Lüfterradausnehmung angeordneten Motorhalter mit der Lüfterzarge mechanisch, insbesondere und elektrisch und/oder elektronisch, verbinden. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Lüfterradausnehmung durch einen Zargenring begrenzt.

[0040] Ein "Zargenring" im Sinne der vorliegenden Erfindung begrenzt die Lüfterradausnehmung in einer Ebene senkrecht zur Rotationsachse des Lüfterrades, wobei die Ebene insbesondere mit der Erstreckungsrichtung der Lüfterzarge wenigstens im Wesentlichen identisch ist. Der Zargenring kann entweder durch eine Kante der Lüfterradausnehmung gebildet sein und/oder eine sich in axialer Richtung ausdehnende Zylinderfläche aufweisen, welche bevorzugt einteilig mit der Lüfterzarge ausgebildet ist.

[0041] Ein "Motorhalter" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Einrichtung zur mechanischen Befestigung des Motors an der Lüfterzarge, insbesondere zur Bereitstellung des dem Lüfterrad entgegenwirkenden Drehmoments. Nach einer Ausführung ist der Motorhalter eine wenigstens im Wesentlichen ringförmige Struktur, in welcher der Motor gehalten ist. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da auf diese Weise eine vorteilhafte Kühlluftströmung durch den Motor nicht beeinträchtigt wird.

[0042] "Streben" im Sinne der vorliegenden Erfindung sind insbesondere balken- oder sichelförmige Strukturen, welche eine mechanische Verbindung zwischen dem Motorhalter und der Lüfterzarge bereitstellen. Beispielhaft können die Streben einen tropfenförmigen Querschnitt aufweisen, um vorteilhafte aerodynamische und/oder akustische Effekte zu erzielen.

[0043] Ein "Motor" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere eine Maschine, die mechanische Arbeit verrichtet, indem sie eine Energieform, zum Beispiel thermische/chemische oder elektrische Energie, in Bewegungsenergie, insbesondere ein Drehmoment, umwandelt. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da auf diese Weise die Lüfterzarge bis auf die Zufuhr von Energie wenigstens im Wesentlichen autark betrieben werden kann, das heißt ohne von extern mit Bewegungsenergie versorgt zu werden, wie zum Beispiel über einen Keil- oder Zahnriemen.

[0044] Ein "Elektromotor" im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein elektromechanischer Wandler (elektrische Maschine), der elektrische Leistung in mechanische Leistung, insbesondere in ein Drehmoment, umwandelt. Der Begriff Elektromotor im Sinne der vorliegenden Erfindung umfasst, ist aber nicht beschränkt auf Gleichstrommotoren, Wechselstrommotoren und Drehstrommotoren bzw. bürstenbehaftete und bürstenlose Elektromotoren bzw. Innenläufer- und Außenläufermotoren. Dies ist insbesondere vorteilhaft, da elektrische Energie eine im Vergleich zu mechanischer oder chemischer Energie leicht zu übertragende Energieform darstellt, mit welcher das erforderliche Drehmoment zum Antrieb des Lüfterrades bereitgestellt wird.

[0045] Für die Vorteile eines derart ausgestalteten Kühlerlüftermoduls sei zur Vermeidung von Wiederholungen auf die obigen Ausführungen verwiesen.

[0046] Nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung sind die Streben des Kühlerlüftermoduls in Strömungsrichtung gesehen hinter dem Lüfterrad angeordnet. Dies ist insbesondere relevant, da vorne- und hintenliegende Streben

zu voneinander wesentlich verschiedenen aerodynamischen Rahmenbedingungen führen und das hier beschriebene Lüfterrad besonders vorteilhaft bei hintenliegenden Streben eingesetzt werden kann, wie umfangreiche Versuche ergaben.

[0047] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft die Verwendung eines Lüfterrades der hier beschriebenen Art oder eines Kühlerlüftermoduls der hier beschriebenen Art in einem Kraftfahrzeug. Dies ist insbesondere wesentlich, da die hier beschriebene Art eines Lüfterrades in besonders vorteilhafter Weise mit den äußeren Bedingungen am Einbauort zum Tragen kommt.

[0048] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen. Hierzu zeigt, teilweise schematisiert:

Fig. 1A ein Lüfterrad aus dem Stand der Technik in einer perspektivischen Darstellung mit Blick auf die Oberseite;

Fig. 1B eine Rückansicht auf ein Schaufelblatt des bekannten Lüfterrades der Fig. 1A mit Blickrichtung aus der Referenzebene in einer perspektivischen Darstellung, wobei die Oberseite des Lüfterrades nach unten weist;

Fig. 2A ein Lüfterrad nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einer perspektivischen Darstellung mit Blick auf die Oberseite;

Fig. 2B eine Rückansicht auf ein Schaufelblatt des Lüfterrades der Fig. 2A mit Blickrichtung aus der Referenzebene in einer perspektivischen Darstellung, wobei die Oberseite des Lüfterrades nach unten weist;

Fig. 3 ein Lüfterrad aus dem Stand der Technik in einer perspektivischen Darstellung zur Beschreibung einer Referenzebene;

Fig. 4 den Verlauf der axialen Einheitsbautiefe über den relativen Einheitsradius eines Lüfterrades gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 einen Vergleich eines vorbekannten Lüfterrades mit einem Lüfterrad nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 6 ein Kühlerlüftermodul mit dem Lüfterrad gemäß der vorliegenden Erfindung gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung.

[0049] Fig. 1A zeigt ein Lüfterrad 1 aus dem Stand der Technik in einer perspektivischen Darstellung mit Blick auf die Oberseite und Fig. 1B zeigt eine Rückansicht auf ein Schaufelblatt 30 des bekannten Lüfterrades der Fig. 1A mit Blickrichtung aus der Referenzebene in einer perspektivischen Darstellung, wobei die Oberseite des Lüfterrades 1 nach unten weist.

[0050] Das Lüfterrad 1 weist gemäß den Fig. 1A, 1B, 2A, 2B und 3 einen um eine Rotationsachse R rotationssymmetrischen Nabentopf 10 auf. An dem Nabentopf 10 ist eine Mehrzahl von Schaufelblättern 30 angeordnet, die sich von einer zylinderförmigen Außenwand 12 des Nabentopfes 10 in radialer Richtung nach außen erstrecken. Eine Drehrichtung D ist in den Fig. 1A und 2A durch den Pfeil auf dem Nabentopf angegeben. Dementsprechend ist die Drehrichtung im Uhrzeigersinn. Eine Hauptstromrichtung der geförderten Luft ist mit HSR gekennzeichnet. Das Lüfterrad 1 weist einen wenigstens im Wesentlichen kreisförmigen Außenring 20 auf, welcher Blattspitzen der Schaufelblätter 30 miteinander verbindet.

[0051] Bezüglich der Fig. 1B (und der Fig. 2B) ist anzumerken, dass die Lage der Rotationsachse R hinsichtlich ihres Abstandes zur zylinderförmigen Außenwand 12 des Nabentopfes 10 als nicht-maßstabsgerecht zu sehen ist, d.h. die Orientierung ist verbindlich, die Lage jedoch nicht.

[0052] Wie den Fig. 1A und 1B zu entnehmen ist, weisen die Schaufelblätter 30 gemäß dem Stand der Technik in einer Orthogonalprojektion ebene oder gebogene Vorderkanten VK und ebene oder gebogene Hinterkanten HK auf.

[0053] Fig. 2A zeigt ein Lüfterrad 1 nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einer perspektivischen Darstellung und Fig. 2B eine Rückansicht auf ein Schaufelblatt 30 des Lüfterrades der Fig. 2A mit Blickrichtung aus der Referenzebene in einer perspektivischen Darstellung.

[0054] Im Vergleich zu Ausführungen eines Lüfterrades 1 gemäß dem Stand der Technik (siehe Figuren 1A und 1B) weist das Lüfterrad 1 nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung gemäß den Fig. 2A, 2B Schaufelblätter 30 mit einer aperiodisch wellenförmigen Hinterkante auf.

[0055] Bezüglich der Perspektive der Schnittansicht sei auf die folgenden Ausführungen zur Fig. 3 verwiesen. Wie den Fig. 2A und 2B zu entnehmen ist, weist die Orthogonalprojektion der Vorderkante eine ebene oder gebogene Form auf.

[0056] Fig. 3 zeigt ein Lüfterrad 1 aus dem Stand der Technik in einer perspektivischen Darstellung zur Beschreibung einer Referenzebene E_REF.

[0057] Im Folgenden soll die Betrachtungsebene zur Beschreibung von Vorderkante VK und Hinterkante HK bzw. der sich daraus ergebenden axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ beschrieben werden. Das in Fig. 3 dargestellte Lüfterrad weist keine erfindungsgemäße Schaufelblattgeometrie auf, was zur Beschreibung der Referenzebene E_REF nicht von Belang ist, da die diesbezüglichen Ausführungen in gleicher Weise auch für erfindungsgemäße Ausführungen gelten.

[0058] Ausgehend von der Rotationsachse R wird eine Referenzgerade G_REF definiert durch einen ersten Punkt P1 auf der Rotationsachse R des Lüfterrades 1, eine radiale Erstreckung E durch den ersten Punkt P1 und senkrecht zu der Rotationsachse R und einen zweiten Punkt P2, welcher eine kreisbogenförmige Kante am Übergang von dem Nabentopf 10 zu dem Schaufelblatt 30 in zwei gleich lange Abschnitte unterteilt. Mit anderen Worten: Es wird derjenige Radius ermittelt, welcher durch den Punkt P2 verläuft. Der Punkt P2 stellt den Mittelpunkt der Übergangskante von Nabentopf zu Schaufelblatt dar, insbesondere der dem Topfboden zugewandten Kante des Schaufelblattes 30. Eine andere wenigstens im Wesentlichen identische Definition von P2 lässt sich über einen Winkel herleiten: Benötigt werden zwei Hilfsradien, wobei der erste Hilfsradius durch P1 und dem vordersten Punkt der Übergangskante zwischen zylinderförmiger Außenwand und Schaufelblatt verläuft und einem zweiten Hilfsradius, welcher durch den hintersten Punkt der Übergangskante von dem Nabentopf zu dem Schaufelblatt verläuft und aus diesem Winkel, welcher zwischen den beiden Hilfsradien eingeschlossen ist, die Winkelhalbierende gebildet wird. Der Punkt, an welchem besagte Winkelhalbierende die zylinderförmige Außenwand 12 schneidet, insbesondere an einer Außenseite derselben, ist P2. Ausgehend von G_REF wird eine Referenzebene E_REF definiert durch eine zur Rotationsachse parallel verschobene Gerade und eine zur Referenzgerade G_REF parallel verschobene Gerade, wobei die Verschiebung dergestalt ist, dass sich diese in Drehrichtung D des Lüfterrades 1 betrachtet vollständig hinter dem Schaufelblatt 30 befindet. Auf der Referenzebene E_REF ist eine Orthogonalprojektion der Vorderkante VK des Schaufelblattes 10 und eine Orthogonalprojektion der Hinterkante HK des Schaufelblattes 10 abgebildet. Die Blickrichtung B zeigt, wie in den Fig. 1B und 2B auf jeweils ein Schaufelblattsegment des Lüfterrades geblickt wird.

[0059] In der Referenzebene wird ein Koordinatensystem bestehend aus z-Achse und y-Achse aufgespannt. Dies ist für die Beschreibung von Vorder- und Hinterkante maßgeblich. Die z-Achse ist definiert durch eine Orthogonalprojektion der Rotationsachse R in der Referenzebene E_REF, welche in einem zweiten Schritt in der Referenzebene E_REF ausgehend von der Orthogonalprojektion der Rotationsachse R um einen Außenradius R_i des Nabentopfes 10 in radialer Richtung nach außen parallel verschoben ist. Mit anderen Worten: Die z-Achse ist in ihrer Ausrichtung unverändert, wird jedoch in zwei Schritten parallel verschoben, nämlich einmal durch die Orthogonalprojektion auf die Referenzebene E_REF und dann durch die Verschiebung in der Referenzebene E_REF um R_i . Das bedeutet, dass die z-Achse durch die Orthogonalprojektion von P2 auf E_REF verläuft. Die y-Achse ist definiert durch eine Orthogonalprojektion der radialen Erstreckung E in der Referenzebene E_REF. Der Ursprung dieses y-z-Koordinatensystems ist durch den Schnittpunkt der beiden Achsen definiert.

[0060] Auf der y-Achse ist ein relativer Einheitsradius $t(r)$ angetragen, welcher wie folgt definiert ist:

$$t(r) = \frac{r - R_i}{R_a - R_i}$$

wobei

R_i ein Außenradius des Nabentopfes 10 ist, was insbesondere wenigstens im Wesentlichen einem Innenradius des Schaufelblattes 30 entspricht;

R_a ein Außenradius des Schaufelblattes 30 ist; und

r der Abstand zwischen der Rotationsachse R und der zu betrachtenden Schnittebene S, welche im Abstand r von der Rotationsachse R auf der zugehörigen Referenzgerade G_REF senkrecht steht, wobei $r \in [R_i; R_a]$.

[0061] Fig. 4 zeigt einen den Verlauf der axialen Einheitsbautiefe über den relativen Einheitsradius eines Lüfterrades gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0062] Die horizontale Achse entspricht der oben beschriebenen y-Achse und die vertikale Achse entspricht der oben beschriebenen z-Achse. Auf der horizontalen Achse ist der relative Einheitsradius $t(r)$ angetragen.

[0063] Auf der vertikalen Achse ist die axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ des Schaufelblattes angetragen. Die axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ ergibt sich durch

$$z^*(t) = \frac{z_{HK}(t) - z_{VK}(t)}{R_a - R_i}$$

5 wobei:

$z_{VK}(t)$ die z-Koordinate der Orthogonalprojektion der Vorderkante VK in der durch t verlaufenden Schnittebene S; und
 $z_{HK}(t)$ die z-Koordinate der Orthogonalprojektion der Hinterkante HK in der durch t verlaufenden Schnittebene S ist.

10 **[0064]** Der so dargestellte Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ weist eine aperiodisch wellige Form auf. Es ist zu sehen, dass die axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ analog zur Orthogonalprojektion der Hinterkante HK im Bereich von 65 % bis 90 %, insbesondere von 70 % bis 85 %, insbesondere 75 % bis 80 %, des relativen Einheitsradius $t(r)$ des Schaufelblattes ein globales Minimum aufweist.

15 **[0065]** Wie dem Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ der beispielhaften Ausführungsform der Fig. 4 ebenfalls zu entnehmen ist, weist die Orthogonalprojektion der Hinterkante HK und analog der axialen Einheitsbautiefe in y-Richtung nach dem globalen Minimum keinen oder höchstens einen Hochpunkt auf.

[0066] Wie der Fig. 4 ebenfalls zu entnehmen ist, weist die beispielhafte Ausführungsform der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ und analog die Orthogonalprojektion der Hinterkante HK im Bereich von 0 % bis 50 %, insbesondere von 0 % bis 40 %, insbesondere von 0 % bis 30 %, des relativen Einheitsradius $t(r)$ des Schaufelblattes 30 einen wenigstens im
 20 Wesentlichen kontinuierlich fallenden Verlauf auf. Eine leichte Welligkeit ist hierbei explizit mit umfasst, insbesondere bis zu einer Amplitudenhöhe von maximal 0,05. Der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ der exemplarischen Ausführungsform der Fig. 4 folgt in Abhängigkeit von dem relativen Einheitsradius $t(r)$ folgender Bedingung:

$$25 \quad z^*(t) = \frac{(A_1 t^2 + A_2 t) \cos[2\pi N(a(1-t) + 1)(t + t_0)] + A_3 t + A_4}{R_a - R_i}$$

wobei gilt:

30

$$t_0 \in [0; 0,5]$$

35

$$N \in [1; 8]$$

$$a \in [-1,5; 1,5]$$

40

$$A_1 \in [2; 10]$$

45

$$A_2 \in [-10; 10]$$

$$A_3 \in [-10; 10]$$

50 und

$$A_4 \in [5; 50].$$

55 **[0067]** Die in Fig. 4 dargestellte axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ ergibt sich wenigstens im Wesentlichen, insbesondere absolut, unter Zugrundelegung der folgenden Parameter:

$$t_0 = 0$$

$$N = 3$$

$$a = 0,4$$

$$A_1 = 10$$

$$A_2 = -2$$

$$A_3 = -5$$

$$A_4 = 16$$

[0068] Die Fig. 5 zeigt einen Vergleich eines vorbekannten Lüfterrades 1 mit einem Lüfterrad 1 nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung.

[0069] Dargestellt werden:

eine Druckzahl ψ , welche eine Kennzahl für eine Totaldruckdifferenz ist:

$$\psi = \frac{2\Delta p_t}{\pi^2 \rho D^5 n^2}$$

eine Leistungszahl λ , welche eine Kennzahl für eine Eingangs-Leistung ist;

$$\lambda = \frac{8P_{el}}{\pi^4 \rho D^5 n^3}$$

und ein Wirkungsgrad η entlang einer Volumenzahl φ , welche einen Volumenstrom quantifiziert.

$$\eta = \frac{\Delta p_t \dot{V}}{P_{el}}$$

[0070] Als Eingangs-Leistung wird hier die elektrische Leistung des Elektromotors herangezogen, wobei entsprechende Verluste (Wärme, Reibung etc.) des Elektromotors berücksichtigt und im Gesamt-Wirkungsgrad η abgebildet sind.

[0071] Wie zu erkennen ist, wird bei nahezu gleicher Leistung (ähnliche Leistungszahl) eine höhere Druckzahl (= Totaldruckdifferenz) erzielt, sodass sich eine deutliche Wirkungsgradsteigerung im relevanten Volumenzahl-Bereich ergibt.

[0072] Fig. 6 zeigt ein Kühlerlüftermodul 100 mit dem Lüfterrad 1 gemäß der vorliegenden Erfindung gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung.

[0073] Das Kühlerlüftermodul 100 weist eine Lüfterzarge 2 auf, wobei eine Lüfterradausnehmung 40 in der Lüfterzarge 2 ausgebildet ist, welche durch einen Zargenring 42 begrenzt wird. Ein Motorhalter (vom Nabentopf 10 verdeckt) ist innerhalb der Lüfterradausnehmung 40 angeordnet und über Streben 44 mit der Lüfterzarge 2 mechanisch verbunden. In dem Motorhalter ist ein Motor, insbesondere ein Elektromotor, zumindest teilweise gehalten (ebenfalls vom Nabentopf 10 verdeckt). Ein Lüfterrad 1 ist in der Lüfterradausnehmung 40 angeordnet und wird von dem Motor rotatorisch angetrieben. Das Lüfterrad 1 entspricht einer Ausführung eines Lüfterrades gemäß der vorliegenden Erfindung. Zur detaillierten Ausgestaltung des Lüfterrades wird auf die obigen Ausführungen verwiesen. Die Streben 44 sind gemäß der Ausführungsform der Fig. 6 in Strömungsrichtung gesehen hinter dem Lüfterrad angeordnet, wobei die Strömungsrichtung

tung senkrecht in die Abbildung der Fig. 6 hinein zeigt.

[0074] Obwohl in der vorhergehenden Beschreibung exemplarische Ausführungen erläutert wurden, sei darauf hingewiesen, dass eine Vielzahl von Abwandlungen möglich ist. Insbesondere ist eine derartige erfindungsgemäße Ausgestaltung der Lüfterzarge auch geeignet, Abwärme aus Komponenten eines rein elektrisch betriebenen Fahrzeugs abzuführen. Außerdem sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den exemplarischen Ausführungen lediglich um Beispiele handelt, die den Schutzbereich, die Anwendungen und den Aufbau in keiner Weise einschränken sollen. Vielmehr wird dem Fachmann durch die vorausgehende Beschreibung ein Leitfaden für die Umsetzung von mindestens einer exemplarischen Ausführung gegeben, wobei diverse Änderungen, insbesondere in Hinblick auf die Funktion und Anordnung der beschriebenen Bestandteile, vorgenommen werden können, ohne den Schutzbereich zu verlassen, wie er sich aus den Ansprüchen und diesen äquivalenten Merkmalskombinationen ergibt.

Bezugszeichenliste

1	Lüfterrad
2	Zarge
10	Nabentopf
12	(zylinderförmige) Außenwand des Nabentopfs 10
20	Außenring
30	Schaufelblatt
40	Lüfterradausnehmung
42	Zargen ring
44	Streben
100	Kühlerlüftermodul
HK	Hinterkante
VK	Vorderkante
B	Blickrichtung
D	Drehrichtung
E	Radiale Erstreckung
E_REF	Referenzebene
G_REF	Referenzgerade
G _O	Obere Grenzfunktion für $z^*(t)$
G _U	Untere Grenzfunktion für $z^*(t)$
HSR	Hauptstromrichtung
P1	Erster Punkt
P2	Zweiter Punkt
r	Abstand zwischen Rotationsachse R und Schnittebene S
R	Rotationsachse
R _a	Außenradius des Schaufelblattes 30
R _i	Außenradius des Nabentopfs 10
S	Schnittebene
y	y-Achse
z	z-Achse
$z^*(t)$	Axiale Einheitsbautiefe

Patentansprüche

1. Lüfterrad (1), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, aufweisend
 einen, insbesondere um eine Rotationsachse (R) rotationssymmetrischer, Nabentopf (10); und
 eine Mehrzahl von Schaufelblättern (30), welche an dem Nabentopf (10) angeordnet sind und sich von einer,
 insbesondere wenigstens im Wesentlichen zylinderförmigen, Außenwand (12) des Nabentopfs (10) in radialer Rich-
 tung nach außen erstrecken,
 wobei jedes Schaufelblatt (30) eine Vorderkante (VK) und eine Hinterkante (HK) aufweist,
 wobei für wenigstens ein Schaufelblatt (30), insbesondere einige der Schaufelblätter (30), insbesondere alle Schau-
 felblätter (30), gilt:

eine Referenzgerade (G_REF) definiert ist durch:

einen ersten Punkt (P1) auf einer Rotationsachse (R) des Lüfterrades (1);
 eine radiale Erstreckung (E) durch den ersten Punkt (P1) und senkrecht zu der Rotationsachse (R); und
 einen zweiten Punkt (P2), welcher eine kreisbogenförmige Kante am Übergang von dem Nabentopf (10)
 zu dem Schaufelblatt (30) in zwei gleichlange Abschnitte unterteilt,

wobei eine Referenzebene (E_REF) definiert ist durch eine zur Rotationsachse (R) parallel verschobene Gerade
 und eine zur Referenzgerade (G_REF) parallel verschobene Gerade, wobei die Verschiebung dergestalt ist,
 dass sich diese in Drehrichtung (D) des Lüfterrades (1) betrachtet vollständig hinter dem Schaufelblatt (30)
 befindet,

wobei in der Referenzebene (E_REF) eine Orthogonalprojektion der Vorderkante (VK) des Schaufelblattes (30)
 und eine Orthogonalprojektion der Hinterkante (HK) des Schaufelblattes (30) abgebildet sind;

wobei in der Referenzebene (E_REF) eine z-Achse definiert ist durch eine Orthogonalprojektion der Rotations-
 achse (R) in der Referenzebene (E_REF), welche in der Referenzebene (E_REF) ausgehend von der Ortho-
 gonalprojektion der Rotationsachse (R) um einen Außenradius (R_i) des Nabentopfes (10) in radialer Richtung
 nach außen parallel verschoben ist;

wobei in der Referenzebene eine y-Achse definiert ist durch eine Orthogonalprojektion der radialen Erstreckung
 (E) in der Referenzebene (E_REF);

wobei auf der y-Achse ein relativer Einheitsradius $t(r)$ angetragen ist, welcher wie folgt definiert ist:

$$t(r) = \frac{r - R_i}{R_a - R_i}$$

wobei

R_i ein Außenradius des Nabentopfes (10) ist, was insbesondere wenigstens im Wesentlichen einem In-
 nenradius des Schaufelblattes (30) entspricht;

R_a ein Außenradius des Schaufelblattes (30) ist; und

r der Abstand zwischen der Rotationsachse (R) und der zu betrachtenden Schnittebene (S), welche im
 Abstand r von der Rotationsachse (R) auf der zugehörigen Referenzgerade (G_REF) senkrecht steht,
 wobei $r \in [R_i; R_a]$

wobei auf der z-Achse eine axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ des Schaufelblattes angetragen ist, welche wie folgt
 definiert ist:

$$z^*(t) = \frac{z_{HK}(t) - z_{VK}(t)}{R_a - R_i},$$

wobei:

$z_{VK}(t)$ die z-Koordinate der Orthogonalprojektion der Vorderkante (VK) in der durch t verlaufenden Schnit-
 tebene (S); und

$z_{HK}(t)$ die z-Koordinate der Orthogonalprojektion der Hinterkante (HK) in der durch t verlaufenden Schnit-
 tebene (S) ist;

wobei der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ eine aperiodisch wellige Form aufweist.

2. Lüfterrad nach Anspruch 1, wobei die Orthogonalprojektion der Vorderkante (VK) eben oder gebogen ist.
- 5 3. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei Schaufelblatt (30) ein in Drehrichtung (D) gesehen vorwärts-gesicheltes Schaufelblatt (30) ist.
- 10 4. Lüfterrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Lüfterrad (1) einen wenigstens im Wesentlichen kreisförmigen Außenring (20) aufweist, welcher Blattspitzen der Schaufelblätter (30) miteinander verbindet.
- 5 15 5. Lüfterrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ im Bereich von 65 % bis 90 %, insbesondere 70 % bis 85 %, insbesondere 75 % bis 80 %, des relativen Einheitsradius $t(r)$ des Schaufelblattes (30) ein globales Minimum aufweist.
- 15 6. Lüfterrad nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ in y-Richtung nach dem globalen Minimum keinen oder höchstens einen Hochpunkt aufweist.
- 20 7. Lüfterrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ im Bereich von 0 % bis 50 %, insbesondere 0 % bis 40 %, insbesondere 0 % bis 30 %, des relativen Einheitsradius $t(r)$ des Schaufelblattes (30) einen wenigstens im Wesentlichen kontinuierlich ansteigenden oder kontinuierlich fallenden Verlauf aufweist.
- 25 8. Lüfterrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verlauf der axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ in Ab-hängigkeit von dem relativen Einheitsradius $t(r)$ folgende Bedingung erfüllt:

$$z^*(t) = \frac{(A_1 t^2 + A_2 t) \cos[2\pi N(a(1-t) + 1)(t + t_0)] + A_3 t + A_4}{R_a - R_i}$$

wobei gilt:

$$t_0 \in [0; 0,5]$$

$$N \in [1; 8]$$

$$a \in [-1,5; 1,5]$$

$$A_1 \in [2; 10]$$

$$A_2 \in [-10; 10]$$

$$A_3 \in [-10; 10]$$

und

$$A_4 \in [5; 50].$$

- 5 9. Lüfterrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Gesamtlänge des Schaufelblattes (30) in folgende Abschnitte unterteilt ist:

Abschnitt I von 0 % bis 65 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes;
 Abschnitt II von 65 % bis 77,5 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes; und
 10 Abschnitt III von 77,5 % bis 100 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes,

wobei die über die Gesamtlänge angetragene axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ in Abhängigkeit von dem relativen Einheitsradius $t(r)$ nach oben von einer oberen Grenzfunktion G_O begrenzt ist, wie sie im Folgenden definiert ist:

15 Abschnitt I G_O erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,175 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,175;
 Abschnitt II G_O erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,175 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,13; und
 20 Abschnitt III G_O erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,13 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,23.

10. Lüfterrad nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Gesamtlänge des Schaufelblattes (30) in folgende Abschnitte unterteilt ist:

25 Abschnitt I von 0 % bis 65 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes;
 Abschnitt II von 65 % bis 77,5 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes; und
 Abschnitt III von 77,5 % bis 100 % der Gesamtlänge des Schaufelblattes,

30 wobei die über die Gesamtlänge angetragene axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ in Abhängigkeit von dem relativen Einheitsradius $t(r)$ nach unten von einer unteren Grenzfunktion G_U begrenzt ist, wie sie im Folgenden definiert ist:

Abschnitt I G_U erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,05 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,05;
 Abschnitt II G_U erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,05 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,02; und
 35 Abschnitt III G_U erstreckt sich ausgehend von einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,02 linear bis zu einer axialen Einheitsbautiefe $z^*(t)$ von 0,10.

11. Lüfterrad nach den beiden vorhergehenden Ansprüchen, wobei
 40 die axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ über die Gesamtlänge des Schaufelblattes (30) hinweg stets geringer ist als der zugehörige Wert der oberen Grenzfunktion G_O ; und
 die axiale Einheitsbautiefe $z^*(t)$ über die Gesamtlänge des Schaufelblattes (30) hinweg stets größer ist als der zugehörige Wert der unteren Grenzfunktion G_U .

- 45 12. Kühlerlüftermodul (100), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, aufweisend:

eine Lüfterzarge (2);
 eine Lüfterradausnehmung (40), welche in der Lüfterzarge (2) ausgebildet ist, wobei die Lüfterradausnehmung (40) durch einen Zargenring (42) begrenzt wird;
 50 einen Motorhalter, welcher innerhalb der Lüfterradausnehmung (40) angeordnet ist und welcher über Streben (44) mit der Lüfterzarge (2) mechanisch verbunden ist;
 einen Motor, insbesondere Elektromotor, welcher zumindest teilweise in dem Motorhalter gehalten ist; und
 ein Lüfterrad (1), welches in der Lüfterradausnehmung (40) angeordnet ist und welches von dem Motor rotatorisch angetrieben wird,
 55 **dadurch gekennzeichnet, dass**
 das Lüfterrad (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

13. Kühlerlüftermodul nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Streben (44) in Strömungsrichtung gesehen

hinter dem Lüfterrad (1) angeordnet sind.

- 14.** Verwendung eines Lüfterrades nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder eines Kühlerlüftermoduls nach einem der Ansprüche 12 oder 13 in einem Kraftfahrzeug.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

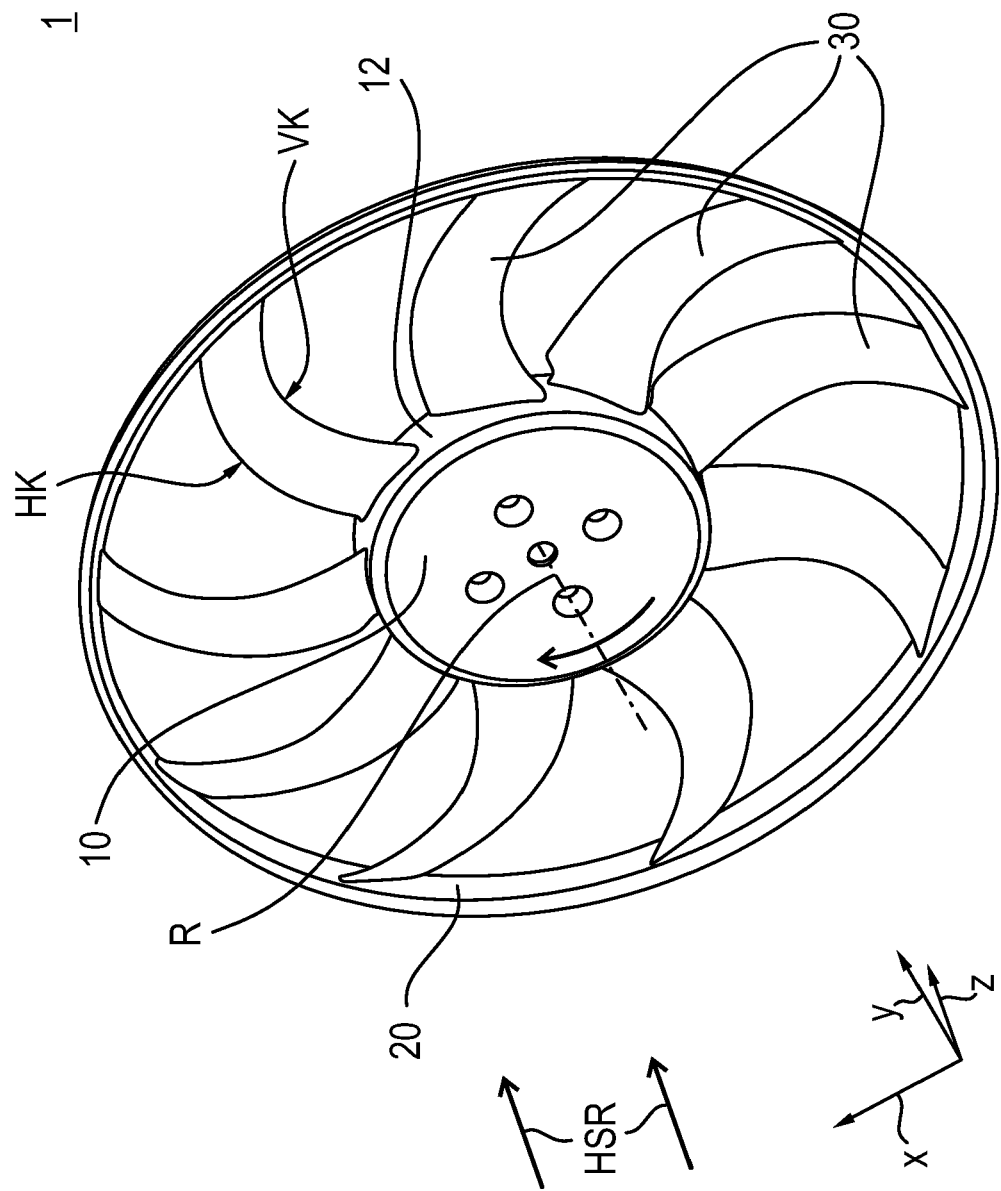


FIG. 1A (Stand der Technik)

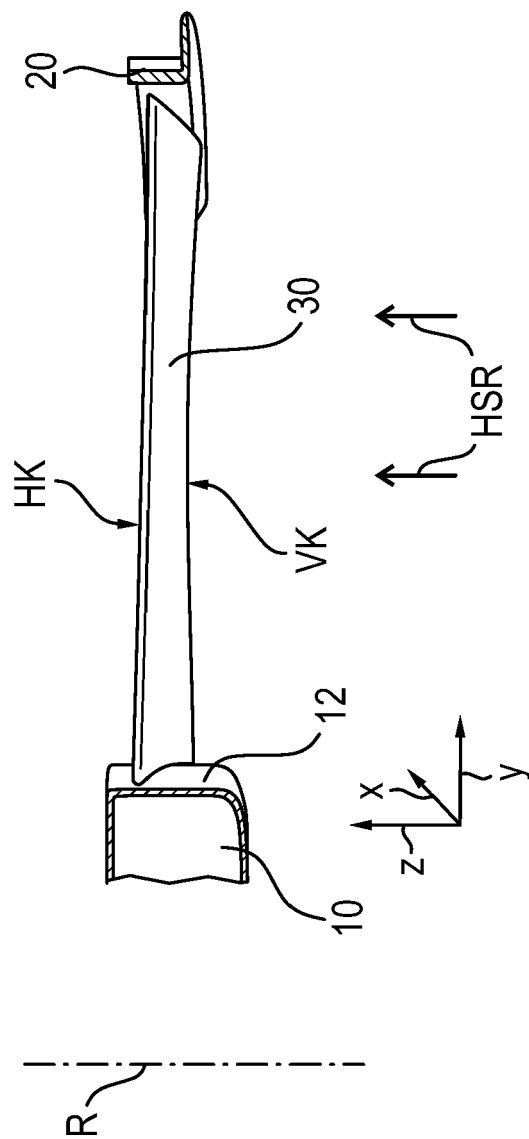


FIG. 1B (Stand der Technik)

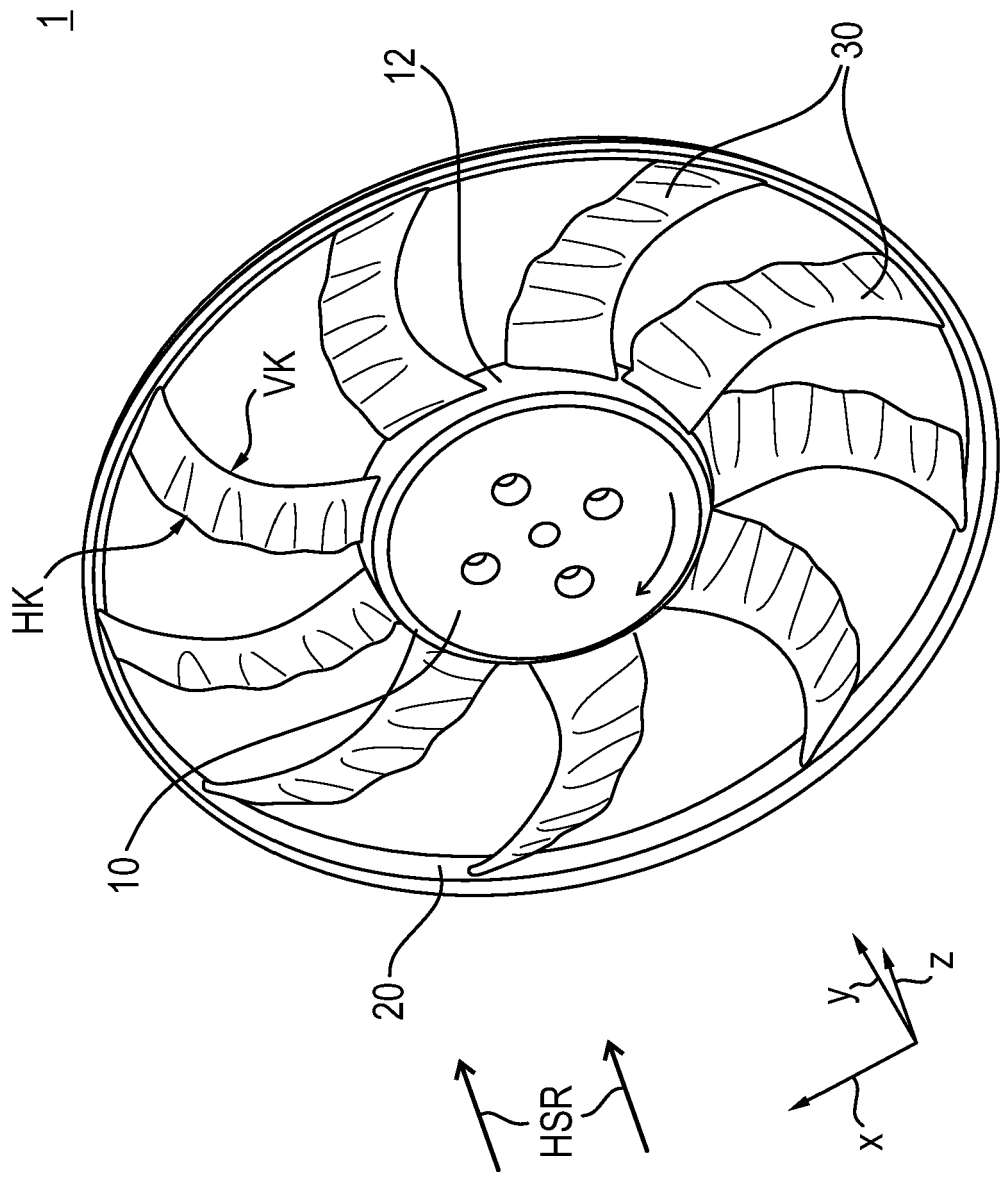


FIG. 2A

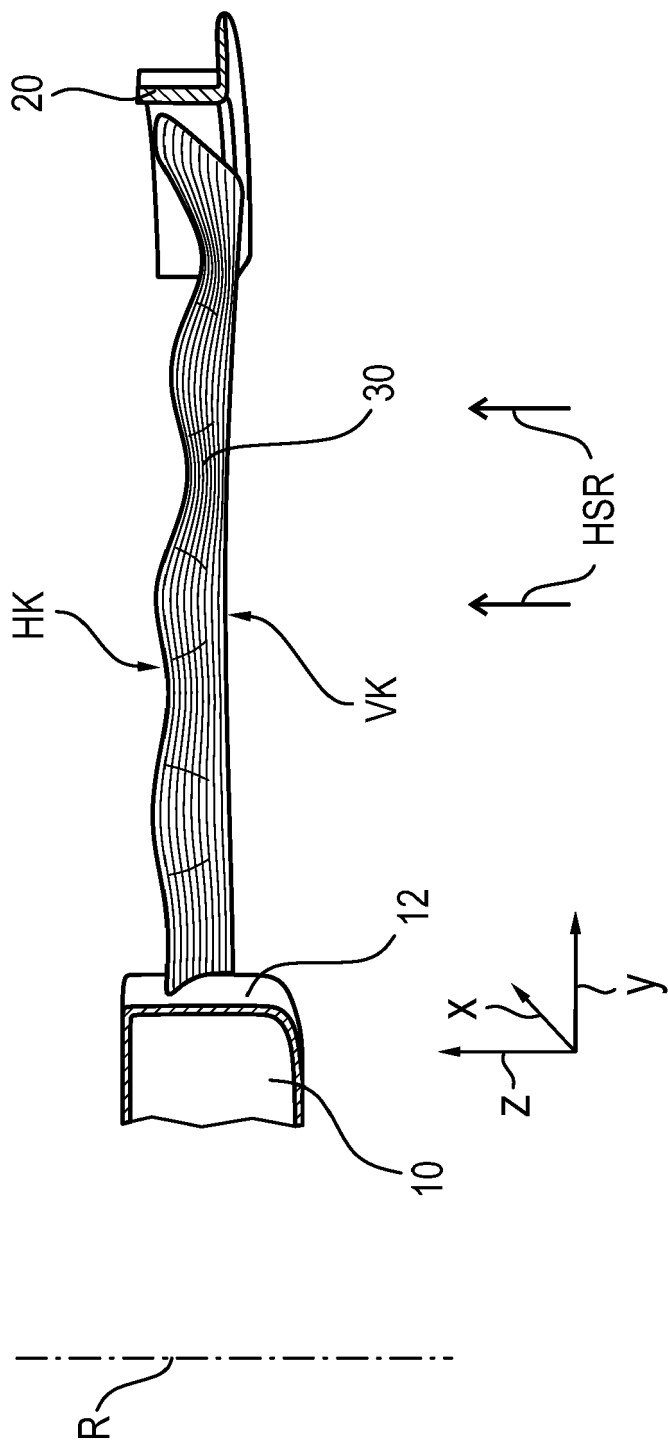


FIG. 2B

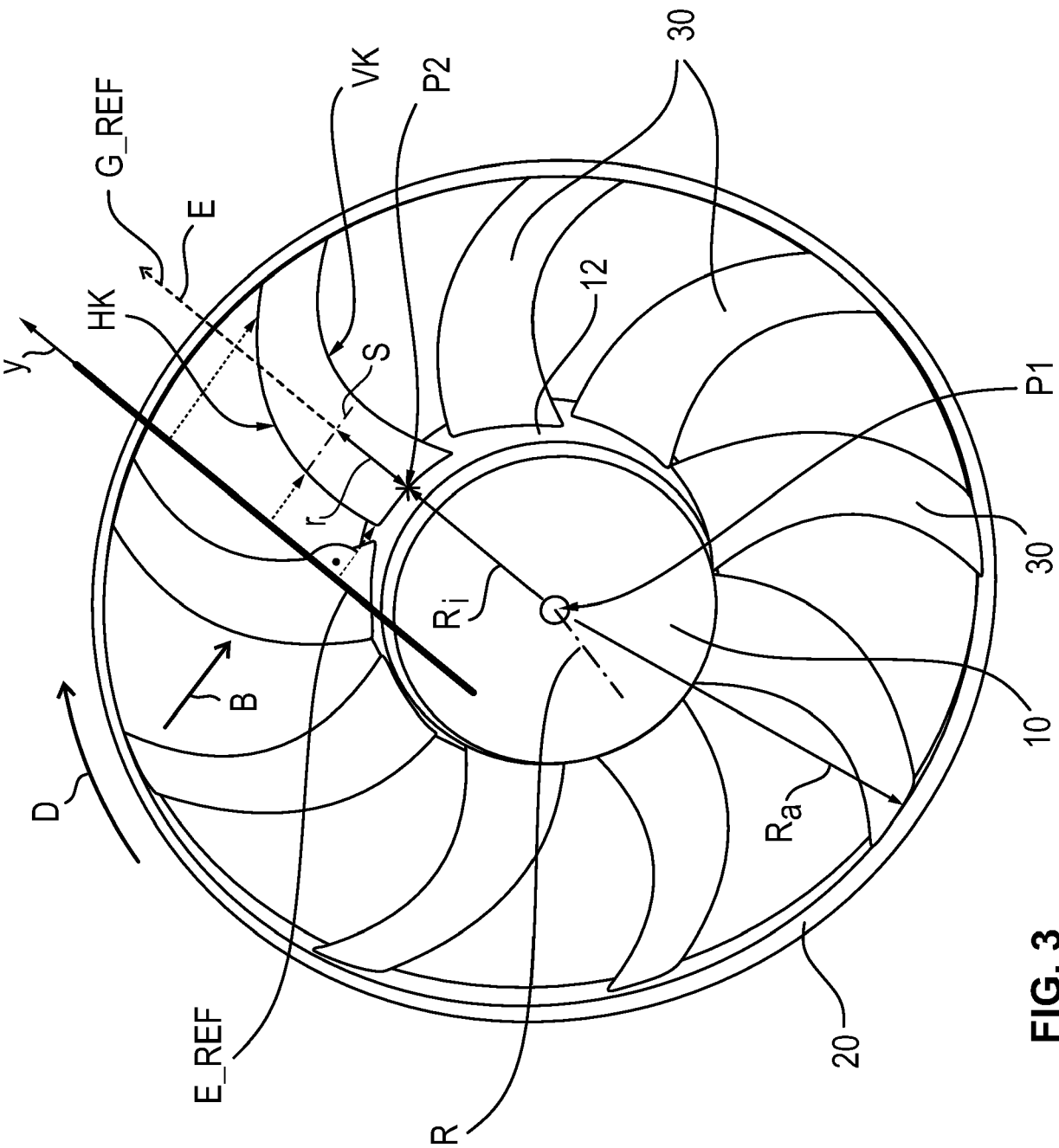


FIG. 3

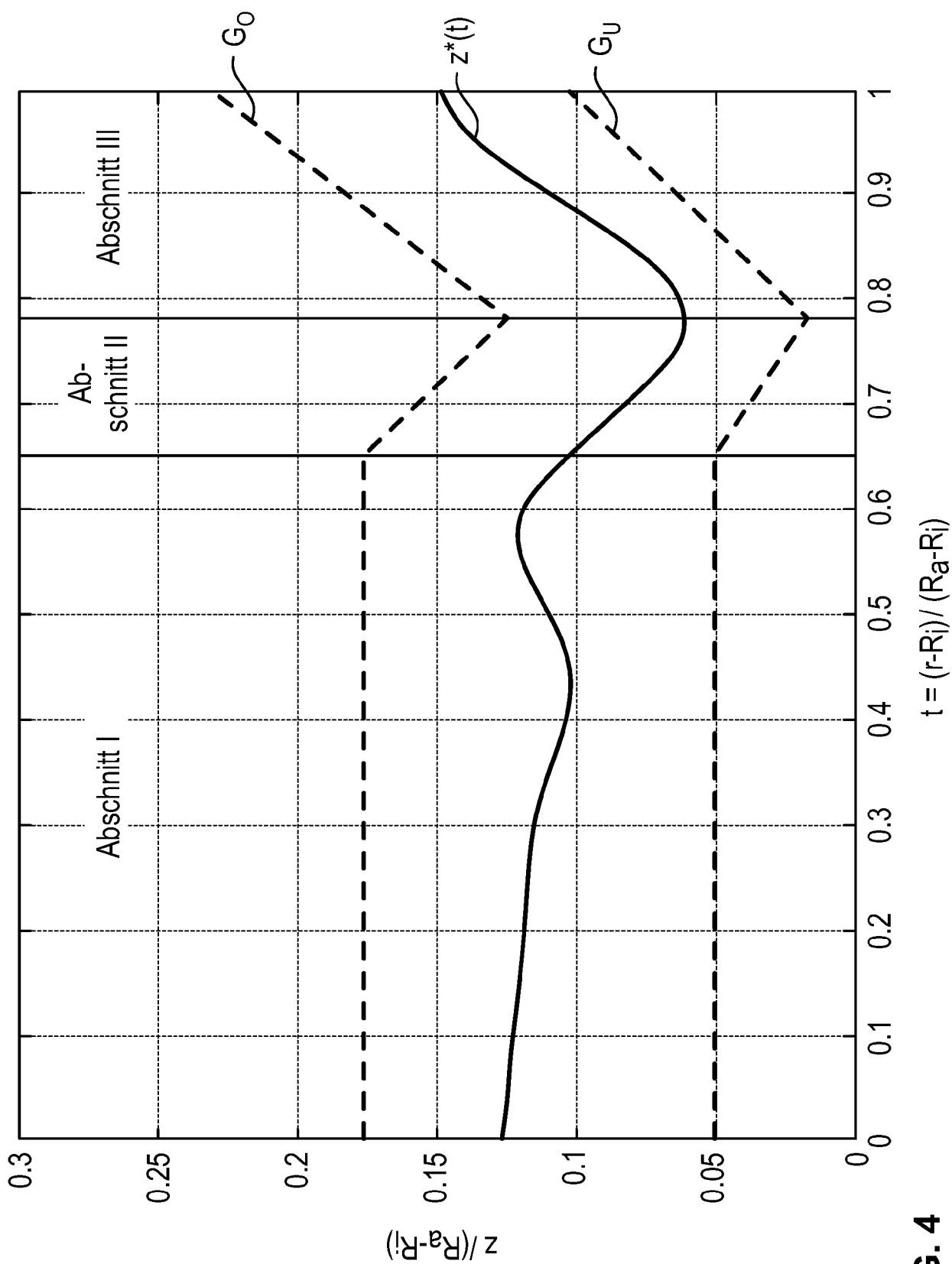


FIG. 4

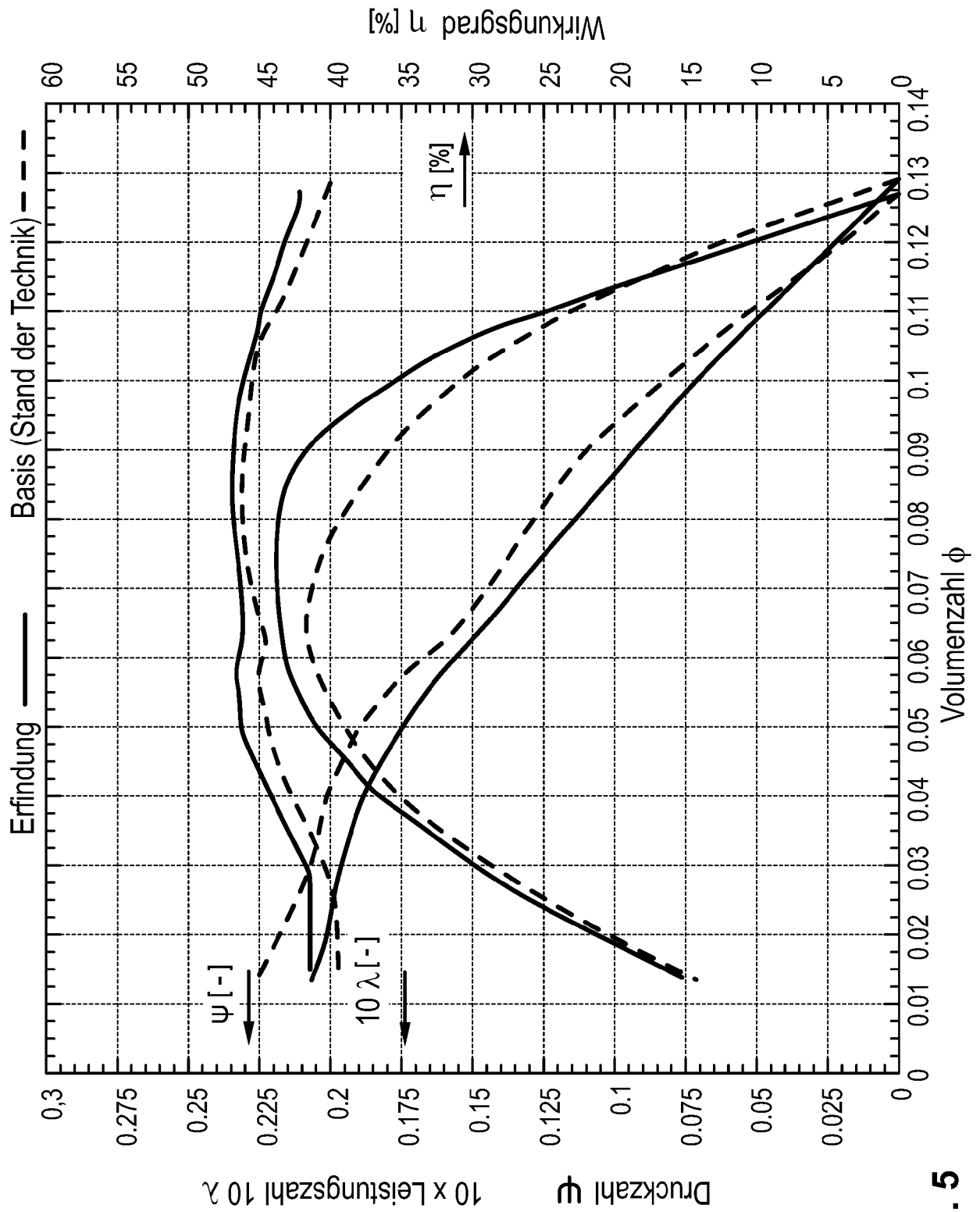


FIG. 5

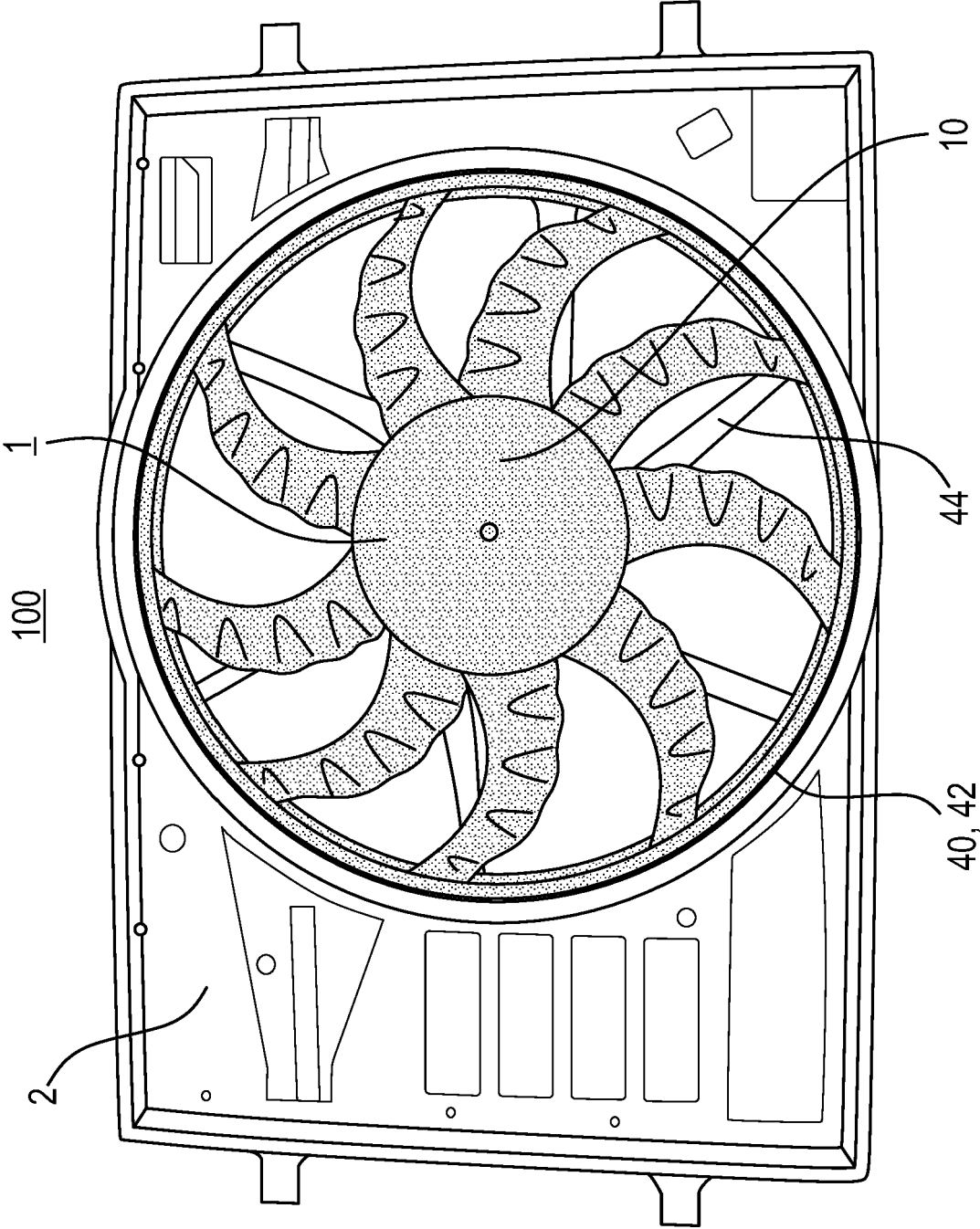


FIG. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 19 0530

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 416 725 A (BOHANON HOY R) 17. Dezember 1968 (1968-12-17) * Spalten 1-4 * * Abbildungen 1,2,4,6 * -----	1-3, 5-12,14	INV. F01P5/02 F04D29/38 F04D29/66
X	WO 2012/041565 A1 (VALEO SYSTEMES THERMIQUES [FR]; HENNER MANUEL [FR]; DEMORY BRUNO [FR];) 5. April 2012 (2012-04-05) * Abbildungen 4-8 * * Seiten 1-11 * -----	1-4, 12-14	ADD. F04D29/32 F01P5/06
X	EP 1 801 422 A2 (ZIEHL ABEGG AG [DE]) 27. Juni 2007 (2007-06-27) * Absätze [0038] - [0064] * * Abbildung 3 * -----	1-14	
X	US 2 684 723 A (FABER GUY S) 27. Juli 1954 (1954-07-27) * Spalten 1-5 * * Abbildung 2 * -----	1-3,5,6, 9-14	
X	US 632 740 A (PARKER HERBERT L [US]) 12. September 1899 (1899-09-12) * Seiten 1-2 * * Abbildung 2 * -----	1-3,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
F01P F04D F01D			
1			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Dezember 2018	Prüfer Schwallier, Vincent
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 18 19 0530

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.

12-12-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3416725 A	17-12-1968	KEINE	
WO 2012041565 A1	05-04-2012	CN 103339385 A	02-10-2013
		EP 2622227 A1	07-08-2013
		FR 2965314 A1	30-03-2012
		JP 6117698 B2	19-04-2017
		JP 2013538976 A	17-10-2013
		US 2014056710 A1	27-02-2014
		WO 2012041565 A1	05-04-2012
EP 1801422 A2	27-06-2007	EP 1801422 A2	27-06-2007
		US 2007201982 A1	30-08-2007
US 2684723 A	27-07-1954	KEINE	
US 632740 A	12-09-1899	KEINE	

EPO FORM P0461

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