



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2017 212 231.5

(51) Int Cl.: **F04D 29/38 (2006.01)**

(22) Anmelddatum: 18.07.2017

(43) Offenlegungstag: 24.01.2019

(71) Anmelder:

ZIEHL-ABEGG SE, 74653 Künzelsau, DE

(74) Vertreter:

Patent- und Rechtsanwälte ULLRICH &  
NAUMANN PartG mbB, 69115 Heidelberg, DE

(72) Erfinder:

Seifried, Daniel, 74523 Schwäbisch Hall, DE;  
Bitz, Thomas, 74653 Künzelsau, DE; Lörcher,  
Frieder, Dr. Ing., 74542 Braunsbach, DE; Lönne,  
Sven, 74182 Obersulm, DE; Gauss, Tobias, 74676  
Niedernhall, DE; Hofman, Georg, Dipl.-Ing., 97941  
Tauberbischofsheim, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

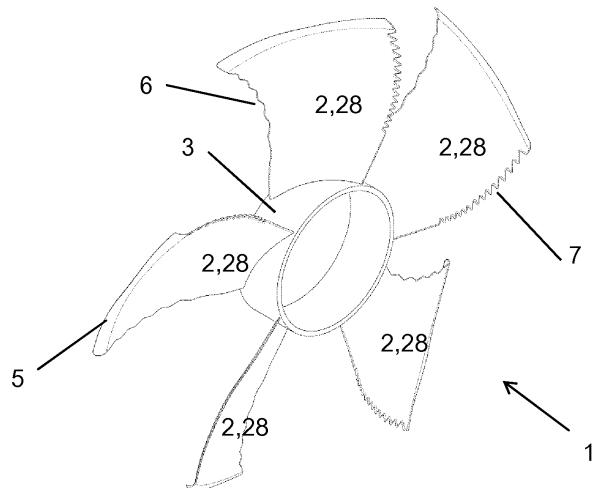
DE 10 2015 216 579 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Flügel für das Laufrad eines Ventilators, Laufrad sowie Axialventilator, Diagonalventilator oder Radialventilator**

(57) Zusammenfassung: Flügel für das Laufrad eines Ventilators, insbesondere eines Axialventilators, Diagonalventilators oder Radialventilators, mit gewellter Vorderkante und gewellter Hinterkante, wobei die Wellen an der Vorderkante eine größere Wellenlänge haben als die Wellen an der Hinterkante, Laufrad mit entsprechenden Flügeln und Axialventilator/Diagonalventilator und Radialventilator mit einem Laufrad mit entsprechenden Flügeln.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Flügel für das Laufrad eines Ventilators, insbesondere eines Axialventilators, Diagonalventilators oder Radialventilators.

**[0002]** Des Weiteren betrifft die Erfindung ein mit entsprechenden Flügeln ausgestattetes Laufrad sowie einen Axialventilator oder Diagonalventilator oder Radialventilator, jeweils mit einem Laufrad, welches mit entsprechenden Flügeln ausgestattet ist.

**[0003]** Die Bereitstellung von Ventiltoren mit geringen Lärmemissionen unter Erreichung bestimmter geforderter Luftleistungen (Volumenstrom und Druckerhöhung) sowie Wirkungsgraden ist für Hersteller von Ventiltoren von grundlegendem Interesse. Insbesondere sollen auch bei Ventilatoren, welche in ein System eingebaut sind, die Lärmemissionen niedrig sein.

**[0004]** Aus EP 2 418 389 A2 ist für sich gesehen ein Axiallüfter bekannt, welcher durch eine spezielle Gestaltung des Lüfterrads im radial äußeren Bereich der Lüfterflügel eine besonders geringe Lärmemission im breitbandigen Frequenzbereich aufweist, welche durch die Leckageströmung am Kopfspalt verursacht wird. Die spezielle Gestaltung wird insbesondere dadurch erreicht, dass lokal im radial äußeren Bereich der Verlauf der Lüfterflügel, in Spannweitenrichtung gesehen, durch eine deutliche Abweichung des Verlaufs in Spannweitenrichtung im übrigen Bereich der Lüfterflügel gekennzeichnet ist. Eine solche Gestaltung des Lüfterrads kann allerdings den tonalen Lärm, welcher durch Zuströmstörungen verursacht wird, nicht oder nur unzureichend reduzieren. Ebenso kann eine solche Gestaltung den Hinterkantenlärm nicht oder nur unzureichend reduzieren.

**[0005]** Aus US 2013/0164488 A1 ist für sich gesehen ein profilierter Lüfterflügel bekannt, welcher durch eine spezielle wellige Gestaltung seiner Vorderkante in einem Lüfter den tonalen Lärm, der durch Zuströmstörungen entsteht, reduzieren kann.

**[0006]** Aus WO 17036470 A1 ist ein Laufrad bzw. Flügelrad für einen Axialventilator oder Diagonalventilator bekannt, bei dem sowohl die Vorderkante als auch die Hinterkante gewellt ist. An Vorderkante und Hinterkante sind Wellen mit einer im wesentlichen identischen Wellenlänge und einer im wesentlichen identischen Amplitude vorgesehen. Die Praxis zeigt, dass der durch Zuströmungen entstehende tonale Lärm insbesondere bei hoher Drehzahl beachtlich ist.

**[0007]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Flügel für das Laufrad eines Ventilators, insbesondere eines Axialventilators, Diagonalventilators oder Radialventilators derart auszugestalten und

weiterzubilden, dass im Betrieb eines solchen Ventilators die Akustik verbessert ist, insbesondere die Lärmemissionen reduziert sind.

**[0008]** Die voranstehende Aufgabe ist in Bezug auf den erfindungsgemäßen Flügel durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Danach hat der Flügel eine gewellte Vorderkante und eine gewellte Hinterkante, wobei die Wellen an der Vorderkante eine größere Wellenlänge haben als die Wellen an der Hinterkante.

**[0009]** Es ist erkannt worden, dass durch die Merkmale des Anspruchs 1 eine Verbesserung der Akustik durch Reduzierung des Vorderkantenschalls erreicht wird, nämlich im Rahmen einer Anströmkan tenoptimierung. Die Maßnahmen sowohl an der Vorderkante als auch an der Hinterkante liefern einen synergetischen Effekt, jedenfalls dann, wenn die Wellen an der Vorderkante eine größere Wellenlänge haben als die Wellen an der Hinterkante. Letztendlich liegt hier eine Anströmkan tenoptimierung unter Beeinflussung der Vorderkantengeometrie in Kombination mit einer Optimierung im Bereich der Hinterkante vor.

**[0010]** Im Konkreten ist es von Vorteil, wenn die Wellenlänge der Wellen an der Vorderkante mindestens 1,5 mal so groß wie die Wellenlänge der Wellen an der Hinterkante ist. Vorzugsweise ist die Wellenlänge der Wellen an der Vorderkante um den Faktor 2 bis 10 größer als die Wellenlänge der Wellen an der Hinterkante.

**[0011]** Bei den hier in Rede stehenden Ausführungsbeispielen sind an der Vorderkante über die Spannweite hinweg vorzugsweise 5 bis 10 Wellenberge gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt. An der Hinterkante sind über die Spannweite hinweg vorzugsweise 5 bis 50 Wellen gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt, wobei es nicht erforderlich ist, dass sich die Wellen über die gesamte Vorderkante und/oder über die gesamte Hinterkante hinweg erstrecken. Es reicht aus, wenn die Wellen vorzugsweise an einem der Nabe bzw. dem Naberring abgewandten bzw. entfernten Bereich ausgebildet sind.

**[0012]** In weiter vorteilhafter Weise nimmt/nehmen die Wellenlänge der Wellen und/oder die Amplitude der Wellen an der Vorderkante von der Nabe zur Flügel spitze bzw. zum Deckring hin zu. Die Wellenlänge der Wellen und/oder die Amplituden der Wellen nimmt/nehmen an der Hinterkante von der Nabe bzw. vom Naberring zur Flügel spitze bzw. zum Deckring hin ab.

**[0013]** Aufgrund der besonderen Geometrie der Wellen an der Hinterkante kann man diese als „zackenartig“ bezeichnen. Somit kann man die Ausprägungen an der Hinterkante als Zacken bezeichnen, wobei dieser Begriff im weitesten Sinne zu verstehen

ist. Die Zacken an der Hinterkante unterscheiden sich von den Wellen an der Vorderkante durch die geringere Wellenlänge bezogen auf die Amplitude bzw. Wellen-/Zackenhöhe, ggf. auch durch steilere Flanken und durch eher spitz zulaufende Wellenberge.

**[0014]** An ihrem freien Ende können die Wellen bzw. Zacken mehr oder weniger scharfkantig ausgeführt sein. Zur gefahrlosen Handhabung beim Einbau ist es von Vorteil, wenn sie an Ihren freien Enden abgerundet oder abgeflacht sind. Auch ist es denkbar, dass die Zacken dort mit einem Schutzfilm, einem Lack, etc. überzogen sind.

**[0015]** Die Erfindung bezieht sich in erster Linie auf die Ausgestaltung von Vorderkante und Hinterkante des Flügels. Dabei ist es von weiterem Vorteil, wenn die Flügel zwar dreidimensional gewunden, jedoch in sich nicht gewellt ist. Auch diese Maßnahme reduziert die Schallemission.

**[0016]** Sofern der Flügel für einen Axial- oder Diagonalventilator bestimmt ist, ist es von weiterem Vorteil, wenn die Flügel spitzen mit sogenannten Winglets ausgestattet sind, nämlich mit endseitigen Abkantungen oder Abrundungen, die von der Druckseite zur Saugeiste hin gebogen sind. Solche Winglets sind hinlänglich aus der Luftfahrt bekannt. Auch durch diese Maßnahme lässt sich die Schallemission reduzieren und ggf. die Leistung steigern.

**[0017]** Wie bereits zuvor erwähnt, erstrecken sich die Wellen - sowohl an der Vorderkante als auch an der Hinterkante - zumindest über einen Teil der Flügelspannweite hinweg. Auch ist es denkbar, dass die Wellen zonal oder in Gruppen mit unterschiedlicher Wellenlänge und/oder unterschiedlicher Amplitude ausgebildet sind.

**[0018]** Der Flügel kann aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sein, beispielsweise aus Blech. Im Rahmen einer solchen Ausgestaltung ist es von Vorteil, wenn zumindest der Hinterkantenbereich lackiert oder pulverbeschichtet ist, nämlich im Bereich der Zacken.

**[0019]** Die Flügel kann im Rahmen einer besonders einfachen Konstruktion/Ausgestaltung aus Kunststoff spritzgusstechnisch oder aus Aluminium druckguss-technisch hergestellt sein. Handelt es sich bei dem Flügel um ein Blechteil, wird dieses vorzugsweise stanztechnisch oder durch Laserschneiden und anschließendes Prägen sowie Fügen/Verscheißen, In-einanderstecken, etc. zu einem Laufrad komplettiert, welches dann in einem Axialventilator, Diagonalventilator oder Radialventilator Anwendung findet. Die Laufräder sind entsprechend dem Bedarf konstruiert und gefertigt, wobei sich die Flügel bei dem Laufrad für einen Axialventilator von einer Nabe nach außen zu einem freien Ende hin erstrecken.

**[0020]** Im Falle der Verwendung bei einem Radialventilator erstrecken sich die Flügel zwischen einem Naberring und einem Deckring und sind fest mit dem Naberring und dem Deckring verbunden. In Bezug auf die Ausgestaltung von Vorderkante und Hinterkante gelten zu den zuvor bekannten Ventilatortypen die gleichen Ausführungen, zumal es grundsätzlich um die Reduzierung der Schallemission, insbesondere um die Reduzierung des Vorderkanten- und Hinterkantenschalls geht, durch Maßnahmen, die sich sowohl auf Vorderkante als auch auf die Hinterkante beziehen.

**[0021]** Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszustalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Anspruch 1 nachgeordneten Ansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung bevorzugter Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Flügel bzw. eines erfindungsgemäßen Laufrads anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

**Fig. 1** in perspektivischer Ansicht ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Laufrads axialer Bauart,

**Fig. 2** in axialer Draufsicht, von der Abströmseite aus gesehen, das Laufrad aus **Fig. 1**,

**Fig. 3** in axialer Draufsicht, von der Zuströmseite aus gesehen, das Laufrad aus **Fig. 1** und **Fig. 2**,

**Fig. 4** in axialer Draufsicht, von der Abströmseite aus gesehen, einen Flügel des Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 1** bis **Fig. 3** mit schematischen Darstellungen,

**Fig. 4a** eine Detailansicht der **Fig. 4** den Flügelhinterkantenbereich betreffend,

**Fig. 4b** eine Detailansicht der **Fig. 4** den Flügeldavorkantenbereich betreffend,

**Fig. 5** eine graphische Darstellung des Schallleistungspegels eines Ventilators mit erfindungsgemäßem Laufrad im Vergleich zum Stand der Technik,

**Fig. 6** in perspektivischer Ansicht ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Laufrads radialer Bauart,

**Fig. 7** in einer Seitenansicht das Ausführungsbeispiel aus **Fig. 6**,

**Fig. 8** einen einzelnen Flügel des Ausführungsbeispiels aus **Fig. 6** und **Fig. 7**, von der Saugseite aus gesehen,

**Fig. 9** den Flügel gemäß **Fig. 8**, in einer perspektivischen Ansicht,

**Fig. 10** eine Detailansicht des Laufrads gemäß **Fig. 6** und **Fig. 7**, von der Seite gesehen,

**Fig. 11** einen Flügel eines weiteren Ausführungsbeispiels, von der Saugseite aus gesehen, mit Zentriervorkehrungen, wobei der Flügel in seiner Abwicklung dargestellt ist,

**Fig. 12** den Flügel gemäß **Fig. 11** mit Darstellungen der Wellenlängen, wobei der Flügel in seiner Abwicklung dargestellt ist,

**Fig. 13** eine Detailansicht der **Fig. 12**, den Flügelhinterkantenbereich betreffend,

**Fig. 14** eine Detailansicht ähnlich der **Fig. 13**, den Flügelhinterkantenbereich betreffend, wobei ein dreidimensional geprägter Flügel dargestellt ist,

**Fig. 15** eine Detailansicht, im Schnitt und von der Seite gesehen, des Laufrads aus **Fig. 6** und **Fig. 7**.

[0022] **Fig. 1** zeigt in perspektivischer Ansicht ein erfundungsgemäßes Laufrad **1** eines Axialventilators. An einer Nabe **3** sind fünf Flügel **2** angebracht. Es sind auch andere Flügelzahlen für ein solches Laufrad denkbar, vorteilhaft drei bis neun Flügel. Das Laufrad **1** ist aus faserverstärktem Kunststoff durch Spritzgießen gefertigt. Es sind auch andere Fertigungsmethoden denkbar, beispielsweise Aluminiumdruckguss oder eine geschweißte Blechkonstruktion. Im Ausführungsbeispiel ist das Laufrad **1** als einstufiges Flügelrad dargestellt - es kann jedoch auch aus einzelnen Flügeln mit einer Nabe zu einem Laufrad zusammengesetzt oder ein Komplettdruckgussrotor sein, wobei Teile des Rotors des Motors einstufig mit dem Laufrad verbunden sind.

[0023] Die Flügel **2** weisen einen Vorderkantenbereich **6** und einen Hinterkantenbereich **7** auf. Die Flügelvorderkantenbereiche **6** und der Flügelhinterkantenbereiche **7** verbinden jeweils die Druckseiten **28** der Flügel **2** und die in **Fig. 3** erkennbaren Saugseiten **29** der Flügel **2**. Am radial äußeren Ende ist eine Flügel spitze **5** ausgebildet. Man erkennt am Vorderkantenbereich **6** der Flügel **2** eine Welligkeit, wobei über die Spannweite etwa sieben Wellenberge ungleichmäßig verteilt sind. Am Hinterkantenbereich **7** ist ebenfalls eine Welligkeit ausgebildet, wobei die Welligkeit an der Hinterkante zackenförmig ist. Die Wellenlänge der Welligkeit am Hinterkantenbereich **7** weist eine deutlich kleinere Wellenlänge auf als die Welligkeit an der Vorderkante, mindestens um den Faktor **1.5** kleiner. Im Ausführungsbeispiel sind am Hinterkantenbereich **7** dreizehn Wellenberge bzw. Zacken über die Spannweite verteilt.

[0024] In **Fig. 2** ist das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 1** in einer axialen Draufsicht von der Abströmseite aus gesehen gezeigt. Die Flügel **2** haben eine dreidimensionale verwundene Form, sind jedoch

nicht in sich gewellt, das heißt, ein ebener Schnitt durch einen solchen Flügel **2** würde keine Welligkeit aufweisen. Die Welligkeit ist am Vorderkantenbereich **6** und, in gezacktem Verlauf, am Hinterkantenbereich **7** zu erkennen. Die Flügel spitzen **5** verfügen über Winglets, welche von der Druck- zur Saugseite hin gebogen sind, um die Akustik weiterhin zu verbessern. Man erkennt auch in dieser Darstellung gut, dass die Wellenlänge der Welligkeit am Vorderkantenbereich **6** deutlich größer ist als diejenige am Hinterkantenbereich **7**, vorteilhaft um einen Faktor von etwa zwei bis zehn. Dieses Verhältnis hat sich für das Erreichen eines niedrigen Lärmpegels als besonders vorteilhaft erwiesen. Es werden sowohl niedrige tonale Lärmpegel infolge Zuströmstörungen als auch ein niedriger Hinterkantenlärm erreicht. Das Zusammenspiel der Welligkeit am Vorderkantenbereich **6** mit den großen Wellenlängen und eher kleineren Amplituden mit der Welligkeit am Hinterkantenbereich **7** mit den kleinen Wellenlängen und eher großen Amplituden, welche dadurch eher zackig erscheinen, führt zu einem besonders niedrigen Gesamtschall eines Ventilators mit einem entsprechenden Laufrad **1**.

[0025] In **Fig. 3** ist das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 1** und **Fig. 2** in einer axialen Draufsicht von der Zuströmseite aus gesehen abgebildet. Man erkennt in dieser Ansicht die Saugseiten **29** der Flügel **2**. Die Drehrichtung des Laufrads **1** ist in dieser Ansicht im Uhrzeigersinn. Die Flügel spitzen **5** an den Flügelvorderkantenbereichen **6** sind in Drehrichtung den Flügeln **2** vorausseilend, die Flügel **2** sind vorwärts geschnellt. Dies ist, vor allem in einem radial äußeren Bereich, vorteilhaft für niedrige Lärmpegel und Druckstabilität. Der wellige, gezackte Flügelhinterkantenbereich **7** weist eine scharfe Abrisskante am Übergang zur Flügelsaugseite **29** auf, was besonders vorteilhaft für niedrigen Hinterkantenlärm ist.

[0026] **Fig. 4** zeigt, in axialem Draufsicht, von der Abströmseite aus gesehen, einen Flügel **2** des Laufrads gemäß den **Fig. 1** bis **Fig. 3** mit zusätzlichen schematisch dargestellten Details. Für jeden Wellenberg sowie jedes Wellental der Wellen am Vorderkantenbereich **6** des Flügels **2** ist der Teildurchmesser **10** eingezeichnet. Die Wellenlänge **11** ( $\lambda_w$ ) des gewellten Vorderkantenbereichs **6** nimmt von der Flügel spitze **5** (am Außendurchmesser  $R_A$ ) zur Nabe **2** (am Nabendurchmesser  $R_N$ ) hin zu. Die Wellenlänge **12** ( $\lambda_z$ ) des gewellten bzw. gezackten Hinterkantenbereichs **7** ist um einen Faktor **1.5 - 3** kleiner als die Wellenlänge **11** ( $\lambda_w$ ) des gewellten Vorderkantenbereichs **6** und nimmt von der Flügel spitze **5** zur Nabe **2** hin ab. Man erkennt auch, dass der Hinterkantenbereich **7** in einem Bereich nahe der Nabe **3** nicht gewellt bzw. gezackt ist.

[0027] **Fig. 4a** zeigt ein Detail aus **Fig. 4** am Flügelhinterkantenbereich **7**. Es ist eine Wellenlänge **12** ( $\lambda_z$ ) der Welligkeit des Flügelhinterkantenbereichs **7**

eingezeichnet, die von Wellenberg zu Wellenberg oder von Wellental zu Wellental gemessen werden kann. Die Wellenlänge **12** ( $\lambda_z$ ) kann, wie im gezeigten Beispiel, über den spannweiten Verlauf des Flügelhinterkantenbereichs **7** variabel sein. Es ist weiterhin die Höhe **21** (Hz) der Wellen bzw. Zacken am Flügelhinterkantenbereich **7** eingezeichnet. Sie entspricht etwa der doppelten Amplitude einer Welligkeit. Auch Hz kann über den spannweiten Verlauf des Flügelhinterkantenbereichs **7** variieren, ist aber im Ausführungsbeispiel in vorteilhafter Weise über einen weiten Bereich annähernd konstant. An den Wellenbergen ist am Flügelhinterkantenbereich **7** ein relativ kleiner Verrundungsradius  $< 0.3^{\circ}\text{Hz}$  ausgebildet, wodurch diese Welligkeit eher gezackt wirkt.

**[0028]** **Fig. 4b** zeigt ein Detail der **Fig. 4** am Flügelvorderkantenbereich **6**. Es ist eine Wellenlänge **11** ( $\lambda_w$ ) der Welligkeit des Flügelvorderkantenbereichs **6** eingezeichnet, die von Wellenberg zu Wellenberg oder von Wellental zu Wellental gemessen werden kann. Die Wellenlänge **11** ( $\lambda_w$ ) ist im Ausführungsbeispiel über den spannweiten Verlauf des Flügelvorderkantenbereichs **6** variabel. Es ist weiterhin die Höhe bzw. doppelte Amplitude **22** (Hw) der Wellen am Flügelvorderkantenbereich **6** eingezeichnet. Sie entspricht etwa der doppelten Amplitude einer Welligkeit. Die Wellenberge können, beispielsweise in einer axialen Ansicht wie **Fig. 4b**, mit einer Linie **24** und die Wellentäler mit einer Linie **23** verbunden werden. Der Abstand dieser beiden Linien entspricht etwa Hw, das im Ausführungsbeispiel über den spannweiten Verlauf des Flügelvorderkantenbereichs **6** etwa konstant ist.

**[0029]** **Fig. 5** zeigt in einer Graphik den Schallleistungspegel eines Ventilators mit einem erfindungsgemäßen Laufrad im Vergleich zu einem Laufrad mit lediglich gezackter Hinterkante nach Stand der Technik, bei konstanter Drehzahl und variablem Volumenstrom. Über einen weiten Bereich von Volumenströmen wird der Schallleistungspegel durch die erfindungsgemäße Gestaltung maßgeblich reduziert.

**[0030]** **Fig. 6** zeigt in perspektivischer Ansicht ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Laufrads **1** eines Radialventilators. Dieses Ausführungsbeispiel ist aus Blech gefertigt. Die fünf Flügel **2** sind aus Blech durch Laserschneiden und Prägen gefertigt. Sie sind mit der Nabe **3** und dem Deckring **4** verschweißt. Man erkennt am Vorderkantenbereich **6** der Flügel **2** an der Silhouettenlinie eine Welligkeit, wobei über die Spannweite etwa acht Wellenberge etwa gleichmäßig verteilt sind. Am Flügelhinterkantenbereich **7** ist deutlich eine gewellte, eher gezackte Ausgestaltung zu erkennen, die einer zweiten Welligkeit, in Wellenlänge und Wellenamplitude vergleichbar der Welligkeit des Vorderkantenbereichs **6**, überlagert ist. Es sind über den Verlauf des Hinterkantenbereichs **7** etwa 48 Wellen bzw. Zacken über

die Spannweite verteilt. Besonders vorteilhaft ist es, dass deutlich mehr Wellen bzw. Zacken am Flügelhinterkantenbereich **7** ausgebildet sind als Wellen am Flügelvorderkantenbereich **6**, im Ausführungsbeispiel sechs mal so viele, vorteilhaft zwei bis zehn mal so viele.

**[0031]** **Fig. 7** zeigt in einer Seitenansicht das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 6**. Es besteht aus Nabe **3**, **5** Flügeln **2** und Deckring **4**. Der Deckring **4** hat eine Lufteinlassöffnung (rechts), durch die die Luft im Betrieb des Ventilators eingesaugt wird. Die Flügel **2** haben eine dreidimensionale verwundene Form. Insbesondere verlaufen die Flügeldruckseiten **28** und die Flügelsaugseiten **29** über weite Bereiche nicht parallel zur Drehachse des Laufrads **1**. Eine solche dreidimensionale Gestaltung ist vorteilhaft für die Luftsleitung, den Wirkungsgrad und die Akustik eines Ventilators mit dem Laufrad **1**. Die filigranen Zacken bzw. Wellen an den Hinterkantenbereichen **7** sind gut zu erkennen. Die Welligkeit an den Vorderkantenbereichen **6** ist zu erkennen. Diese hat eine wesentlich grössere Wellenlänge als die zackenförmige Welligkeit am Flügelhinterkantenbereich **7**.

**[0032]** **Fig. 8** zeigt einen einzelnen Flügel **2** des Ausführungsbeispiels aus den **Fig. 6** und **Fig. 7** von der Druckseite **28** aus gesehen. Der Flügel **2** ist im Ausführungsbeispiel aus Blech gefertigt, in zwei Schritten: Laserbeschneiden und Prägen. Er hat einen gewellten Vorderkantenbereich **6** und einen gewellten bzw. gezackten Hinterkantenbereich **7**. Die Welligkeit am Vorderkantenbereich **6** bewirkt eine Reduktion des Drehtons infolge von Zuströmstörungen. Die gezackte Welligkeit am Hinterkantenbereich **7** bewirkt eine Reduktion oder Vermeidung von Hinterkantenlärm. Bei derart gefertigten Flügeln aus Blech ist die Realisierung einer dünnen Hinterkante oft aufwändig, weshalb sich hier die Technologie der Reduktion des Hinterkantenschalls durch eine gewellte bzw. gezackte Gestaltung besonders eignet. Durch die Kombination mit dem gewellten Vorderkantenbereich **6** entsteht ein besonders leiser Ventilator. Bei dieser Ausführungsform sind die Flügel **2** mit Nabe **3** und Deckring **4** verschweißt. Es sind auch andere Verbindungen denkbar (z.B. Laschen). Allgemein ist es auch denkbar, ein- oder mehrteilige erfindungsgemäße Laufräder beispielsweise aus Kunststoff durch Spritzgießen zu fertigen.

**[0033]** **Fig. 9** zeigt den Flügel **2** gemäß **Fig. 8** in einer perspektivischen Ansicht. Die gesamten Flächen der Druckseiten **28** und Saugseiten **29** der Flügel **3** weisen bei dieser Ausführungsform eine Welligkeit auf, die in den Blechflügel eingeprägt ist. Die dreidimensionale verwundene Formgebung ist gut zu erkennen. Durch die dreidimensionale verwundene Formgebung und die eingeprägte Welligkeit ist der Flügel **2** außerdem verstift, d.h. die eingeprägte Welligkeit

wirkt sich vorteilhaft auf die Festigkeit und die Formstabilität des Flügels **2** aus.

**[0034]** Fig. 10 zeigt eine Detailansicht des Laufrads **1** gemäß den Fig. 6 und Fig. 7 von der Seite her gesehen. Man erkennt gut, dass die Wellenlängen der Wellen bzw. Zacken am Hinterkantenbereich **7** erheblich kleiner sind als die Wellenlängen der Welligkeit am Vorderkantenbereich **6**, und zwar im Ausführungsbeispiel um einen Faktor von etwa 6.

**[0035]** Fig. 11 zeigt von der Druckseite **28** aus gesehen den Flügel **2** eines weiteren Ausführungsbeispiels mit Zentriervorkehrungen, wobei der Flügel **2** in seiner Abwicklung dargestellt ist, d.h. in seinem Blechzuschnitt vor dem Prägen. Durch Prägen wird aus diesem Zuschnitt der fertige Flügel **2** hergestellt. Der gewellte/gezackte Verlauf des Hinterkantenbereichs **7** ist schon beim Zuschnitt deutlich erkennbar. Die Prägeform weist die Zacken des Hinterkantenbereichs **7** nicht auf, da sie schon beim Zuschnitt vorhanden sind. Dies ist ein Vorteil, da diese filigranen Strukturen nicht im Prägewerkzeug ausgebildet sein müssen. Auch die Welligkeit des Vorderkantenbereichs **6** ist schon an dem ebenen Zuschnitt erkennbar. Es sind am nabenseitigen Ende **9** des Flügels **2** und am deckringseitigen Ende **13** des Flügels **2** verschiedene Zentriervorrichtungen **18, 19** vorhanden. Die halbkreisförmigen Zentriervorrichtungen **19** etwa in der Mitte dienen zur Platzierung des Flügels **2** im Prägewerkzeug, die eckigen Zentriervorrichtungen **18** dienen zur Platzierung des Flügels **2** bezüglich Nabe und Deckring beim Schweißvorgang.

**[0036]** Fig. 12 zeigt den Flügel **2** gemäß Fig. 11 mit Darstellungen der Wellenlängen, wobei der Flügel, wie in Fig. 11, vor dem Prägen als Blechzuschnitt dargestellt ist. Eine Wellenlänge **11** ( $\lambda_w$ ) am Flügelvorderkantenbereich **6** sowie eine Wellenlänge **12** ( $\lambda_z$ ) am Flügelhinterkantenbereich **7** sind eingezzeichnet. Die Wellenlänge **11** ( $\lambda_w$ ) ist in diesem Ausführungsbeispiel auch am Flügelhinterkantenbereich **7** überlagert zur Wellenlänge **12** ( $\lambda_z$ ) erkennbar, da die Wellenlänge **11** ( $\lambda_w$ ) über den gesamten Flügel **2** und seine Druckseite **28** und seine Saugseite **29** ausgeprägt ist (vgl. Fig. 15). Mit  $\lambda_z$  ist die kleinere Wellenlänge der Zacken am Hinterkantenbereich **7** bezeichnet. Im Ausführungsbeispiel beträgt  $\lambda_w$  etwa das 6-fache von  $\lambda_z$ , vorteilhaft ist ein Faktor von 2-10.

**[0037]** Fig. 13 zeigt eine Detailansicht der Fig. 12 den Flügelhinterkantenbereich **7** betreffend. Die Höhe **21** (Hz) der Wellen bzw. Zacken am Flügelhinterkantenbereich **7** ist vorteilhaft mindestens so groß wie die Wellenlänge **12** ( $\lambda_z$ ) der Wellen bzw. Zacken am Flügelhinterkantenbereich **7**, vorteilhaft mindestens  $1.4^* \lambda_z$ . Die Zacken bzw. Wellen am Flügelhinterkantenbereich **7** haben also, im Vergleich zu ihrer Wellenlänge, eine relativ große Höhe.  $\lambda_z$  wiederum ist insbesondere bei Blechflügeln vorteilhaft nicht grö-

ßer als das 2-fache der Blechdicke bzw. der Dicke des Flügels **2** an seinem Hinterkantenbereich **7**, vorteilhaft nicht größer als das 1.5-fache dieser Dicke, um im Zusammenspiel mit dem gewellt gestalteten Flügelvorderkantenbereich **6** den Schallpegel eines Ventilators mit einem Laufrad mit Flügeln **2** zu minimieren.

**[0038]** Fig. 14 zeigt eine Detailansicht ähnlich Fig. 13, den Flügelhinterkantenbereich **7** betreffend, wobei ein Teil eines dreidimensional geprägten Flügels **2** dargestellt ist. Die Wellen bzw. Zacken sind an ihrem äußeren Ende (Wellenberg) nicht spitz gestaltet, sondern abgeflacht. Dadurch ist die Gefahr einer Beschädigung der Zacken sowie die Verletzungsgefahr beim Umgang mit dem Laufrad **1** reduziert. Blechflügel mit gewellten/gezackten Hinterkantenbereichen **7** werden vorteilhaft pulverbeschichtet oder lackiert. Dadurch werden spitze Kanten entschärft und ist die Verletzungsgefahr weiter reduziert.

**[0039]** Fig. 15 zeigt eine Detailansicht im Schnitt und von der Seite gesehen des Laufrads **1** gemäß Fig. 6 und Fig. 7. Der Flügel **2** verläuft zwischen der Nabe **3** und dem Deckring **4**. Das Abströmende **16** der Deck scheibe sowie das Abströmende **15** der Bodenscheibe ist derart gekrümmmt, dass sich die Austrittsfläche des Laufrads **1** vergrößert und dadurch der statische Wirkungsgrad gesteigert werden kann. Am Schnitt **20** durch den Flügel **2**, der eine Welligkeit aufweist, ist gut erkennbar, dass der Flügel **2** zumindest über weite Bereiche seiner Erstreckung eine Welligkeit hat. Die Flügeldruckseite **28** und die nicht sichtbare Flügelaugseite **29** weisen diese Welligkeit auf. Die Wellenlänge dieser Welligkeit der Flügeldruckseiten **28** und der Flügelaugseiten **29** ist gleich oder ähnlich der Wellenlängen der Flügelvorderkantenbereiche **6**. Die Welligkeit kann sich bis zu den Flügelhinterkantenbereichen **7** fortsetzen, wo sie dann den Wellen/Zacken der Flügelhinterkantenbereiche **7**, welche eine deutlich geringere Wellenlänge aufweisen, überlagert erscheint.

#### Bezugszeichenliste

- 1** Laufrad
- 2** Flügel
- 3** Nabe/Nabenring
- 4** Deckring
- 5** Flügel spitze, Winglets
- 6** Flügelvorderkantenbereich
- 7** Flügelhinterkantenbereich
- 8** Spannweite des Flügels
- 9** Nabenseitiges Flügelende
- 10** Teildurchmesser, Spannweitenposition

- 11** Wellenlänge Vorderkante  $\lambda_w$
- 12** Wellenlänge Hinterkante  $\lambda_z$
- 13** Deckringseitiges Flügelende
- 14** Einströmöffnung
- 15** Abströmende der Nabe/des Nabennings
- 16** Abströmende des Deckrings
- 17** Zentriervorrichtung Flügel - Nabe
- 18** Zentriervorrichtung Flügel - Deckring
- 19** Zentriervorrichtung Flügel für Prägewerkzeug
- 20** Schnitt durch den Flügel
- 21** Höhe Hz der Zacken/Wellen am Hinterkantenbereich, doppelte Amplitude
- 22** Höhe Hw der Zacken/Wellen am Vorderkantenbereich, doppelte Amplitude
- 23** Linie der Wellentäler am Vorderkantenbereich
- 24** Linie der Wellenberge am Vorderkantenbereich
- 25** Mittellinie der Wellen am Vorderkantenbereich
- 26** Linie der Wellentäler am Hinterkantenbereich
- 27** Linie der Wellenberge am Hinterkantenbereich
- 28** Flügeldruckseite
- 29** Flügelsaugseite

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- EP 2418389 A2 [0004]
- US 2013/0164488 A1 [0005]
- WO 17036470 A1 [0006]

## Patentansprüche

1. Flügel für das Laufrad eines Ventilators, insbesondere eines Axialventilators, Diagonalventilators oder Radialventilators, mit gewellter Vorderkante und gewellter Hinterkante, wobei die Wellen an der Vorderkante eine größere Wellenlänge haben als die Wellen an der Hinterkante.

2. Flügel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellenlänge der Wellen an der Vorderkante mindestens 1,5 mal so groß wie die Wellenlänge der Wellen an der Hinterkante ist, vorzugsweise um den Faktor 2 bis 10 größer.

3. Flügel nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Vorderkante über die Spannweite hinweg vorzugsweise 5 bis 10 Wellenberge gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt sind.

4. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Hinterkante über die Spannweite hinweg vorzugsweise 10 bis 50 Wellen gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt sind.

5. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellenlänge der Wellen und/oder die Amplitude der Wellen an der Vorderkante von der Nabe bzw. vom Naberring zur Flügelspitze bzw. zum Deckring hin zunimmt.

6. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellenlänge der Wellen und/oder die Amplitude der Wellen an der Hinterkante von der Nabe bzw. vom Naberring zur Flügelspitze bzw. zum Deckring hin abnimmt.

7. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wellen an der Hinterkante als Zacken ausgeführt sind.

8. Flügel nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zacken an ihrem freien Ende abgerundet oder abgeflacht sind.

9. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese dreidimensional gewunden, jedoch nicht in sich gewellt sind.

10. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Flügel für einen Axial- oder Diagonalventilator bestimmt sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flügelspitzen mit Winglets ausgestattet sind, die von der Druckseite zur Saugseite hin gebogen sind.

11. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Wellen zumindest über einen Teil der Vorderkante und der Hinterkante erstrecken.

12. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser aus Blech gefertigt und vorzugsweise zumindest im Hinterkantenbereich lackiert oder pulverbeschichtet ist.

13. Flügel nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser aus Kunststoff vorzugsweise spritzgießtechnisch oder aus Aluminium, vorzugsweise druckgusstechnisch oder aus Blech, vorzugsweise stanztechnisch gefertigt ist.

14. Laufrad mit mindestens zwei, vorzugsweise drei bis 9 Flügeln nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Flügel einzeln oder das gesamte Laufrad einteilig aus Kunststoff spritzgießtechnisch oder aus Aluminium druckgusstechnisch oder aus Blech stanztechnisch oder durch Laserschneiden und Prägen sowie Fügen/Verschweißen, Ineinanderstecken von Laschen, etc. hergestellt sind/ist.

15. Axialventilator oder Diagonalventilator, mit einer Nabe und sich von der Nabe nach außen erstreckenden Flügeln nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

16. Radialventilator mit einem Naberring, einem Deckring und einem sich zwischen dem Naberring und dem Deckring erstreckenden Laufrad, mit Flügeln nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

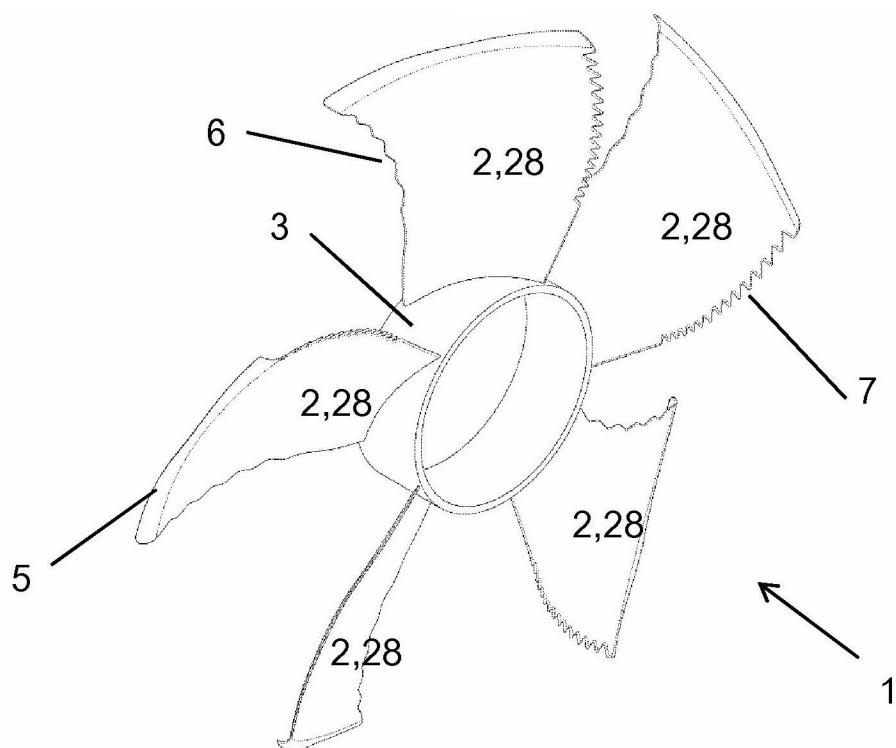


Fig. 1

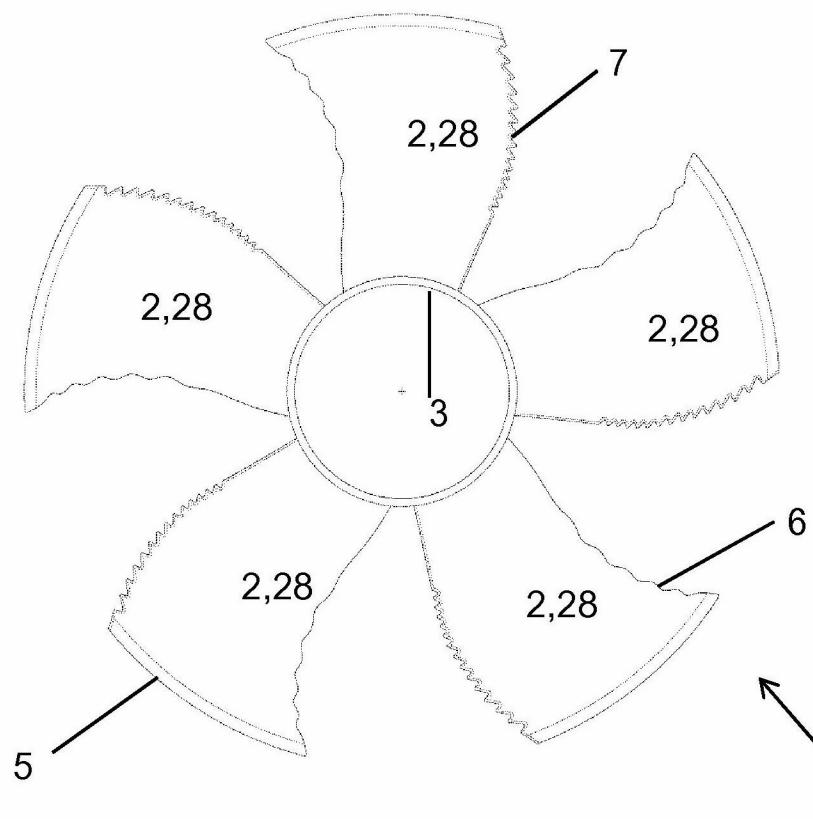


Fig. 2

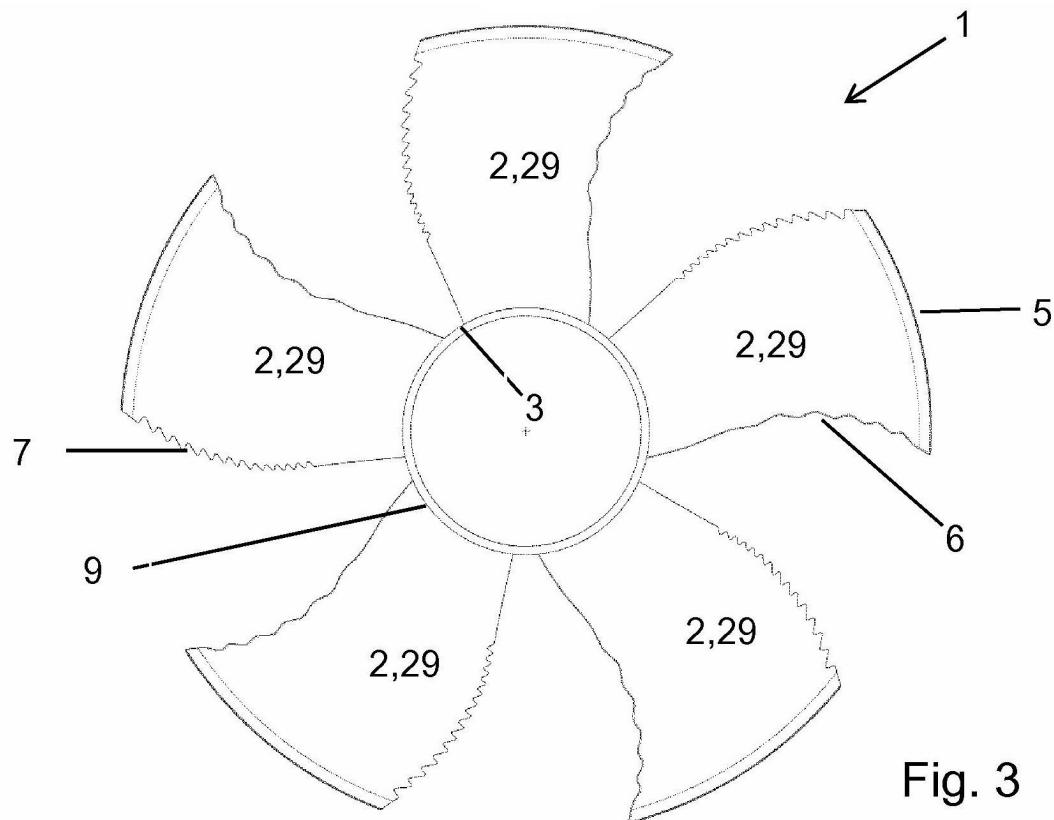


Fig. 3

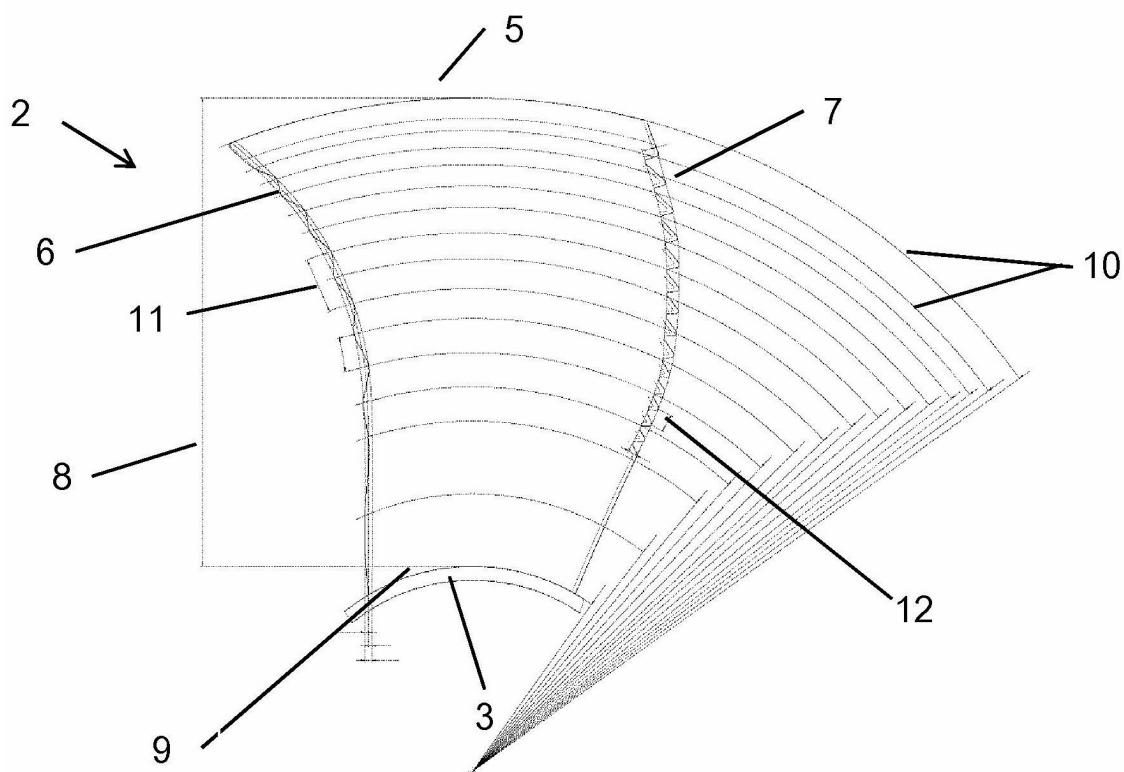


Fig. 4

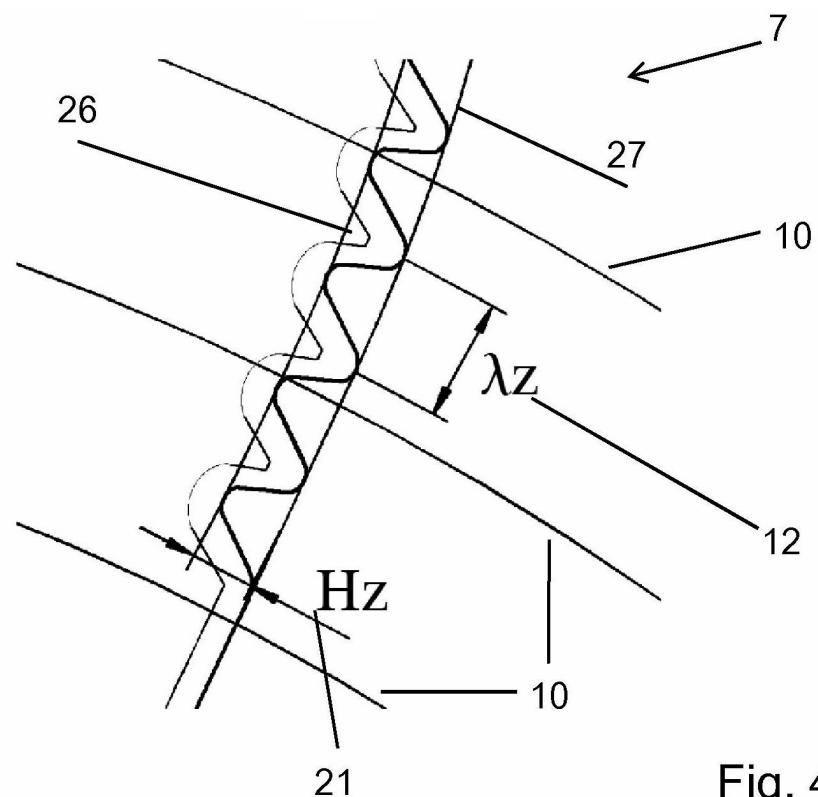


Fig. 4a

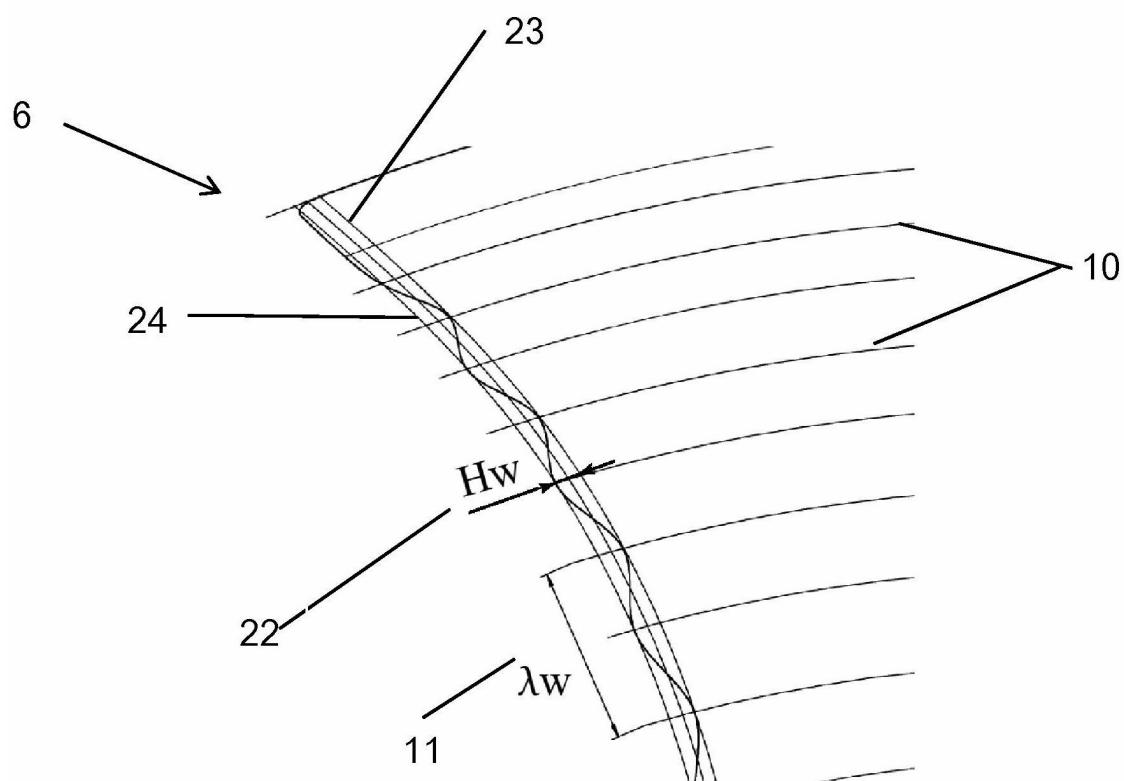


Fig. 4b

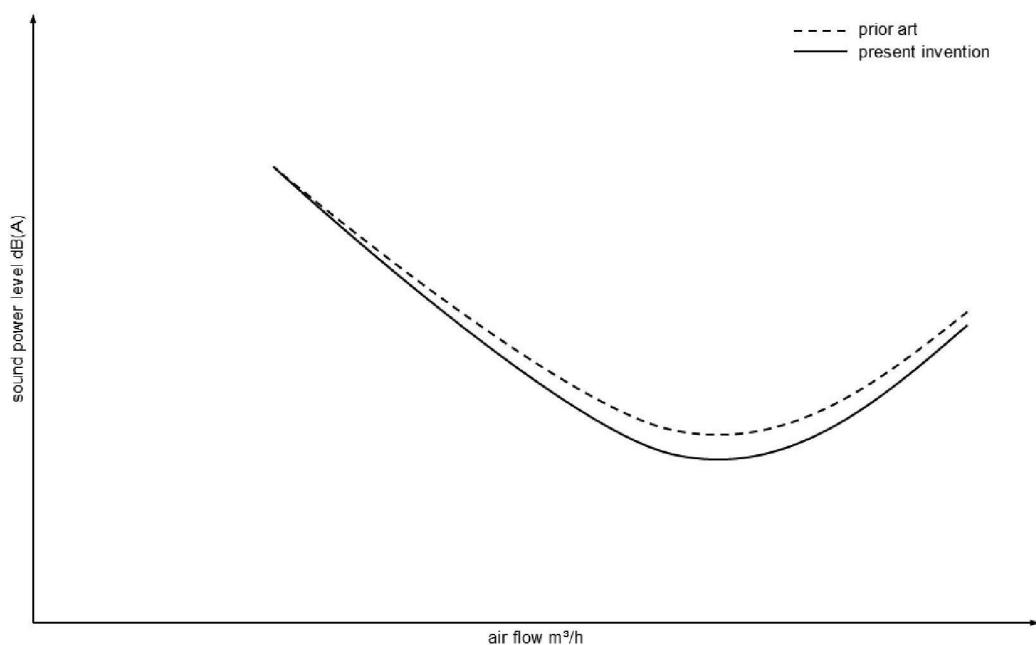


Fig. 5

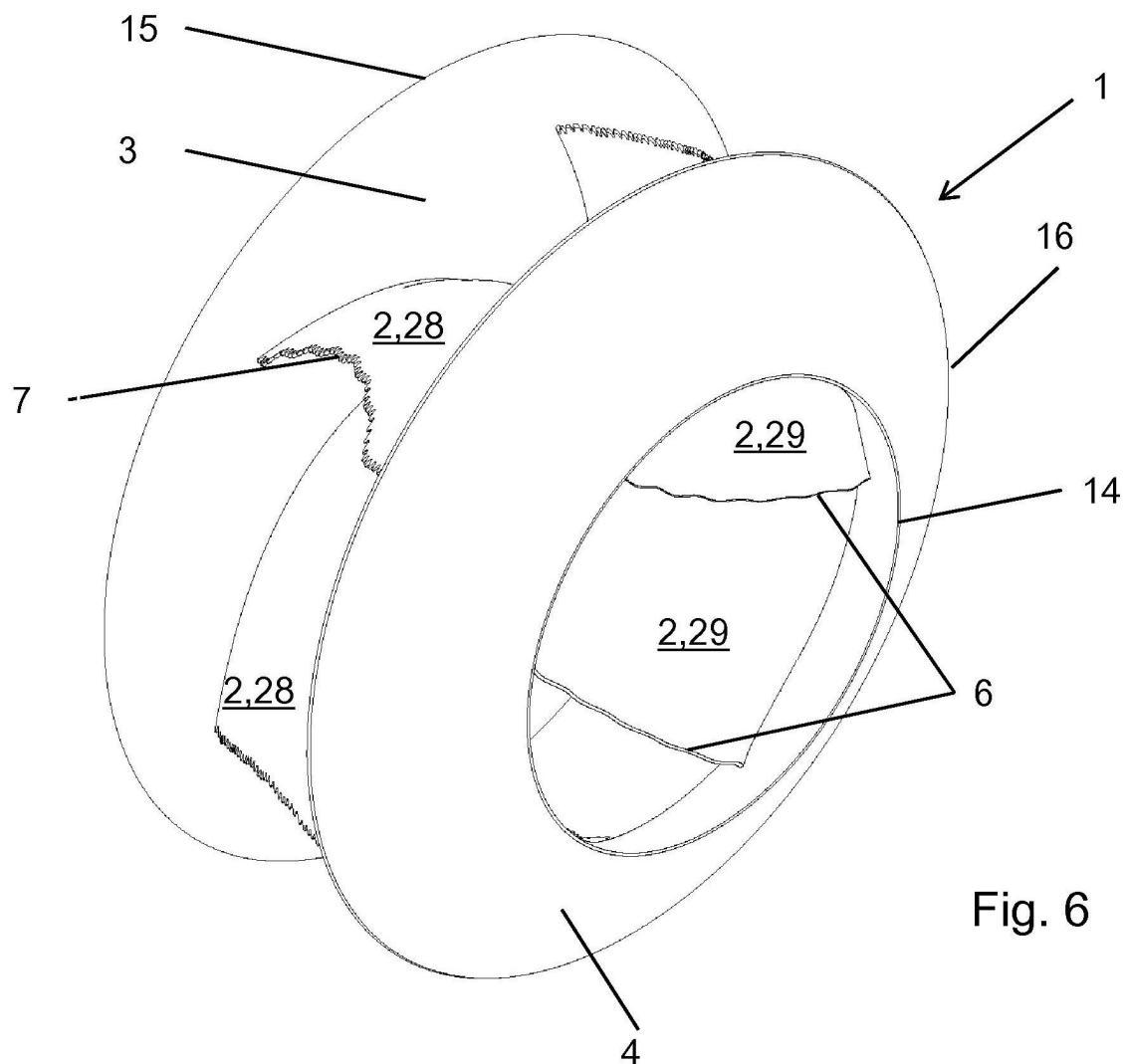


Fig. 6

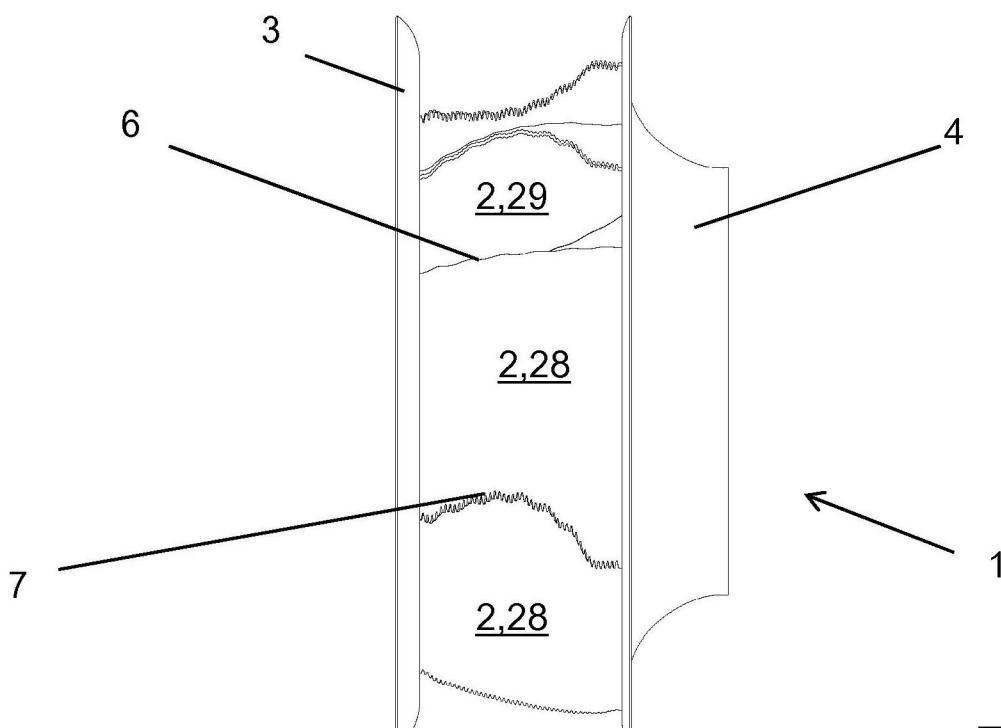


Fig. 7

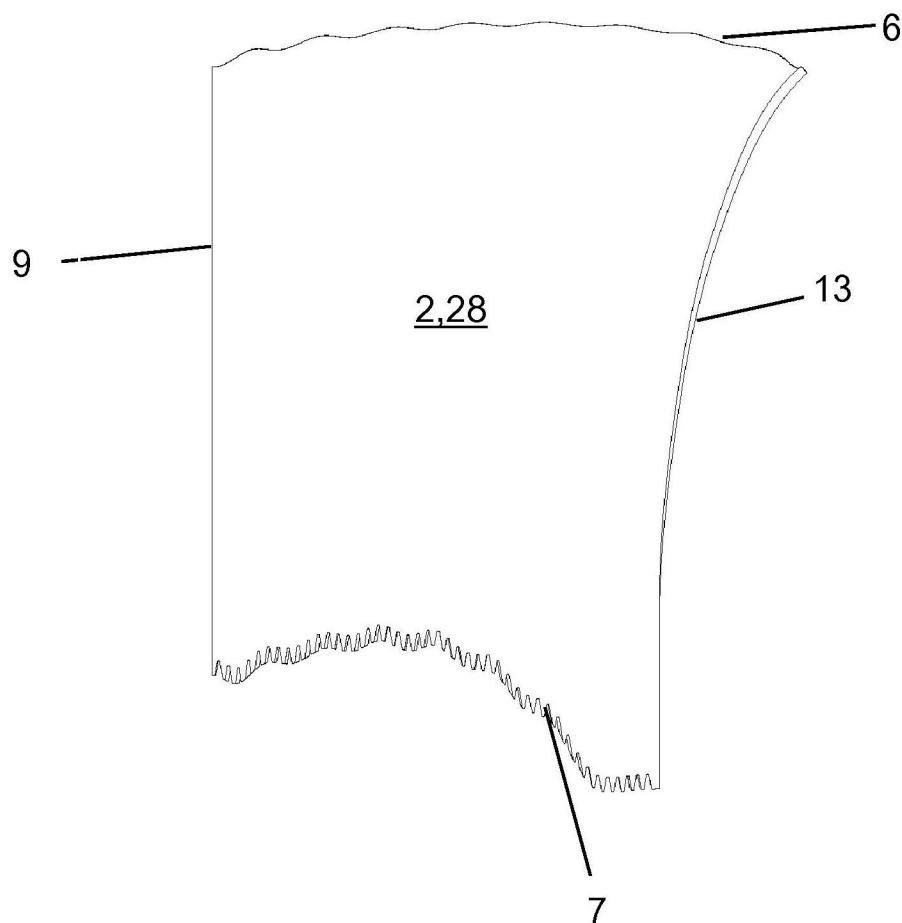


Fig. 8

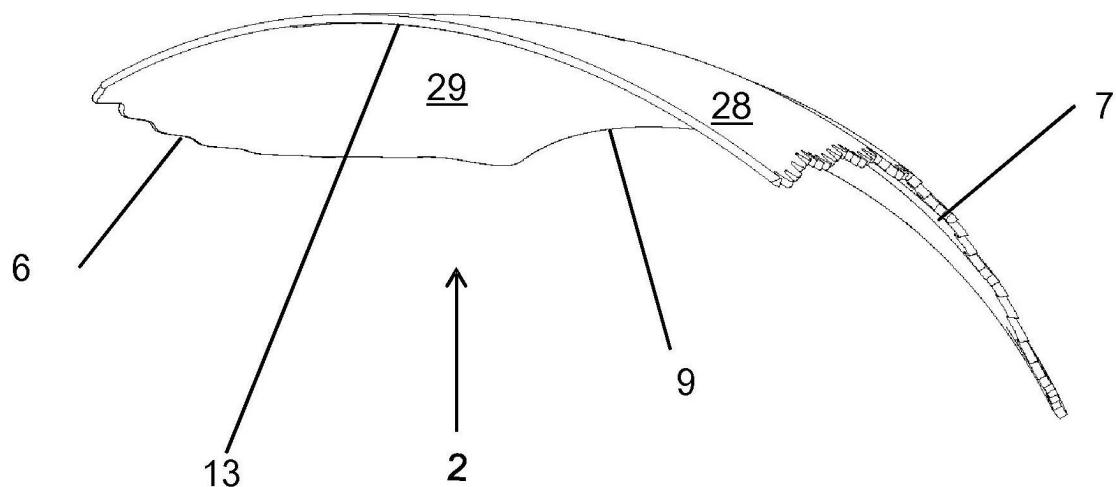


Fig. 9

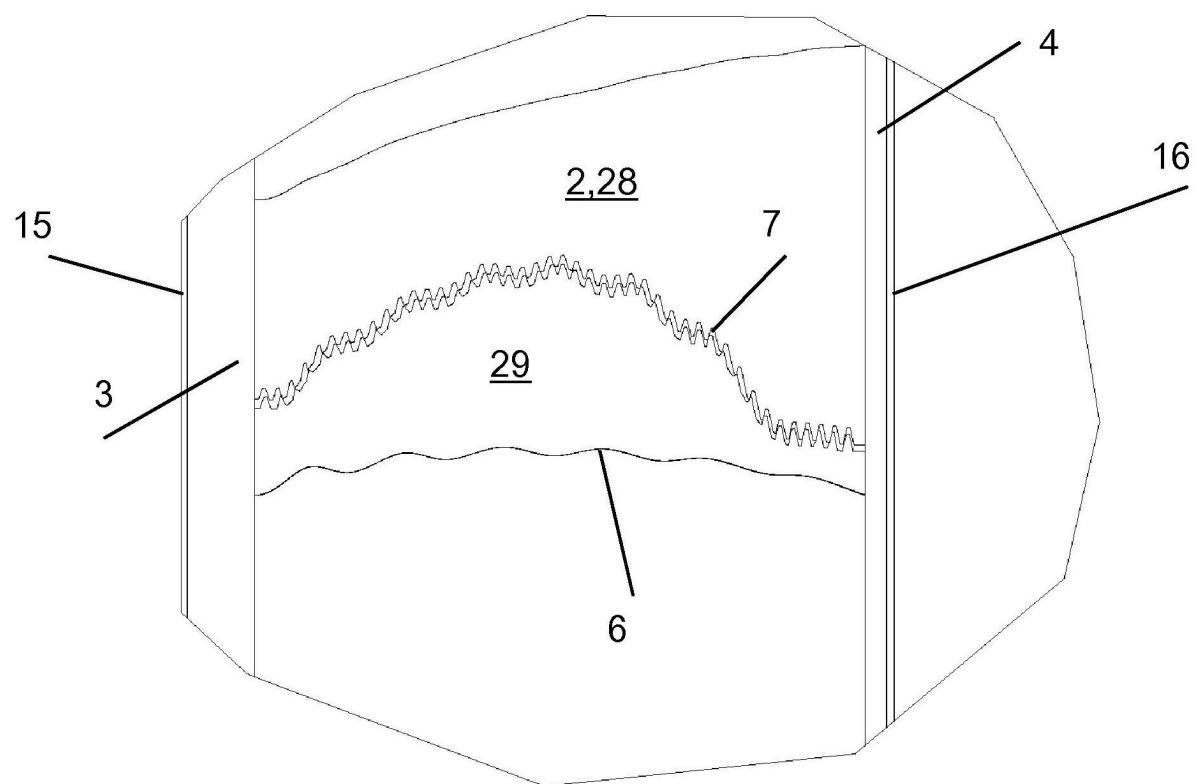


Fig. 10

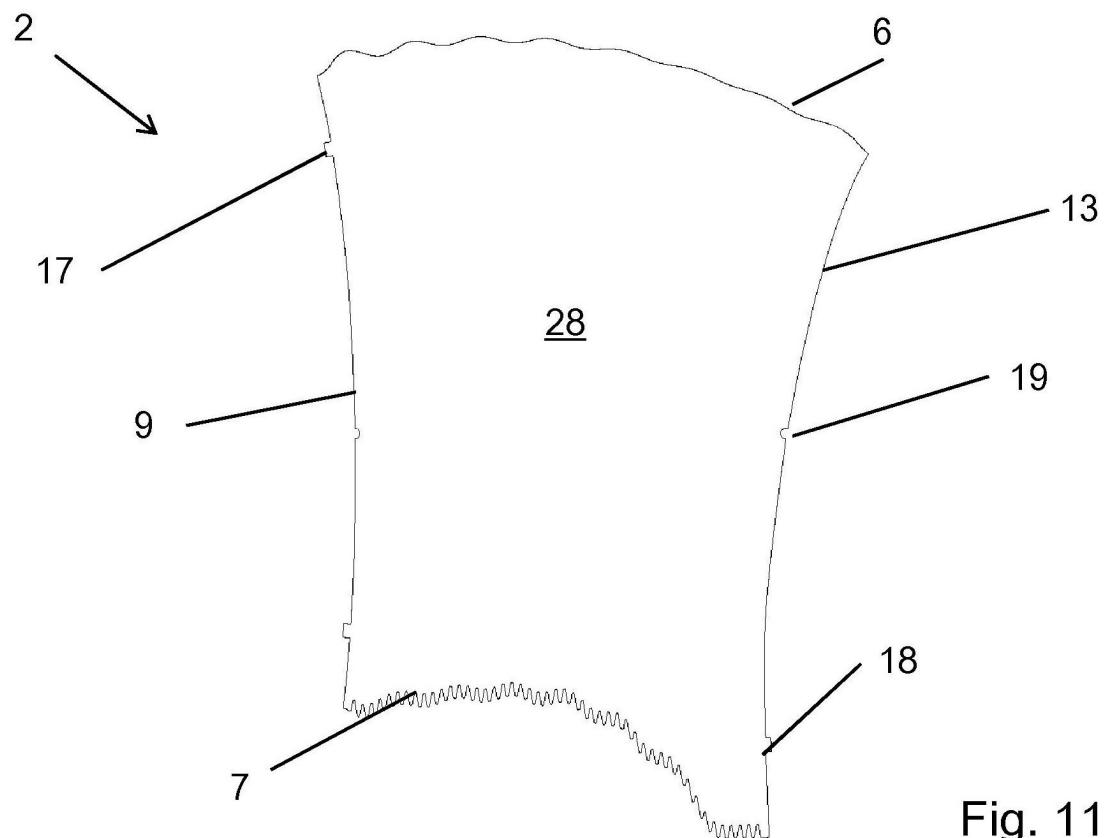


Fig. 11

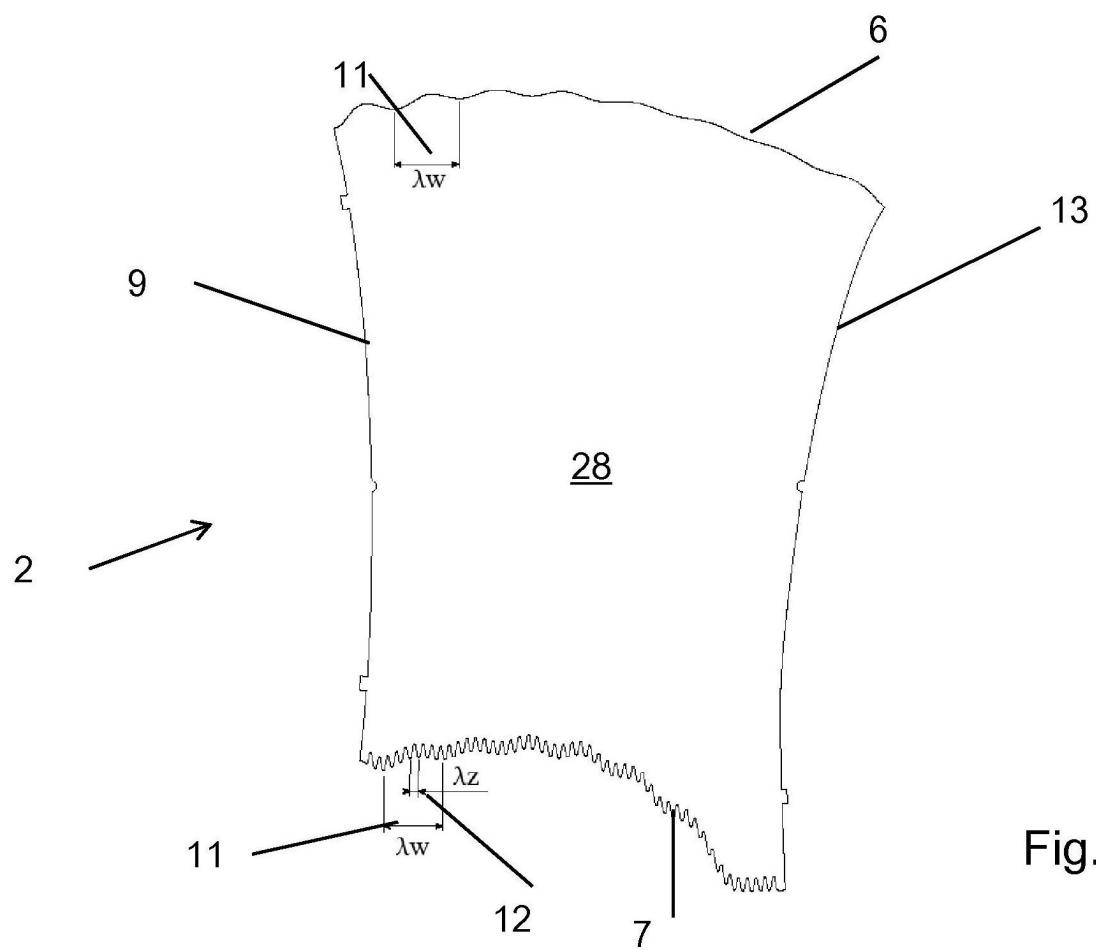


Fig. 12

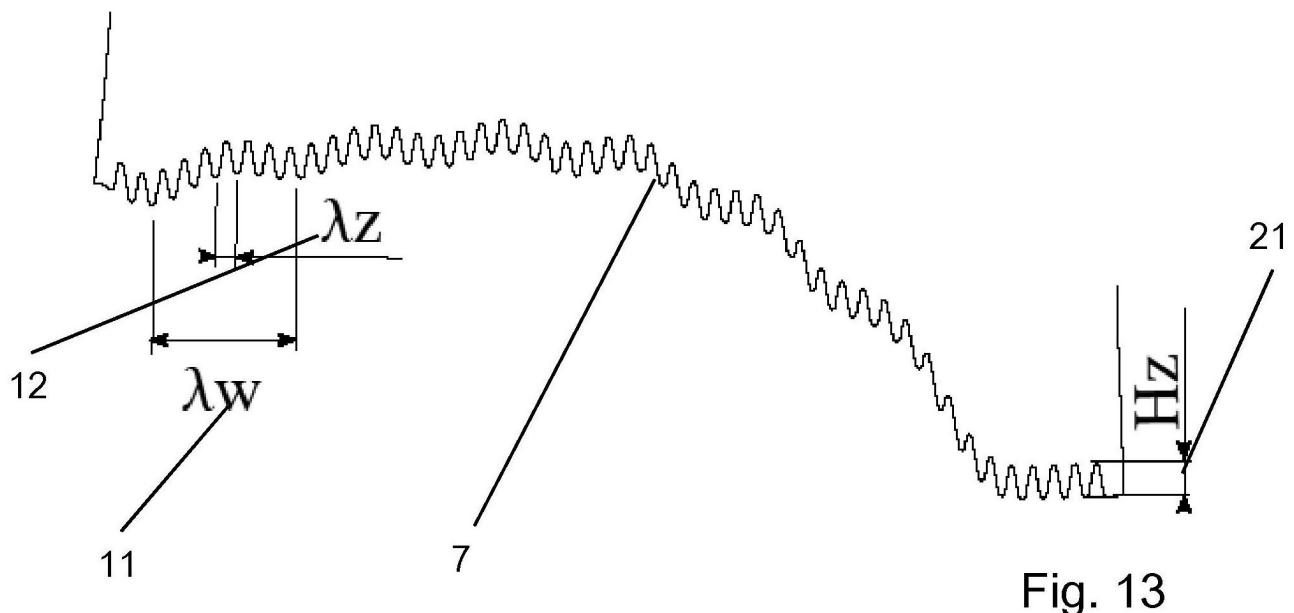


Fig. 13

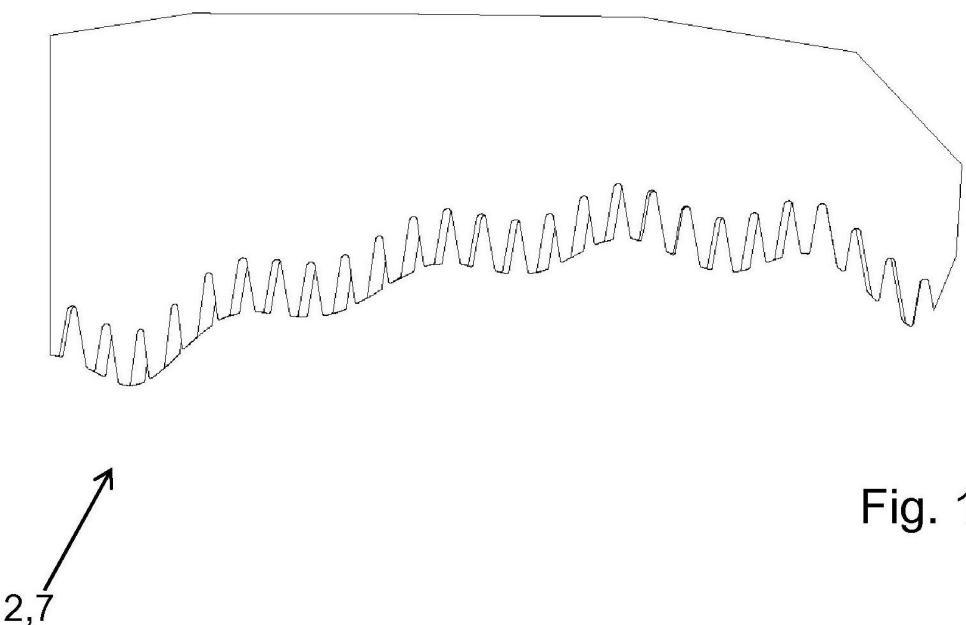


Fig. 14

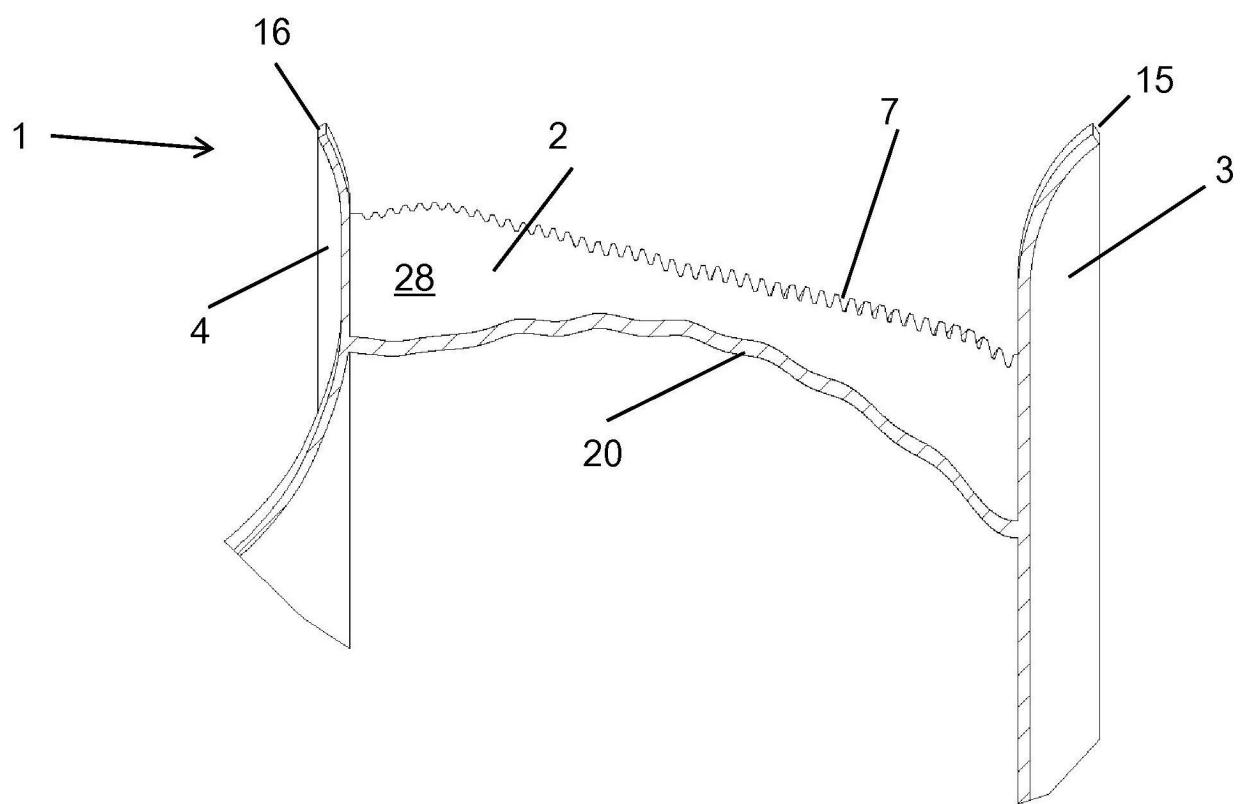


Fig. 15