

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
31. März 2016 (31.03.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/045797 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F04D 29/28 (2006.01) F04D 19/02 (2006.01)
F04D 29/62 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/001901

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. September 2015 (24.09.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 014 287.6
24. September 2014 (24.09.2014) DE

(71) Anmelder: ZIEHL-ABEGG SE [DE/DE]; Heinz-Ziehl-
Strasse, 74653 Künzelsau (DE).

(72) Erfinder: LÖRCHER, Frieder; Arnsdorf 17, 74542
Braunsbach (DE). GROSS, Andreas; Schulstrasse 38,
74632 Neuenstein (DE). HOFMANN, Georg; Brennerring
19, 97941 Taubertshausen (DE). ERNEMANN,
Lothar; Nussackerstr. 46, 74081 Heilbronn (DE).

(74) Anwalt: JACKISCH-KOHL UND KOHL; Stuttgarter
Str. 115, 70469 Stuttgart (DE).

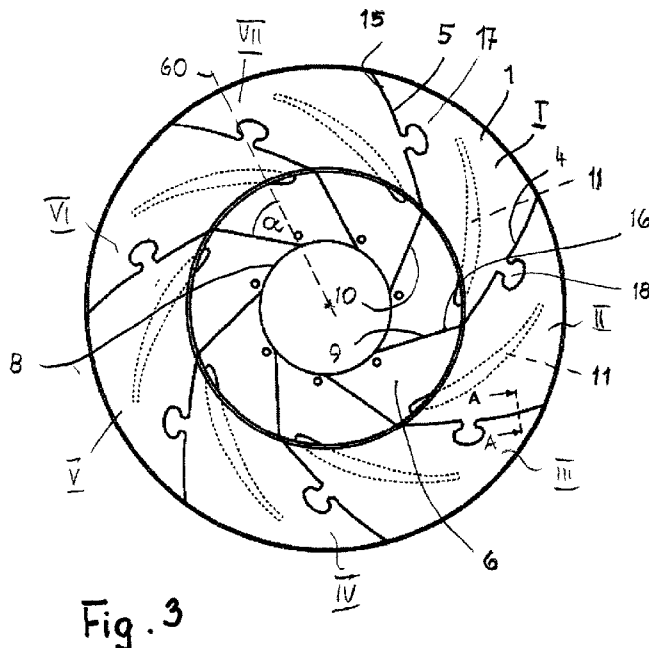
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SEGMENTED FAN WHEEL

(54) Bezeichnung : SEGMENTIERTES LÜFTERRAD



(57) Abstract: The invention relates to a fan wheel having
blades (11) which are distributed over the circumference and
are connected to one another in the circumferential direction
via at least one ring. The fan wheel consists of at least three
integrally formed segments (I to VII). Said segments
comprise at least one respective ring portion (1) of at least
one ring as well as either a blade (11) or at least a portion of
the blades. The segments (I to VII) are joined together to
form the fan wheel. The ring portions (1) lie against each
other with edges (4, 5) which form the joining areas (15, 16)
that are disposed transversely with respect to the
circumferential direction of the fan wheel. At least one edge
(4) of the ring portion (1) of each segment (I to VII) is
provided with at least one projecting form-fitting part (18),
and at least one edge (4, 5) of the ring portion (1) of each
segment (I to VII) is provided with at least one recess (17)
which is at least approximately complementary to the form-
fitting part (18).

(57) Zusammenfassung: Das Lüfterrad hat über den Umfang
verteilt angeordnete Flügel (11), die in Umfangsrichtung
über mindestens einen Ring miteinander verbunden sind. Das
Lüfterrad besteht aus wenigstens drei einstückig
ausgebildeten Segmenten (I bis VII). Sie weisen jeweils
mindestens einen Ringabschnitt (1) mindestens eines

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Ringes sowie entweder einen Flügel (11) oder wenigstens einen Abschnitt von Flügeln auf. Die Segmente (I bis VII) sind zum Lüfterrad zusammengefügt. Die Ringabschnitte (1) liegen mit quer zur Umfangsrichtung des Lüfterrades liegenden, Fügebereiche (15, 16) bildenden Rändern (4, 5) aneinander an. Mindestens ein Rand (4) des Ringabschnittes (1) jedes Segmentes (I bis VII) ist mit wenigstens einem vorstehenden Formschlussteil (18) und mindestens ein Rand (4, 5) des Ringabschnittes (1) jedes Segmentes (I bis VII) mit wenigstens einer zum Formschlussteil (18) zumindest annähernd komplementären Vertiefung (17) versehen.

LÜFTERRAD

Die Erfindung betrifft ein Lüfterrad nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Unter Lüfterrädern können allgemein Radiallüfterräder, Diagonallüfterräder, Axiallüfterräder, aber auch Vorleit- oder Nachleiträder (Statoren) von Lüftern verstanden werden.

Lüfterräder werden aus unterschiedlichen Materialien hergestellt. Beispielsweise lassen sie sich aus faserverstärkten Kunststoffen in einem Stückfertigen. Bis zu einem gewissen Außendurchmesser hat sich eine solche Lüfterradfertigung bewährt. Für größere Baugrößen steigt allerdings die benötigte Investition in Spritzgusswerkzeuge sowie auch der Teilepreis aufgrund von hohen Maschinensätzen für große Spritzgussmaschinen so stark an, dass eine Umsetzung nicht mehr rentabel ist. Außerdem sind die Zylinder der Spritzgussmaschinen in der Regel nicht in der Lage, mehr als 15 Kilogramm geschmolzenen faserverstärkten Kunststoff auf ausreichend hohe Temperaturen aufzuheizen.

Aus diesem Grunde ist es auch bekannt, solche Lüfterräder aus mehreren Teilen zu fertigen. So ist es bekannt (DE 41 39 293 A), kasten- oder u-förmige Segmente stoff- und formschlüssig aneinander zu setzen und auf der Ober- und der Unterseite dieser zusammengefügt Elemente einen Nabenring sowie einen Deckring durch Kleben oder Schweißen aufzubringen. Die Herstellung solche Flügelräder ist aufgrund der großen Zahl von Einzelteilen aufwändig, zeitraubend und entsprechend kostspielig, weil zunächst die Segmente aneinandergesetzt und in weiteren Schritten der Deck- sowie der Nabenring angebracht werden müssen.

Es sind auch Lüfterräder bekannt, bei denen die Flügel lösbar mit einer Nabe verbunden sind, mit der das Lüfterrad auf einer Antriebswelle sitzt (DE 10 2009 008 508 A1).

Es sind weiter Lüfterräder bekannt (WO 20012/131617A1), bei denen die Flügel in Form von hohlen Segmenten ausgebildet sind. Sie werden aneinander gesetzt und anschließend mittels einer Scheibe und einer Kappe zusammen gehalten, die auf der Ober- und auf der Unterseite der zusammengesetzten Flügelsegmente befestigt werden. Solche Lüfterräder lassen sich nur aufwändig fertigen und montieren. So müssen zunächst die Flügelsegmente zusammengefügt und positioniert werden. Erst anschließend werden die Scheibe sowie die Kappe auf die beiden Seiten der zusammengesetzten Flügelsegmente aufgesetzt und an ihnen befestigt.

Es sind weiter Lüfterräder bekannt (US 2003/0235502A), die aus blockförmigen Segmenten zusammengesetzt sind. Die blockförmigen Innen- und Außenteile, die zylindrische Außen- und Innenringe bilden, liegen mit ihren axial verlaufenden Flächen aneinander. Solche Lüfterräder haben ein hohes Gewicht und sind nur für besondere Anwendungsfälle geeignet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Lüfterrad so auszubilden, dass es kostengünstig und einfach hergestellt werden kann. Dabei soll das Lüfterrad nur geringes Gewicht haben und hohen Belastungen, insbesondere hohen Drehzahlen, standhalten können.

Diese Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Lüfterrad erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Beim erfindungsgemäßen Lüfterrad werden die Fügebereiche durch den vorstehenden Formschlussteil und die zugehörige Vertiefung flächenmäßig vergrößert, wodurch das aus den Segmenten zusammengesetzte Lüfterrad eine hohe Stabilität und Festigkeit erhält. Eine Fügeflächen vergrößernde Gestaltung unterscheidet sich von einer herkömmlichen Gestaltung dadurch, dass der Querschnitt durch die Fügebereiche nicht in etwa die Gestalt einer die beiden Wände des Rings

auf kurzem Wege verbindenden, zu den Wänden in etwa senkrechten, geraden Verbindungsstrecke hat. Werden die Segmente mittels Klebemittel miteinander verbunden, dann wird durch die Fügefläche vergrößernde Gestaltung die Klebefläche vergrößert, was zur Erhöhung der Festigkeit des Lüfterrades führt. Dies gilt genauso, wenn benachbarte Segmente an den Fugebereichen flächig miteinander verschweißt werden. Zusätzlich wird durch diese die Fügeflächen vergrößernde Gestaltung eine zusätzliche Formschlussverbindung zwischen benachbarten Segmenten gebildet, wodurch Verschiebungen der Segmente zueinander quer zur Umfangsrichtung verhindert werden. Außerdem kann durch eine solche Gestaltung das Zusammenfügen der Segmente im Fertigungsprozess erleichtert werden, da die Führungselemente eine zusätzliche Führung benachbarter Segment relativ zueinander bilden. Die Formschlusssteile und die Vertiefungen bilden eine Feder-Nut-Verbindung, die zu einer sicheren Verbindung der Segmente führt. Benachbarte Segmente werden beim Fertigungsprozess axial bzw. radial oder einer Mischform aus axial und radial zusammengefügt, damit der vorstehende Formschlusssteil in die Vertiefung des jeweils anschließenden Ringabschnittschnittes des benachbarten Segments gelangt. Mit der erfindungsgemäßen Ausbildung wird die Fügefläche erheblich vergrößert, ohne dass die Wandstärke der Ringabschnitte vergrößert wird. Infolge der erfindungsgemäßen Ausbildung kann der Fertigungsprozess der erfindungsgemäßen Lüfterräder sehr wirtschaftlich, schnell und präzise gestaltet werden.

Beim erfindungsgemäßen Lüfterrad werden einstückig ausgebildete Segmente verwendet, die Ringabschnitte sowie Lüfterflügel oder Lüfterflügelabschnitte aufweisen. Die Ringabschnitte verlaufen im Wesentlichen quer zu den Lüfterflügeln oder Lüfterflügelabschnitten und erstrecken sich mit einer Richtungskomponente in Umfangsrichtung des Lüfterrades. Die quer zur Umfangsrichtung des Lüfterrades liegenden Ränder der Ringabschnitte bilden beim zusammengefügten Lüfterrad die Fugebereiche. Die aneinander liegenden Segmente werden an den Fugebereichen derart miteinander verbunden, dass trotz der geringen

Wandstärke der Ringabschnitte eine ausreichend feste Verbindung zwischen den Segmenten möglich ist. Im zusammengefügt Zustand bilden die Ringabschnitte der Segmente insgesamt einen oder mehrere Ringe. Ringe können insbesondere Nabenringe oder Deckringe sein, welche die Flügel an deren seitlichen Enden mit-einander in Umfangsrichtung verbinden, oder Zwischenringe, welche mit den Flügeln in deren Zwischenbereichen zwischen deren seitlichen Enden verbunden sind. Der Nabenring dient vorteilhafterweise dazu, das Lüfterrad mit einem Antriebsmotor zu verbinden. Bei Statoren dient vorteilhafterweise der Deckring dazu, den Stator an einer anderen Vorrichtung zu befestigen.

Vorteilhaft verjüngt sich der Formschlussteil in Richtung auf sein freies Ende. Dadurch wird das Zusammenfügen benachbarter Segmente erheblich vereinfacht.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist die Vertiefung im Bereich zwischen der Oberseite und der Unterseite des Ringabschnittes angeordnet. Vorteilhaft können die Vertiefung und dementsprechend auch der Formschlussteil etwa in halber Dicke des Ringabschnittes vorgesehen sein.

Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform ist die Vertiefung zur Ober- oder zur Unterseite des Ringabschnittes offen. Eine solche Ausbildung ermöglicht einen einfachen und problemlosen Fügeprozess bei der Herstellung des Lüfterrades. Da die Vertiefung nach einer Seite des Randabschnittes offen ist, können benachbarte Segmente sehr einfach in Achsrichtung des Lüfterrades bei der Fertigung aneinander gesetzt werden.

In einem solchen Fall ist der den Formschlussteil sowie die Vertiefung aufweisende Rand der Ringabschnitte vorteilhaft gestuft ausgebildet. Solche Elemente lassen sich fertigungstechnisch sehr einfach herstellen.

Von Vorteil ist es, wenn die Vertiefung eine Tiefe hat, die das etwa 0,7 bis 2,5fache der Wandstärke des Ringabschnittes beträgt.

Der Formschlusssteil liegt bei einer bevorzugten Ausführungsform mit wenigstens einer seiner Seitenflächen an der Seitenwand der Vertiefung an. Vorteilhaft ist es, wenn der Formschlusssteil mit beiden Seitenflächen an den Seitenwänden der Vertiefung anliegt. Dann sind benachbarte Segmente sicher fest miteinander verbunden.

Grundsätzlich ist es aber auch möglich, dass zwischen den Seitenflächen und/oder der Stirnseite des Formschlusssteiles und den Seitenwänden und/oder dem Boden der Vertiefung ein Freiraum besteht.

Der Abstand des Formschlusssteiles von den Seitenwänden und/oder vom Boden der Vertiefung führt zum Freiraum, in den beispielsweise ein zähflüssiges Klebemittel eingebracht werden kann. Dieses Klebemittel kann vor dem Zusammenfügen der Segmente in Vertiefung eingebracht werden.

Vorteilhaft erfolgt der Übergang zumindest der einen Seitenfläche des Formschlusssteiles in den Rand des Ringabschnittes gekrümmt, vorzugsweise mit einem Radius, der etwa dem 0,05 bis 0,3fachen der Wandstärke des Ringabschnittes beträgt. Der Übergang erfolgt in vorteilhafterweise bionisch, d.h. ohne konstanten Radius. Die bionische Gestaltung hat den Vorteil, dass der Übergang im Hinblick auf den Kraftfluss vom Formschlusssteil in den Ringabschnitt des jeweiligen Segmentes so gestaltet sein kann, dass eine Rissbildung zuverlässig vermieden wird. Auf diese Weise kann der Übergang optimal an die beim Einsatz des Lüfterrades auftretenden Belastungen angepasst werden.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Bereiche des Ringabschnittes zwischen den Seitenwänden der Vertiefung und der Ober- sowie Unterseite des Ringabschnittes etwa gleich dick.

Der Ringabschnitt kann aber auch so gestaltet sein, dass diese Bereiche zwischen den Seitenwänden der Vertiefung sowie der Ober- und der Unterseite des Ringabschnittes unterschiedlich dick sind. In diesem Falle kann der Bereich, der im Einsatz des Lüfterrades nicht oder nur wenig zur Kraftübertragung beiträgt, dünner ausgebildet sein als der gegenüberliegende Bereich.

Um eine sichere Verbindung benachbarter Segmente ohne Beeinträchtigung der Festigkeit des aus den Segmenten zusammengesetzten Lüfterrades zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn die eine Seitenfläche des Formschlussteiles größer ist als die gegenüberliegende andere Seitenfläche.

Um den die Kraft beim Zusammenfügen der Segmente zum Lüfterrad übertragenden Bereich weiter zu vergrößern, ist vorteilhaft die Wandstärke des Ringabschnittes im Bereich der Vertiefung größer als die Wandstärke im Bereich außerhalb der Vertiefung.

Die Segmente sind zumindest annähernd gleich ausgebildet. Bevorzugt haben alle Segmente die gleiche Form, so dass zu ihrer Herstellung nur ein einziges Spritzgusswerkzeug erforderlich ist, was die Herstellungskosten gering hält.

Die Deck-, Naben- und Zwischenringabschnitte benachbarter Segmente sind bevorzugt so ausgebildet, dass ihre quer zur Umfangsrichtung liegenden Ränder im Wesentlichen deckungsgleich aneinander liegen und jeweils paarweise Fügebereiche bilden, mit denen benachbarte Segmente flächig aneinander liegen. Dadurch ist eine einfache und dennoch sichere Verbindung der aneinander liegenden Segmente gewährleistet.

Diese Fügebereiche können in einer von der Lüfterradachse und einer Radialen aufgespannten Ebene liegen. Je nach Einsatzfall und Anforderungsprofil können die Fügebereiche benachbarter Segmente auch

so ausgebildet sein, dass sie mit der jeweiligen von der Lüfterradachse und der Radialen aufgespannten Ebene einen Winkel einschließen. Dabei kann der Winkel zwischen 0° und etwa 80° liegen.

Benachbarte Segmente können mittels Kleben und/oder Schweißen an den Fügebereichen miteinander verbunden sein.

Eine besonders vorteilhafte Ausführung des Lüfterrades besteht darin, dass die zuström- und abströmseitigen Enden der Flügel Abstand von den Fügebereichen des Lüfterrades haben. In diesem Falle dienen als Verbindungsflächen ausschließlich die quer zur Umfangsrichtung des Lüfterrades verlaufenden Ränder der Ringabschnitte.

Es ist aber auch möglich, dass zusätzliche Fügebereiche zwischen benachbarten Segmenten durch die Flügel verlaufen. In diesem Falle werden die vollständigen Flügel erst durch das Zusammenfügen der Segmente gebildet. In diesem Falle bilden auch die Stoßfugen der Flügelabschnitte Fügebereiche, die zusätzlich zu den Rändern der Ringabschnitte vorgesehen sind. Auf diese Weise kann die feste Verbindung zwischen den Segmenten verbessert werden.

Die Segmente sind vorteilhaft Spritzgussteile, die einfach und kostengünstig hergestellt werden können.

Als Material für die Segmente werden vorteilhaft Thermoplaste eingesetzt.

Zur Erhöhung der Festigkeit der Segmente und damit des Lüfterrades enthalten die Thermoplaste vorteilhaft Verstärkungsteile, vorzugsweise Verstärkungsfasern.

Die Verstärkungsfasern haben vorteilhaft Längen von etwa 10μ bis über 15 mm, vorzugsweise Längen von etwa 200μ bis etwa 10mm. Solche Verstärkungsfasern lassen sich einfach in den Kunststoff einarbeiten und gewährleisten eine hohe Festigkeit.

Als Klebemittel zur Verbindung der Segmente untereinander kommen beispielsweise 1- oder 2K Klebstoffe oder Lösungsmittelsysteme in Betracht.

Eine weitere vorteilhafte Verbindungsmöglichkeit besteht darin, die Segmente mittels Laserschweißen, Induktionsschweißen oder Heißgasschweißen miteinander zu verbinden.

Insbesondere bei großen Durchmessern des Lüfterrades besteht eine vorteilhafte Ausbildung darin, das Lüfterrad an wenigstens einem Ring mit wenigstens einem Verstärkungsband zu umwickeln. Es hält die Segmente zusätzlich fest zusammen, so dass das Lüfterrad auch bei höherer Drehzahl oder sonstigen hohen Belastungen eingesetzt werden kann.

Das Verstärkungsband kann aus Thermoplast oder Duroplast bestehen und vorteilhaft Verstärkungsteile, vorzugsweise Verstärkungsfasern, enthalten.

Als Verstärkungsfasern kommen vorteilhaft Glas, Kohlenstoff, Aramid, Thermoplast oder Naturfasern in Betracht.

Das Verstärkungsband lässt sich einfach am Umfang eines oder mehrerer Ringe des Lüfterrades befestigen, insbesondere durch Schweißen oder Kleben.

Eine weitere vorteilhafte Ausbildung besteht darin, das Verstärkungsband am Umfang eines oder mehrerer Ringe des Lüfterrades durch Bewickeln mit einem aushärtenden Duroplast zu befestigen.

Eine besonders optimale Ausbildung ergibt sich, wenn das Verstärkungsband unter Vorspannung auf das Lüfterrad gewickelt wird. Das so erhaltene Lüfterrad zeichnet sich durch eine hohe Festigkeit aus. Ein

solches Lüfterrad kann bei hohen Grenzdrehzahlen eingesetzt werden.

Bei einer vorteilhaften Ausbildung liegt die Vorspannung des Verstärkungsbandes im Bereich zwischen etwa 10N und etwa 10kN, vorzugsweise zwischen etwa 10 bis 100 N pro mm² Bandquerschnittsfläche.

Eine zuverlässige Befestigung des Verstärkungsbandes auf dem Lüfterrad ist gewährleistet, wenn das Lüfterrad zur Aufnahme des Verstärkungsbandes an den mit Verstärkungsband zu versehenen Ringen mit einer umlaufenden Nut versehen ist. In ihr lässt sich das Verstärkungsband so unter-bringen, dass es nicht vom Lüfterrad abrutschen kann.

Die Verwendung eines Verstärkungsbandes kann auch vorteilhaft dann eingesetzt werden, wenn das Lüfterrad einstückig, d.h. nicht aus Segmenten gefertigt, ausgebildet ist.

Das erfindungsgemäße Lüfterrad kann ein Radial-, ein Axial- oder ein Diagonallüfterrad sowie ein Vorleitrad oder Nachleitrad (Stator) sein.

Der Anmeldungsgegenstand ergibt sich nicht nur aus dem Gegenstand der einzelnen Patentansprüche, sondern auch durch alle in den Zeichnungen und der Beschreibung offenbarten Angaben und Merkmale. Sie werden, auch wenn sie nicht Gegenstand der Ansprüche sind, als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Die Erfindung wird anhand einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 in axialer Draufsicht ein erfindungsgemäßes Lüfterrad, das

aus mehreren Segmenten gebildet ist.

- Fig. 2 in vergrößerter Darstellung ein Segment zur Herstellung des Lüfterrades gemäß Fig. 1.
- Fig. 3 eine axiale Draufsicht auf eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades, das aus mehreren Segmenten zusammengesetzt ist.
- Fig. 4 eine Unteransicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades, das aus mehreren Segmenten zusammengesetzt ist.
- Fig. 5 in vergrößerter Darstellung ein Segment zur Herstellung des Lüfterrades gemäß Fig. 4.
- Fig. 6
und
Fig. 7 jeweils weitere Ausführungsformen von Segmenten zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Lüfterrades.
- Fig. 8
bis
Fig. 11 jeweils in vergrößerter Darstellung unterschiedliche Ausführungen von Querschnitten durch Fügebereiche erfindungsgemäßer Lüfterräder, die in einer die Fügeflächen vergrößernden Art und Weise gestaltet sind.
- Fig. 12 in perspektivischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines Segmentes zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Lüfterrades.
- Fig. 13 im Axialschnitt eine Hälfte einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades.

- Fig. 14 in vergrößerter Darstellung eine erfindungsgemäße Ausbildung von Querschnitten durch Fügebereiche zwischen benachbarten Segmenten.
- Fig. 15 in schematischer Darstellung das Zusammenfügen der Segmente zu einem erfindungsgemäßen Lüfterrad.
- Fig. 16 in perspektivischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades, das aus 7 Segmenten gemäß Fig. 17 zusammengefügt ist und ein Axiallüfterrad mit umlaufendem Deckring sowie einem Zwischenring ist.
- Fig. 17 in perspektivischer Darstellung ein Segment eines Lüfterrades gemäß Fig. 16.
- Fig. 18 in perspektivischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades, das aus 7 Segmenten gemäß Fig. 19 zusammengefügt ist und ein Axiallüfterrad ohne umlaufendem Deckring ist.
- Fig. 19 in perspektivischer Darstellung ein Segment eines Lüfterrades gemäß Fig. 18.
- Fig. 20 in perspektivischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades, das aus 11 Segmenten gemäß Fig. 21 zusammengefügt ist und ein Nachleitrad ist.
- Fig. 21 in perspektivischer Darstellung ein Segment eines Lüfterrades gemäß Fig. 20.
- Fig. 22 in seitlicher Draufsicht auf einen Ausschnitt am Rand eines Segmentes einer Ausgestaltungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades Details zur Gestaltung des Segmentrandes.

Fig. 23 in perspektivischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades, das aus 7 Segmenten gemäß Fig. 24 zusammengefügt ist und ein Axiallüfterrad mit umlaufendem Deckring sowie einem Zwischenring ist, und bei dem sich Flügel zwischen Nabenring und Zwischenring und Flügel zwischen Deckring und Zwischenring in Form und Anzahl unterscheiden.

Fig. 24 in perspektivischer Darstellung ein Segment des Lüfterrades gemäß Fig. 23.

Fig. 25 in vergrößerter Darstellung eine Ausführung eines Querschnitts durch einen Fügebereich erfindungsgemäßer Lüfterräder, welcher keine die Fügeflächen vergrößernde Gestaltung aufweist,

Fig. 26 in vergrößerter Darstellung und im Querschnitt eine weitere Ausführungsform des Fügebereiches des Lüfterrades, der in einer die Fügeflächen vergrößernden Art und Weise gestaltet ist,

Fig. 27a in vergrößerter Darstellung eine Ausführung eines Querschnitts durch einen Fügebereich erfindungsgemäßer Lüfterräder, welcher eine die Fügeflächen vergrößernde Gestaltung in Form einer asymmetrischen Nut- und Federverbindung aufweist,

Fig. 27b in vergrößerter Darstellung eine Ausführung eines Querschnitts durch einen Fügebereich erfindungsgemäßer Lüfterräder, welcher eine die Fügeflächen vergrößernde Gestaltung in Form einer asymmetrischen Nut- und Federverbindung mit lokaler Aufdickung der Wandstärke aufweist.

Im Folgenden werden Lüfterräder beschrieben, die aus Kunststoff be-

stehen und insbesondere große Baugrößen haben und für hohe Drehzahlen geeignet sind. Unter Lüfterrädern werden hier sowohl stehende als auch rotierende Elemente von Lüftern mit Leitfunktion für ein Strömungsmedium verstanden, die im Wesentlichen aus 2 bis 40 Flügeln bestehen, welche durch einen, zwei oder mehrere Ringe in Umfangsrichtung miteinander verbunden sind. Lüfterräder können beispielsweise Radiallüfterräder, Diagonallüfterräder, Axiallüfterräder, ebenso wie Vor- oder Nachleiträder (Statoren) sein. Die Lüfterräder werden aus untereinander gleichen oder zumindest ähnlichen Segmenten zusammengefügt. Dadurch sind teure Spritzgusswerkzeuge nicht erforderlich. Die Herstellung der Lüfterräder ist kostengünstig. Trotz der Zusammensetzung der Lüfterräder aus einzelnen Segmenten haben sie eine Formstabilität auch bei hohen Drehzahlen. Die Segmente können, wie anhand nachfolgender Ausführungsbeispiele noch dargelegt werden wird, so fest miteinander verbunden werden, dass das zusammengesetzte Lüfterrad hohen Belastungen, beispielsweise Drehzahlbelastungen, standhält.

Die Zahl der Segmente, aus denen ein erfindungsgemäßes Lüfterrad besteht, entspricht vorzugsweise der Zahl der Lüfterradflügel. Insbesondere bei Lüfterrädern mit einer hohen Anzahl an Flügeln können in einem Segment auch zwei oder mehrere Flügel enthalten sein, wodurch die Zahl der Segmente reduziert wird. Für alle Segmente des Lüfterrades ist nur ein Spritzgusswerkzeug erforderlich, insbesondere wenn die Segmente untereinander gleich ausgebildet sind. Sind die Segmente untereinander ähnlich, dann reicht in der Regel auch nur ein einziges Spritzgusswerkzeug aus. Die unterschiedlichen Ausgestaltungsmerkmale der ähnlichen Segmente untereinander können dann entweder durch austauschbare Formeinsätze im Spritzgusswerkzeug oder aber durch nachträgliche Bearbeitung einiger spritzgegossener Segmente oder des zusammengefügtten Lüfterrades erreicht werden. Die Gestaltung der Segmente und insbesondere der Flügel kann sehr flexibel erfolgen, da ein Spritzgusswerkzeug für ein Segment im Vergleich zu einem Spritzgusswerkzeug für ein Komplettrad mit wesentlich weniger Einschränkungen gestaltet werden kann. So

muss beispielsweise für ein Spritzgusswerkzeug zur Herstellung eines Lüfterrades im Komplettguss oft ein komplizierter Schiebermechanismus eingesetzt werden, um die Schaufelkanäle entformen zu können, was bei einem Spritzgusswerkzeug zur Herstellung eines Segmentes in vorteilhaften Ausführungsformen nicht notwendig ist. Dadurch können auch hohle Flügel zur Gewichtsersparnis einfach gestaltet werden.

Die einzelnen Segmente werden mittels geeigneter Fügeverfahren zur Bildung des jeweiligen Lüfterrades miteinander verbunden. Als Fügeverfahren kommen unter anderem Klebeverfahren, Laserschweißverfahren, Reibschweißverfahren, Induktionsschweißverfahren, Heißgas-schweißverfahren oder Ultraschallschweißverfahren bevorzugt in Betracht. Die Fügebereiche zwischen den aneinander liegenden Segmenten können relativ frei mit Rücksicht auf die beim Einsatz des Lüfterrades zu erwartenden Betriebsspannungen gewählt werden. Die Verbindung zwischen den Segmenten kann allein durch die beschriebenen Fügeverfahren hergestellt werden. Vorteilhaft ist es aber, wenn zusätzlich eine Formschlussverbindung zwischen den benachbarten Segmenten besteht, die sowohl für zusätzliche Festigkeit als auch für Führung beim Fertigungsprozess dienen kann.

Das Lüfterrad gemäß Fig. 1 ist ein Radiallüfterrad und ist aus den Segmenten I bis VII zusammengesetzt. Fig. 2 zeigt eines dieser Segmente. Da in Fig. 2 das Segment lediglich in Draufsicht dargestellt ist, wird in Bezug auf die räumliche Gestaltung des Segmentes auf Fig. 12 verwiesen, die zwar eine andere Ausbildung des Segmentes zeigt, aus der jedoch die grundsätzliche dreidimensionale Gestaltung des Segmentes hervorgeht. Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 sind alle Segmente I bis VII gleich ausgebildet, so dass sie in demselben Spritzgusswerkzeug hergestellt werden können.

Das Segment hat einen Deckringabschnitt 1, der einen gekrümmten äußeren Rand 2 sowie einen parallel hierzu verlaufenden inneren ge-

krümmten Rand 3 aufweist. Beide Enden der Ränder 2, 3 sind durch Ränder 4, 5 miteinander verbunden. In axialer Draufsicht gesehen schließt der Rand 4 etwa rechtwinklig an den äußeren Rand 2 an. Der gegenüberliegende Rand 5 schließt, in axialer Draufsicht gesehen, spitzwinklig an den äußeren Rand 2 an. Der Rand 5 schließt außerdem stumpfwinklig und der Rand 4 spitzwinklig an den inneren Rand 3 des Deckringabschnittes 1 an. Der Deckringabschnitt ist, wie Fig. 12 zeigt, über seine radiale Breite derart gekrümmt, dass der radial innere Rand 3 einen größeren axialen Abstand als der radial äußere Rand 2 von einem Nabenringabschnitt 6 hat. Der Nabenringabschnitt 6 hat ebenfalls einen radial äußeren Rand 7 und einen radial inneren Rand 8. Beide Ränder 7, 8 sind jeweils gekrümmt ausgebildet und an ihren Enden durch Ränder 9, 10 miteinander verbunden. Der Nabenringabschnitt 6 steht radial nach innen über den Deckringabschnitt 1 über. In axialer Draufsicht gesehen liegt der äußere Rand 7 des Nabenringabschnittes 6 deckungsgleich zum äußeren Rand 2 des Deckringabschnittes 1. Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsformen von Lüfterrädern, insbesondere Diagonal- oder Axiallüfterrädern, kann der äußere Rand 7 des Nabenringabschnittes 6 in axialer Draufsicht gesehen auch versetzt und/oder winklig zum äußeren Rand 2 des Deckringabschnittes 1 liegen. Die Ränder 9, 10 liegen, in axialer Draufsicht auf das Segment gesehen, über einen Teil ihrer Länge deckungsgleich zu den Rändern 4, 5 des Deckringabschnittes 1. Diese Eigenschaft ermöglicht einen besonders einfachen Fügeprozess. Bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsformen ist eine derartige deckungsgleiche Ausgestaltung der Ränder 9, 10 nicht möglich, beispielsweise wenn der Flügel stark geschelt oder verwunden ist.

Zwischen dem Deckringabschnitt 1 und dem Nabenringabschnitt 6 erstreckt sich ein Flügel 11, der im Ausführungsbeispiel über seine Länge gekrümmt verläuft und im Querschnitt das Profil eines Tragflügels aufweist. Der Flügel 11 ist mit seinem deckringseitigen Ende 91 mit dem Deckringabschnitt 1 verbunden und mit seinem nabenringseitigen Ende 96 mit dem Nabenring 6 verbunden. Das abströmseitige Ende 12 des

Flügels 11 läuft etwa spitzwinklig aus, während das zuströmseitige Ende 13, in Draufsicht gesehen, bogenförmig gerundet ist (Fig. 2).

Der Flügel 11 erstreckt sich mit seinem abströmseitigen Ende 12 bis nahe an den Rand 5 des Deckringabschnittes 1. Mit seinem zuströmseitigen Ende 13 steht der Flügel 11, in axialer Draufsicht gesehen, über den Deckringabschnitt 1 vor und endet mit geringem Abstand vom Rand 9 des über den Deckringabschnitt 1 vorstehenden Bereiches des Nabenringabschnittes 6.

Der Flügel 11 kann abweichend vom dargestellten Ausführungsbeispiel auch eine andere Querschnittsausbildung und/oder eine andere Erstreckung haben. Der Flügel 11 kann nicht nur über seine Länge gekrümmt ausgebildet sein, sondern zusätzlich auch noch über seine Länge gewunden gestaltet sein.

Der Nabenringabschnitt 6 weist nahe seinem inneren Rand 8 wenigstens eine Durchtrittsöffnung 14 auf. Sie liegt vorteilhaft etwa in halber Breite des überstehenden Nabenringabschnittes 6 und dient zum Durchtritt von Befestigungsschrauben, mit denen das Lüfterrad in der Einbaulage an einer Nabe eines Antriebsmotors befestigt werden kann.

Der Nabenringabschnitt 6 kann eben ausgebildet sein. Ebenso ist es aber möglich, wie beispielsweise aus Fig. 12 hervorgeht, dass der Nabenringabschnitt 6 am äußeren Ende abgewinkelt oder abgebogen verläuft. Bei anderen erfindungsgemäßen Ausgestaltungsformen, insbesondere Diagonallrädern, kann der Nabenringabschnitt 6 auch über seine gesamte oder einen Teil seiner Erstreckung konisch oder gekrümmt verlaufen.

Im zu einem Laufrad zusammengefügt Zustand (Figur 1) liegen von jeweils benachbarten Segmenten die Ränder 4 und 5 der jeweiligen Deckringabschnitte sowie die Ränder 9 und 10 der jeweiligen Nabenringabschnitte zusammen. Bezüglich des gesamten Laufrads bilden

Paare zusammen-liegender Ränder 4 und 5 Fügebereiche 15 (an der Deckseite) sowie Paare zusammenliegender Ränder 9 und 10 Fügebereiche 16 (an der Nabenseite). Um ein lückenloses Zusammenliegen der Ränder 4 und 5 sowie 9 und 10 zu Fügebereichen 15 beziehungsweise 16 zu gewährleisten, müssen die Krümmungsverläufe der Ränder 4 und 5 sowie der Ränder 9 und 10 der jeweils benachbarten Segmente im Wesentlichen identisch sein. Die Fügebereiche 15 und 16 erstrecken sich quer zur Umfangsrichtung. Im gezeigten Ausführungsbeispiel eines Radiallüfterrades erstrecken sich die Fügebereiche 15 und 16 außerdem quer zur Achse des Lüfterrades. Da der Flügel 11 mit Abstand von diesen Fügebereichen 15, 16 endet, entstehen am Flügel 11 infolge der Fertigung aus Segmenten keine zusätzlichen Grate, Kanten und dergleichen. Die Deckringabschnitte 1 der Segmente I bis VII bilden beim zusammengefügtten Lüfterrad den gesamten Deckring 1*, entsprechend bilden die Nabenringabschnitte 6 der Segmente I bis VII zusammen den Nabenring 6*.

Das Lüfterrad, welches in Fig. 16 perspektivisch dargestellt ist, ist ein Axiallüfterrad mit Deckring 1*, Nabenring 6* sowie einem Zwischenring 71* und ist ebenfalls aus den Segmenten I bis VII zusammengesetzt. Die Bauweise aus Segmenten ist in den wesentlichen, die Erfindung hauptsächlich kennzeichnenden Punkten gleich wie die des Radiallüfterrades gemäß Fig. 1.

Fig. 17 zeigt eines der Segmente des in Fig. 16 dargestellten Axiallüfterrades, bei dem alle Segmente I bis VII gleich ausgebildet sind, so dass sie in demselben Spritzgusswerkzeug hergestellt werden können.

Das in Fig. 17 dargestellte Segment I hat einen Deckringabschnitt 1, der einen gekrümmten, stromab bezüglich der Hauptströmungsrichtung des Axialventilators liegenden Rand 2 sowie einen parallel hierzu verlaufenden, axial stromauf versetzten Rand 3 aufweist. Beide Enden der Ränder 2, 3 sind durch Ränder 4, 5 miteinander verbunden. Der Na-

benringabschnitt 6 hat ebenfalls einen stromab liegenden Rand 7 und einen stromaufwärts liegenden Rand 8. Beide Ränder 7, 8 sind jeweils gekrümmt ausgebildet und an ihren Enden durch Ränder 9, 10 miteinander verbunden. Der Nabenringabschnitt 6 liegt radial vollständig innerhalb des Deckringabschnitts 1. Die axiale Erstreckung von Nabenring 6* und Deckring 1* ist in der gezeigten Ausführungsform identisch, kann aber, je nach Flügelgeometrie, bei anderen Ausführungsformen von Axiallüfterrädern, auch unterschiedlich sein.

In Radialrichtung gesehen zwischen Deckring 1* und Nabenring 6* ist im Ausführungsbeispiel nach Figur 16 noch ein Zwischenring 71* vorhanden. Ein solcher Zwischenring verhilft zu noch höherer Festigkeit des zusammengefügtten Lüfterrades. Bei einer vorteilhaften Gestaltung können mit einem Zwischenring auch Vorteile bei der Luftleistung, dem Wirkungsgrad und der Akustik des Lüfters erzielt werden. Ein oder mehrere Zwischenringe 71* können bei allen Arten von Lüfterrädern, wie Radiallüftern, Diagonallüftern oder Vorleit- oder Nachleiträdern vorhanden sein. Durch die Fertigungsweise aus Segmenten ist die Realisierung von Zwischenringen mit weniger Aufwand hinsichtlich Werkzeugkonstruktion möglich als bei einer Fertigung im Komplettguss.

Das in Figur 17 dargestellte Segment I hat dementsprechend einen Zwischenringabschnitt 71, der einen gekrümmten, stromab bezüglich der Hauptströmungsrichtung des Axialventilators liegenden Rand 72 sowie einen parallel hierzu verlaufenden, axial stromauf versetzten Rand 73 aufweist. Beide Enden der Ränder 72, 73 sind durch Ränder 74, 75 miteinander verbunden.

Die Ränder 74, 75 der Zwischenringabschnitte 71 der jeweiligen Segmente bilden beim zusammengefügtten Lüfterrad Fügebereiche 85 (Fig. 16), die sich quer zur Umfangsrichtung des Lüfterrades erstrecken und mit denen benachbarte Segmente I bis VII aneinander liegen. Da der Flügel 11 mit Abstand von diesen Fügebereichen 85 endet, entstehen am Flügel 11 infolge des Zwischenrings 71* keine zu-

sätzlichen Grate, Kanten und dergleichen. Die Zwischenringabschnitte 71 der Segmente I bis VII bilden beim zusammengefügtten Lüfterrad den gesamten Zwischenring 71*.

Zwischen dem Deckringabschnitt 1 und dem Nabenringabschnitt 6 erstreckt sich ein Flügel 11, der im Ausführungsbeispiel der Figur 16 mit Segmenten gemäß Figur 17 über seine Länge gekrümmt und verwunden verläuft und im Querschnitt das Profil eines Tragflügels aufweist. Das abströmseitig gelegene Ende 12 des Flügels 11 läuft wie bei der vorigen Ausführungsform etwa spitzwinklig aus, während das zuströmseitig gelegene Ende 13, im Querschnitt durch den Flügel 11 gesehen, bogenförmig gerundet ist, wie es beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 dargestellt ist.

Der Flügel 11 der Ausführungsform mit Segmenten gemäß Fig. 17 erstreckt sich mit seinem stromab gelegenen Ende 12 bis nahe an den Rand 2 des Deckringabschnittes 1. Mit seinem stromauf gelegenen Ende 13 erstreckt sich der Flügel 11 bis nahe an den Rand 3 des Deckringabschnittes 1.

Der Flügel 11 kann abweichend vom dargestellten Ausführungsbeispiel auch eine andere Querschnittsausbildung und/oder eine andere Erstreckung haben.

Der Nabenringabschnitt 6 weist am Laufradsegment I gemäß Fig. 17 keine Vorrichtung auf, die der Befestigung des Laufrads an einem Motor dient. Das aus solchen Segmenten gebildete Lüfterrad nach Fig. 16 kann durch Aufpressen, Aufspannen, Aufkleben, Aufschweißen oder dergleichen an einem Motor befestigt werden. Selbstverständlich können bei anderen Ausführungsformen von Axiallüfterradsegmenten Löcher oder dergleichen vorgesehen sein, die dem späteren Befestigen des Lüfterrades an einem Motor dienen.

Der Nabenringabschnitt 6, der Deckringabschnitt 1 sowie der Zwi-

schenringabschnitt 71 können, insbesondere bei einem Axiallüfterrad, zylindrisch ausgebildet sein. Ebenso ist es aber möglich, ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 20 anhand des Deckrings 1* dargestellt, dass der Nabenringabschnitt 6 und/oder der Deckringabschnitt 1 und/oder der Zwischenringabschnitt 71 einer komplizierteren, dreidimensionalen Kontur folgend verläuft, welche insbesondere an die Strömungsverhältnisse besserangepasst sein kann.

In Figur 23 ist ein erfindungsgemäßes Axiallüfterrad dargestellt, welches aus Segmenten gemäß Figur 24 hergestellt ist. In dieser Ausführungsform mit Nabenring 6*, Deckring 1* und Zwischenring 71* erstrecken sich zwischen Deckring 1* und Zwischenring 71* Flügel 111, die sich in Form und/oder Lage und/oder Anzahl von Flügeln 112 unterscheiden, die sich zwischen Zwischenring 71* und Nabenring 6* erstrecken. Dadurch kann bei Ausführungsformen mit einem Zwischenring die Flügelzahl und die Flügelgeometrie besser an die jeweiligen Strömungsverhältnisse angepasst werden. Bei Ausführungsformen mit mehreren Zwischenringen 71* kann dementsprechend noch mehr Variabilität in die Gestaltung der Flügel gebracht werden.

Das in Fig. 24 dargestellte Segmente des Axiallüfterrades gemäß Fig. 23 hat den Deckringabschnitt 1, den Zwischenringabschnitt 71 und den Nabenringabschnitt 6, aus denen der Deckring 1*, der Zwischenring 71* und der Nabenring 6* hergestellt werden. Dieses Segment hat zwei Flügel 111, welche den Deckringabschnitt 1 mit dem Zwischenringabschnitt 71 verbinden, und einen Flügel 112, welcher den Zwischenringabschnitt 71 mit dem Nabenringabschnitt 6 verbindet.

Die Ausführungsform eines Axiallüfterrades, welches in Fig. 18 perspektivisch dargestellt ist, ist ein Axiallüfterrad ohne Deckring und ohne Zwischenring und ist ebenfalls aus den untereinander identischen Segmenten I bis VII zusammengesetzt, von denen in Fig. 19 das Segment I dargestellt ist. Die Bauweise aus Segmenten ist ähnlich der Bauweise der bereits beschriebenen Ausführungsform gemäß Fig. 16. Allerdings

besitzt dieses Axiallüfterrad keinen Deckring, wie es bei Axialventilatoren oft üblich ist, um Gewicht einzusparen und den Strömungswiderstand zu reduzieren. Deswegen bleiben als Fügebereiche nur die Fügebereiche 16 am Nabenring 6*, die bei dieser Ausführungsform eine höhere Belastung aufnehmen müssen. Das Segment I hat den Nabenringabschnitt 6 und den Flügel 11.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 20 mit den Segmenten gemäß Fig. 21 ist ein im Betrieb stehendes Lüfterrad (Stator). Statoren können Vor- oder Nachleiträder in einem Lüfter sein. Bezüglich der Bauweise aus Segmenten ergeben sich allerdings keine wesentlichen Unterschiede. In vielen Anwendungsfällen sind Statoren auch hochbelastete Teile, an denen der Ventilator mit seinem Motor befestigt ist und die insbesondere durch die Schwingungen und Vibrationen des Ventilators im Betrieb belastet werden. Der Stator gemäß Fig. 20 wird aus 11 identischen Segmenten I bis XI gemäß Fig. 21 in der erfindungsgemäßen Weise aufgebaut. Die Ränder 4, 5, 9, 10 des Deck- und Nabenringabschnitts 1, 6, die sich hauptsächlich in axialer Richtung erstrecken, haben einen komplizierteren Verlauf, der innere Kanten und Ecken aufweist. Der Nabenring 6* ist noch abströmseitig mit einem ebenen Flansch 61* versehen, der durch Flanschabschnitte 61 der Segmente I bis XI gebildet wird und an dem später der Lüftermotor befestigt werden kann. Bohrungen sind in den Segmenten noch nicht vorgesehen, da im Ausführungsbeispiel ein Stator aus 11 Segmenten aufgebaut ist, was eine zu große Zahl an Löchern bedeuten würde. Die Löcher können bei diesem Ausführungsbeispiel nach dem Zusammenfügen in den Flansch 61* gebohrt werden.

Insbesondere bei einer großen Zahl an Flügeln 11 ist es auch denkbar, in einem Segment mehr als einen Flügel zu haben, beispielsweise 2 - 4, was zu einer geringeren Zahl an Segmenten führt. Allerdings wird dann das Spritzgusswerkzeug zur Herstellung eines Segments komplizierter. Außerdem muss die Zahl der Flügel 11, sofern man ausschließlich identische Segmente haben will, durch die Zahl der

Flügel pro Segment teilbar sein.

Es ist unter Umständen, je nach zu erwartenden Belastungen im Betrieb, vorteilhaft, bei erfindungsgemäßen Lüfterrädern zusätzlich zu Deck- und Nabenring 1*, 6* noch weitere Zwischenringe 71* in Umfangsrichtung zu haben. Einer oder mehrere solcher zusätzlicher Ringe können sich im Bereich zwischen Deckring 1* und Nabenring 6* befinden. Ihre Gestaltung mit Rändern bei den Segmenten und Fügebereichen beim zusammengesetzten Rad ist äquivalent zu der Gestaltung von Deck- und Nabenring 1*, 6* gemäß den beschriebenen Ausführungsbeispielen. Zwischenringe 71* können zusätzliche Stabilität bringen, aber auch die Strömung positiv beeinflussen (Wirkungsgrad, Akustik). Solche zusätzlichen Zwischenringe 71* können durch das Fertigungsverfahren aus Segmenten mit vergleichsweise geringem Aufwand realisiert werden.

Zur Herstellung einer vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Lüfterrades werden die Segmente I bis VII zunächst sternförmig angeordnet (Fig. 15) und dann etwa radial nach innen zusammengeschoben, bis die Segmente I bis VII mit ihren Rändern 4 und 5, 9 und 10, 74 und 75 aneinander liegen. An den entstehenden Fügebereichen 15, 16, 85 werden die Segmente I bis VII in der beschriebenen Weise fest miteinander verbunden, beispielsweise verklebt oder verschweißt. Dabei wird vorteilhafterweise während des Klebe- oder Schweißvorganges auf die Segmente I bis VII bzw. auf die Fügebereiche 15, 16, 85 ein hoher Druck ausgeübt, so dass die aneinander liegenden Segmente I bis VII fest miteinander verbunden werden. In ähnlicher Weise werden auch die Lüfterräder, die mehr als sieben Segmente aufweisen, hergestellt. Die Segmente lassen sich in einfachen Spritzgusswerkzeugen herstellen, so dass die Herstellkosten gering gehalten werden können. Als Material für die Segmente I bis VII kommen die bekannten, zum Spritzgießen von Lüfterrädern üblichen Materialien in Betracht. Beispiele sind kurz- oder langfaserverstärkte Thermoplaste, wie Polyamid (PA6, PA66, PA66/6, PAPA, PPA, PA 4.6, PA

12) oder Polyester (PBT, PET), Polypropylen (PP), PPS, PES, PESU, PEEK, ABS, PC, ASA. Bevorzugt werden als Werkstoffe für die Segmente Polyamid, Polypropylen oder Polyester verwendet.

Als Verstärkungsfasern für diese Werkstoffe kommen beispielsweise Glas, Kohlenstoff, Aramid, Thermoplast (PET, PA) oder Naturfasern in Betracht, wie beispielsweise Flachs, Hanf, Sisal, Jute oder Kokos.

Bei Ausführungsformen, bei denen benachbarte Segmente mittels Laserschweißen verbunden werden, ist eine hohe Transparenz des verwendeten Kunststoffs für das verwendete Laserlicht nötig. Um dies zu erreichen, wird als Polymer ein für die Wellenlänge des Laserlichts hochgradig transparenter Kunststoff verwendet. Dies kann durch spezielle Farbpigmente im Kunststoff erreicht werden. Des Weiteren werden vorteilhaft spezielle Verstärkungsfasern (insbesondere Glasfasern) verwendet, welche keine oder nur sehr geringe Lichtbrechung am Übergang Polymer zu Verstärkungsfasern haben. Dies ist durch die Verwendung einer speziellen Haftvermittlungsbeschichtung an der Oberfläche der Glasfasern möglich.

Ausgezeichnete Festigkeiten für die Segmente und damit für das Lüfterrad ergeben sich, wenn die Verstärkungsfasern im Spritzguss hergestellten Segment I bis VII Längen von etwa 50 µm bis über 15 mm aufweisen. Ein bevorzugter Bereich liegt zwischen etwa 200 µm und 10 mm.

Werden die Segmente I bis VII an den Fügebereichen 15, 16, 85 miteinander verklebt, können hierzu 1- oder 2-K-Klebstoffe eingesetzt werden, wie Polyurethan, Acryl, Methacrylate oder Silikone. Zur Verklebung können auch Lösungsmittelsysteme verwendet werden.

Werden die Segmente I bis VII an den Fügebereichen 15, 16, 85 miteinander laserverschweißt, dann können hierzu vorteilhaft Diodenlaser, CO₂-Laser oder NdYAG-Laser eingesetzt werden.

Die Verbindung der Segmente I bis VII an den Fügebereichen 15, 16, 85 kann auch durch Reibschweißen, Vibrationsschweißen oder Ultraschall-schweißen hergestellt werden.

Die Verbindung der Segmente I bis VII an den Fügebereichen 15, 16, 85 kann auch mittels Induktionsschweißen oder Heißgasschweißen durchgeführt werden. Als Heißgas kommt beispielsweise Luft, Stickstoff oder CO₂ in Betracht.

In beiden Fällen wird der Kunststoff im Bereich der Fügebereiche 15, 16, 85 aufgeweicht. Unter dem Druck, unter dem die Segmente I bis VII an den Fügebereichen 15, 16, 85 gegeneinander gedrückt werden, erfolgt dadurch eine stoffschlüssige Verbindung benachbarter Segmente, die nach dem Erkalten der Fügebereiche zu einer sicheren Verbindung der Segmente führt.

Da der Flügel 11 und die Ringabschnitte 1, 6, 71 einstückig miteinander ausgebildet sind und das Segment bilden, ist eine einfache, schnelle und kostengünstige Herstellung des Lüfterrades möglich.

Das Lüfterrad gemäß Fig. 3 ist ähnlich ausgebildet wie das Lüfterrad gemäß Fig. 1 und besteht aus den Segmenten I bis VII. Die Flügel 11 des Lüfterrades sind wiederum so angeordnet, dass die Fügebereiche 15, 16 mit Entfernung von den Flügeln 11 verlaufen. Dadurch wird die Bildung von Graten, Kanten oder dergleichen an den Flügeln 11 verhindert, so dass aufwändige Nacharbeiten entfallen können. Während bei der Ausführungsform nach den Fig. 1 und 2 die Segmente I bis VII bezüglich Belastungen, die in Umfangsrichtung wirken, ausschließlich durch einen Stoffschluss oder durch eine Klebeverbindung miteinander verbunden sind, sind die Segmente I bis VII beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 zusätzlich auch formschlüssig bezüglich solcher Belastungen miteinander verbunden. Dieser Formschluss ist im Bereich der Ränder 4, 5 der Deckringabschnitte 1 bzw. der Ränder 9, 10 der Nabenringabschnitte 6 der Segmente I bis VII vorgesehen. Die radial nach in-

nen über die Deckringabschnitte 1 vorstehenden Bereiche der Nabenringabschnitte 6 sind gleich ausgebildet wie bei der Ausführungsform nach Fig.1. Der Formschluss zwischen benachbarten Segmenten I bis VII ist so gestaltet, dass die Segmente sich in Umfangsrichtung nicht voneinander lösen lassen. Ein Lösen der Segmente voneinander ist im nicht verklebten bzw. nicht verschweißten Zustand nur dadurch möglich, dass benachbarte Segmente in Achsrichtung des Lüfterrades gegeneinander verschoben werden.

Am Rand 5 des Deckringabschnittes 1 sowie an dem, in Achsrichtung gesehen, darunterliegenden Bereich des Randes 10 des Nabenringabschnittes 6 ist jeweils eine im Umriss etwa pilzförmige Durchbrechung 17 vorgesehen. Der gegenüberliegende Rand 4 des Deckringabschnittes 1 sowie der, in Achsrichtung gesehen, darunterliegende Bereich des Randes 9 des Nabenringabschnittes 6 sind mit einem vorstehenden pilzförmigen Vorsprung 18 versehen, der in die Durchbrechung 17 des benachbarten Segmentes eingreift. Die Durchbrechungen 17 und die Vorsprünge 18 sind komplementär zueinander ausgebildet, so dass sie mit ihren Rändern aneinander liegen. Aufgrund der pilzförmigen Gestaltung sind die Durchbrechungen 17 sowie auch die Vorsprünge 18, in Umfangsrichtung gesehen, jeweils mit einem Hinterschnitt versehen.

Abweichend von der pilzförmigen Gestaltung können die Formschlussverbindungen auch andere Umrissformen haben. Sie müssen lediglich so gestaltet sein, dass die benachbarten Segmente I bis VII in Umfangsrichtung des Lüfterrades nicht voneinander getrennt werden können.

Die Durchbrechungen 17 und die Vorsprünge 18 sind jeweils an den Deckringabschnitten 1 und den Nabenringabschnitten 6 vorgesehen. Sie können auch nur an den Deckringabschnitten oder nur an den Nabenringabschnitten vorgesehen werden, je nachdem, wo am jeweiligen Lüfterrad hohe Belastungen zu erwarten sind. Es können an einem Rand 4, 9 beziehungsweise 5, 10 über dessen Länge auch mehrere

Durchbrechungen 17 und komplementäre Vorsprünge 18 vorgesehen sein. Die Flügel 11 sind so an den Segmenten I bis VII angeordnet, dass sie Abstand von den Durchbrechungen 17 und den Vorsprüngen 18 haben.

Im Sinne der Erfindung ist ein Vorspruch 18 ein vorstehendes Formschlussteil und eine Durchbrechung 17 eine zumindest annähernd komplementäre Vertiefung an einem Rand 4, 9, 74 bzw. 5, 10, 75.

Auch bei dieser Ausführungsform sind die einstückig ausgebildeten Segmente I bis VII untereinander gleich ausgebildet, so dass nur ein einziges Spritzgusswerkzeug für die Segmente erforderlich ist. Die Formschlusselemente 17, 18 bieten eine zusätzliche Führung beim Zusammenfügen der Segmente I bis VII und sorgen außerdem für eine zusätzliche Formstabilität bei Belastungen des Lüfterrades in Umfangsrichtung. Aufgrund der Formschlusselemente 17, 18 werden die Segmente I bis VII nicht sternförmig zum Lüfterrad zusammengefügt, sondern in axialer Richtung.

Die benachbarten Segmente I bis VII sind an den Fügebereichen 15, 16 nicht nur formschlüssig verbunden, sondern auch über eine Klebeverbindung, eine Schweißverbindung oder dergleichen, wie anhand der vorigen Ausführungsform beschrieben worden ist. Während des Klebe- oder Schweißverfahrens werden die aneinander liegenden Segmente I bis VII vorteilhaft fest gegeneinander gedrückt, so dass die Verbindung an den Fügebereichen 15, 16 optimal ist. Auch im Bereich der Formschlussverbindung 17, 18 können benachbarte Segmente über die Klebe- oder Schweißverbindung fest miteinander verbunden sein.

Formschlussverbindungen in Umfangsrichtung können bei anderen erfindungsgemäßen Ausführungsformen in äquivalenter Weise zur beschriebenen Ausführungsform nach Fig. 3 auch bei Axiallüfterrädern, Diagonallüfterrädern oder Statoren realisiert werden. Auch bei den Zwischenringabschnitten 71 können solche Formschlüsse realisiert

werden. Auch in diesen Fällen gibt es Einschränkungen hinsichtlich des Fügeprozesses, d.h. die Segmente können nicht in Umfangsrichtung relativ zueinander zusammengeführt werden.

Das Lüfterrad gemäß Fig. 4 hat im Beispielsfall ebenfalls die einstückig ausgebildeten Segmente I bis VII. Sie sind wiederum gleich ausgebildet, so dass sie mit nur einem Spritzgusswerkzeug gefertigt werden können. Ähnlich der Ausführungsform gemäß Fig. 1 sind die Segmente I bis VII so ausgebildet, dass sie sternförmig angeordnet und dann zusammengesoben werden können, ähnlich wie es in Fig. 15 dargestellt ist.

Die Segmente I bis VII sind so ausgebildet, dass zusätzlich zu den Fügebereichen 15, 16 an Deckring 1* und Nabenring 6* noch weitere Fügebereiche 86 (Fig. 4) im Bereich der Flügel 11 entstehen. Dies hat den Vorteil, dass die Klebe- bzw. Schweißfläche zum Zusammenfügen benachbarter Segmente im Vergleich zu den vorigen Ausführungsformen vergrößert ist. Die Segmente I bis VII sind hierbei so gestaltet, dass erst durch Zusammensetzen benachbarter Segmente vollständige Flügel 11 gebildet werden.

Fig. 5 zeigt eines dieser Segmente in Unteransicht von der Seite des Nabenringabschnittes 6 aus. Es hat den gekrümmten äußeren Rand 7 sowie den gekrümmten inneren Rand 8. Der die einen Enden der Ränder 7, 8 verbindende Rand 10 verläuft, in Achsrichtung gesehen, gekrümmt. Der gegenüberliegende, die anderen Enden der beiden Ränder 7, 8 verbindende Rand 9 ist, in Achsrichtung des Lüfterrades gesehen, ebenfalls über seine Länge gekrümmt ausgebildet, und zwar mit weitgehend identischem Krümmungsverlauf wie Rand 10, sodass sich benachbarte, identische Segmente lückenlos zusammenfügen lassen. In direkter Verbindung mit den beiden Rändern 9, 10 erstreckt sich jeweils ein Flügelteil 11a, 11b. Die Flügelteile 11a, 11b erstrecken sich zwischen dem Nabenringabschnitt 6 und dem (in Fig. 5 komplett vom Nabenringabschnitt 6 verdeckten) Deckringabschnitt 1.

Werden benachbarte Segmente I bis VII mit ihren Rändern 4, 5, 9, 10 aneinandergesetzt, liegen die Flügelteile 11a, 11b mit ihren Rändern 19, 20 aneinander und bilden auf diese Weise den Flügel 11, der in diesem Fall hohl ausgebildet ist. Die beim zusammengefügteten Laufrad aneinander liegenden Ränder 19 und 20 von benachbarten Segmenten bilden einen zusätzlichen Fügebereich 86. Der Flügel 11 ist im Übrigen gleich ausgebildet wie bei den Ausführungsformen nach den Fig. 1 oder Fig. 3. Der Flügel 11 ist außerdem in Bezug auf den Deckring 1* und den Nabenring 6* des Lüfterrades ebenfalls gleich angeordnet wie bei diesen Ausführungsbeispielen.

Wenn benachbarte Segmente I bis VII durch eine Klebeverbindung miteinander verbunden sind, dann ist das Klebemittel nicht nur in den Fügebereichen 15, 16 der Ringe vorgesehen, sondern auch im Fügebereich 86 der Flügel 11. Dadurch ergibt sich eine sehr große Klebefläche, die eine feste und auch hohen Belastungen standhaltende Verbindung zwischen benachbarten Segmenten I bis VII gewährleistet. Wenn benachbarte Segmente bis VII durch eine Schweißverbindung miteinander verbunden sind, wird bei dieser Ausführungsform die Schweißfläche um den Bereich des Fügebereichs 86 der Flügel 11 vergrößert, was zu einer erhöhten Belastbarkeit führt.

Da die Flügel 11 hohl ausgebildet sind, hat das Lüfterrad ein verhältnismäßig geringes Gewicht. Darüber hinaus haben die hohlen Flügel 11 den Vorteil, dass mit ihnen strömungstechnisch in einfacher Weise Kanäle für gezielte Sekundärströmungen gestaltet werden können.

Nach dem Fügeprozess können im Bereich der Fügebereiche 86 der Flügel 11 Kanten, Grate oder dergleichen vorhanden sein, die jedoch einfach in herkömmlicher Weise entfernt werden können. Die Segmente I bis VII sind untereinander gleich ausgebildet und besitzen in der axialen Draufsicht eine Mittellinie 21, deren Krümmungsverlauf identisch mit dem Krümmungsverlauf der Ränder 9, 10 in axialer Draufsicht ist. Dabei nimmt die in Umfangsrichtung gemessene Breite des Segmentes

vom äußeren Rand 2, 7 aus in Richtung auf den inneren Rand 8 derart ab, dass das Segment im Bereich des äußeren Randes 2, 7 die größte und im Bereich des inneren Randes 8 die kleinste Umfangsbreite aufweist.

Aufgrund der beschriebenen Gestaltung lassen sich die Segmente I bis VII, wie anhand von Fig. 15 schematisch dargestellt ist, sternförmig zusammenschieben und in Umfangsrichtung gegeneinander verpressen, so dass die Segmente I bis VII an den Fügebereichen 15, 16, 86 fest aneinander liegen. Die Bahnen, auf denen die Segmente beim Fügeprozess in rotationssymmetrischer Art und Weise zusammengefahren werden, müssen sorgfältig in Abhängigkeit des Verlaufs der Fügebereiche 15, 16, 86 gewählt werden, um ungewünschte Kollisionen zu vermeiden. Insbesondere sind bei manchen Ausführungsformen gekrümmte Bahnen notwendig.

Da Fig. 5 das Segment in Unteransicht zeigt, ist vom Deckringabschnitt 1 nur der innere Rand 3 erkennbar. Die anderen Ränder 2, 4, 5 des Deckringabschnittes 1 liegen, in Draufsicht auf das Segment gesehen, über ihre Länge deckungsgleich zu den Rändern 7, 9, 10 des Nabenringabschnittes 6.

Fig. 6 zeigt, in Draufsicht auf den Nabenringabschnitt 6, ein Segment, das ähnlich ausgebildet ist wie das Segment gemäß Fig. 2. Der Flügel 11 ist so am Segment vorgesehen, dass seine beiden abström- und zuströmseitigen Enden 12, 13 Abstand von den Rändern 4, 5, 9, 10 haben. Der Flügel 11 ragt wie beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 radial geringfügig über dem inneren Rand 3 des Deckringabschnittes 1 vor.

Im Unterschied zur Ausführungsform nach Fig. 2 ist der Flügel 11 hohl ausgebildet. Der Flügel 11 ist nicht durchlaufend hohl ausgebildet. Die Aushöhlung endet im Bereich des Deckringabschnittes 1, so dass dieser nicht durch die Aushöhlung durchbrochen ist.

Die Hohlausbildung des Flügels 11 wird in der Spritzgussform mit Hilfe eines Kernschiebers erreicht. Aufgrund dieses Kernschiebers ist der Flügel 11 im Bereich des Nabenringabschnitts 6 offen. Um im Einsatz des Lüfterrades eine Geräuscentwicklung sowie auch Schmutzablagerungen innerhalb des Flügels 11 zu vermeiden, wird der Flügel 11 vorteilhaft nach dem Spritzgießen oder nach dem Fügeprozess des gesamten Lüfterrades mit einem Deckel oder dergleichen verschlossen oder mit einem Material ausgefüllt, beispielsweise mit geschäumtem Material. Der Deckel kann aufgeklebt, aufgeschweißt oder in anderer geeigneter Weise am Nabenringabschnitt 6 befestigt werden. Dieses Verschlussstück ist vorteilhafterweise so ausgebildet, dass es mit seiner Außenseite bündig mit der Außenseite des Nabenringabschnittes 1 liegt. Um dies zu erreichen, muss am Spritzgussteil im Bereich des Hohlraums am Nabenringabschnitt 6 eine Vertiefung vorgesehen sein, in die das Verschlussstück oberflächenbündig eingebracht werden kann.

Fig. 7 zeigt ein Segment, das grundsätzlich gleich ausgebildet ist wie das Segment gemäß Fig. 6. Der Unterschied besteht darin, dass innerhalb des hohlen Flügels 11 wenigstens eine Versteifung 22 vorgesehen ist. Die Versteifung 22 ist in Form eines Steges ausgebildet, der sich zwischen einander gegenüberliegenden Seitenwänden 23, 24 des Flügels 11 erstreckt. Die Versteifung 22 erstreckt sich vorteilhaft über die gesamte axiale Höhe des Flügels 11. Die Versteifung 22 sorgt für eine zusätzliche Festigkeit des Flügels 11.

Im Spritzgusswerkzeug sind zur Erzeugung der stegförmigen Versteifung 22 zwei Kernschieber vorgesehen, die mit geringem Abstand nebeneinanderliegen, so dass beim Einspritzen des Kunststoffes der Steg 22 zwischen den Kernschiebern gebildet wird.

Bei den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 1,3 und 4 liegen die Fügebereiche 15, 16 zwischen den Segmenten I bis VII nicht auf einer Radialen, in Achsrichtung des Lüfterrades gesehen. Bezogen auf eine

Radiale 60 (Fig. 1, 3 und 4), die durch den Schnittpunkt zwischen der jeweiligen Trennlinie 15, 16 und dem inneren kreisförmigen Rand 8 des Lüfterrades verläuft, liegen die Fügebereiche 15, 16 unter einem Winkel α zu dieser Radialen 60. Je nach Verlauf der Trennlinien 15, 16 nimmt der Winkel α in Richtung vom inneren Rand 8 zum äußeren Rand 2 zu.

Die Segmente I bis VII können auch so ausgebildet sein, dass die Fügebereiche 15, 16 auf der Radialen 60 liegen, so dass der Winkel α 0° beträgt.

Der Winkel α kann bis zu etwa 80° betragen, je nach Gestaltung der Segmente I bis VII. Dieser Winkelbereich ist unabhängig davon, auf welche Weise die Segmente I bis VII miteinander verbunden sind.

Fig. 25 zeigt eine mögliche Gestaltungsform von Querschnitten durch Fügebereiche 15, 16, 85, mit denen keine die Fügefläche vergrößernde Wirkung erreicht wird. Sie zeigt beispielhaft und in vergrößerter Darstellung einen durch einen Fügebereich 15, 16, 85 mit anliegenden Segmenträndern 4, 9, 74 und 5, 10, 75 gelegten Schnitt A-A (siehe Fig. 1, 3, 16, 18, 20). Der Verlauf des Fügebereichs 15, 16, 85 ist im Schnitt im Wesentlichen der einer geraden Strecke, welche die Innenseite 30 mit der Außenseite 31 der Ringabschnitte 1, 6, 71 auf kürzestem Wege verbindet. Der Fügebereich 15, 16, 85 bzw. die Ränder 4, 9, 74 und 5, 10, 75 der Segmente I und II verlaufen in etwa senkrecht zur Innenseite 30 und zur Außenseite 31. Diese Gestaltungsform ist die einfachste Gestaltungsform für einen Querschnitt eines Fügebereichs. Die dazugehörige Werkzeugkonstruktion für das Spritzgusswerkzeug ist einfach und kostengünstig. Ein derart gestalteter Fügebereich ermöglicht es auch, dass die Segmente I und II in einer Richtung quer zu den Ringabschnitten 1, 6, 71 zueinander gefügt werden, wie es beispielsweise für die Ausführungsform nach Figur 3 notwendig ist. Allerdings hat der Fügebereich 15, 16, 85 bei dieser Ausführungsform eine eher kleine Fläche zum Kleben oder Verschweißen, und es wird kein

zusätzlicher Formschluss in axialer oder radialer Richtung zwischen den Segmenten untereinander hergestellt. Auch wird keine zusätzliche Führung beim Fügeprozess erreicht.

Anhand der Fig. 8 bis 11, 14 und 26 werden beispielhaft mögliche Gestaltungen von Querschnitten durch Fügebereiche 15, 16, 85 beschrieben, mit denen die Fügefläche erheblich vergrößert werden kann, ohne die Wandstärken der Ringe 1*, 6*, 71* zu vergrößern, und mit denen ein zumindest teilweiser Formschluss zwischen benachbarten Segmenten I bis VII hinsichtlich Verschiebungen in axialer und/oder radialer Richtung hergestellt werden kann (Fügeflächen vergrößernde Gestaltungen). Diese Figuren zeigen jeweils beispielhaft und in vergrößerter Darstellung einen durch einen Fügebereich 15, 16, 85 mit anliegenden Segmenträndern 4, 9, 74 und 5, 10, 75 gelegten Schnitt A-A (siehe Fig. 1, 3, 16, 18, 20). Bei diesen Beispielen sind die Fügeflächen vergrößernde Gestaltungen vorgesehen, die nicht nur zu einer Vergrößerung der Klebe/Schweißfläche führen, sondern zusätzlich für eine erhöhte Formstabilität der zusammengefügt Segmenten sorgen. Außerdem wird durch diese speziellen Gestaltungen der Fügebereiche 15, 16, 85 beim Zusammenfügen der Segmente I bis VII zum Lüfterrad auch eine Führung erzielt, die das Zusammensetzen der Segmente zum Lüfterrad erleichtert. Infolge dessen kann der Fertigungsprozess erfindungsgemäßer Lüfterräder erheblich wirtschaftlicher, schneller und präziser gestaltet werden.

Bei einer beispielhaften Ausführungsform gemäß Fig. 8 hat ein Rand 4, 9, 74 des Segmentes I eine vorstehende Feder 25, die sich zumindest teilweise über die Länge (senkrecht zur Zeichenebene) des Rands 4, 9, 74 erstreckt. Ein Rand 4, 9, 74 kann auch mehrere über seine Länge verteilt angeordnete Federn 25 aufweisen. Die Feder 25 verjüngt sich in Richtung auf ihr freies Ende und liegt etwa in halber Dicke des Ringabschnitts 1, 6, 71.

Ein gegenüberliegender Rand 5, 10, 75 eines Segments II ist mit we-

nigstens einer entsprechenden Nut 26 versehen, in welche die Feder 25 des jeweils benachbarten Segmentes eingreift. Die Nut 26 ist komplementär zur jeweils entsprechenden Feder 25 ausgebildet und liegt ebenfalls etwa in halber Dicke des Ringabschnittes 1, 6, 71. In der montierten Lage liegt die Feder 25 flächig an den Seitenwänden und am Boden der Nut 26 an. Der von den beiden Rändern 4, 9, 74 und 5, 10, 75 jeweils benachbarter Segmente gebildete Fügebereich 15, 16, 85 hat eine sehr dünnflächige Gestalt. Zwischen den Rändern 4, 9, 74 und den Rändern 5, 10, 75 ist ein Klebemittel im Fügebereich 15, 16, 85 eingebracht.

Im Sinne der Erfindung ist eine Feder 25 ein vorstehendes Formschlussteil und eine Nut 26 eine zumindest annähernd komplementäre Vertiefung an einem Rand 4, 9, 74 bzw. 5, 10, 75.

Die Feder 25 und die Nut 26 sind so ausgebildet, dass die Ringabschnitte 1, 6, 71 der Segmente I, II aneinander stoßen, so dass an der Außen- und Innenseite der zusammengefügt Ringe 1*, 6*, 71* kein Spalt gebildet wird.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass eine Vertauschung der Merkmale „Nut“ und „Feder“ hinsichtlich der Ränder 4, 9, 74 und 5, 10, 75 gleichermaßen im Sinne der Erfindung liegt, was sinngemäß auch für die Ausführungsformen nach den Fig. 9 bis 11, 14 und 26 gilt.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 9 ist die Feder 25 so ausgebildet, dass sie geringen Abstand von den Seitenwänden und vom Boden der Nut 26 hat. Dadurch wird im Fügebereich 15, 16, 85 ein Freiraum 27 gebildet, in den ein zähflüssiges Klebemittel 28 eingebracht werden kann. Der Fügebereich 15, 16, 85 hat in diesem Ausführungsbeispiel durch den mit Klebemittel 28 ganz oder teilweise ausgefüllten Freiraum 27 insofern eher voluminöse Gestalt. Dieses Klebemittel kann vor dem Zusammenfügen der beiden Segmente I, II in die Nut 26 eingebracht werden. Konstruktiv wird die Größe des Freiraums 27, der nach erfolgtem Zusam-

menführen der Segmente I und II vorhanden ist, durch einen Anschlag 98 sichergestellt, d.h. die Segmente I und II werden so lange aufeinander zu bewegt, bis zumindest im Bereich des Anschlags 98 direkter Kontakt zwischen den Segmenträndern 4, 9, 74 und 5, 10, 75 hergestellt ist. Alternativ ist es möglich, das Klebemittel nach dem Fügen der beiden Segmente I und II senkrecht zur Zeichenebene in den Freiraum 27 einzubringen.

Bei beiden beschriebenen Ausführungsformen gemäß den Fig. 8 und 9 wird das Klebemittel vorteilhafterweise auch auf die Bereiche des Anschlags 98 aufgebracht, so dass die aneinander liegenden Segmente I, II über eine große Fläche durch das entsprechende Klebemittel fest miteinander verbunden sind.

Fig. 10 zeigt eine Nut-Feder-Verbindung, bei der die Verbindung der mit ihren Rändern 4, 9, 74 und 5, 10, 75 aneinander liegenden Segmente I, II über eine eher linienförmige Schweißungen im Bereich der Innenseite 30 bzw. der Außenseite 31 der Ringabschnitte 1, 6, 71 vorgenommen wird. Die Schweißung ist durch Schweißraupen 29 kenntlich gemacht. Die Schweißverbindung ist im Bereich außerhalb der Nut 26 vorgesehen, so dass die Segmente I, II mit ihren außerhalb der Nut 26 liegenden Stirnseiten im Bereich des Anschlags 98 aneinander liegen. Zusätzlich kann die Feder 25 in die Nut 26 eingeklebt sein, wie anhand der Fig. 8 oder 9 beschrieben worden ist.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 11 sind die Ränder 4, 9, 74 und 5, 10, 75 der Segmente I, II gestuft ausgebildet. Jeder Segmentrand 4, 9, 74 und 5, 10, 75 besteht, im Schnitt gesehen, aus einem vorstehenden Formschlussteil 25* und einer zum vorstehenden Formschlussteil 25* des benachbarten Segmentes komplementären Vertiefung 26*. Die Stufungen der beiden Ränder 4, 9, 74 und 5, 10, 75 sind komplementär zueinander ausgebildet, so dass die Segmente I, II am Fügebereich 15, 16, 85 flächig aneinander liegen.

Der Fügebereich 15, 16, 85 hat, im Schnitt gesehen, einen senkrecht an die Innenseite 30 sowie an die Außenseite 31 der Ringabschnitte 1, 6, 71 anschließende Stirnseitenbereiche 32, 33, die durch einen Wandbereich 34 miteinander verbunden sind. Er verläuft vorteilhaft unter einem geringen Winkel schräg in Bezug auf die Innenseite 30 sowie die Außenseite 31 der Segmente I, II. Der schräg liegende Wandbereich 34 erleichtert das Zusammenfügen der benachbarten Segmente I, II. Vorteilhaft sind die Übergänge zwischen den Stirnseitenbereichen 32, 33 und dem Wandbereich 34 verrundet, um Rissbildung zu vermeiden.

In den Stirnseitenbereichen 32, 33 und den Wandbereich 34 wird ein Klebemittel aufgebracht, so dass die beiden Segmente I, II am Fügebereich 15, 16, 85 zuverlässig flächig miteinander verklebt sind. Die stufenförmige Gestaltung der Fügebereiche 15, 16, 85 ist vorteilhaft über deren ganze Länge vorgesehen.

Die stufenförmige Gestaltung der Fügebereiche 15, 16, 85 ermöglicht zudem einen einfachen und problemlosen Fügeprozess bei der Herstellung des Lüfterrades.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 26 wird die die Fügeflächen vergrößernde Wirkung dadurch erreicht, dass der Fügebereich 15, 16, 85, im Querschnitt gesehen, mit der Innenseite 30 bzw. der Außenseite 31 der Ringabschnitte 1, 6, 71 spitze Winkel β bzw. β^* bildet, die deutlich kleiner als 90° sind, vorteilhaft zwischen 70° und 30° . Verläuft der Fügebereich 15, 16, 85, im Querschnitt gesehen, gerade, haben β und β^* in etwa den gleichen Betrag. Der Fügebereich 15, 16, 85 kann allerdings, im Schnitt gesehen, auch gekrümmt verlaufen, wodurch sich die Beträge der beiden Winkel β und β^* auch deutlich voneinander unterscheiden können.

Die Querschnittsausbildungen insbesondere gemäß den Fig. 8, 11, 25 und 26 eignen sich auch hervorragend für Ausführungsformen, bei denen die Segmente I, II durch eine flächige Schweißung miteinander ver-

bunden werden. Anhand von Fig. 14 wird eine vorteilhafte Ausgestaltung der Nut-Feder Verbindung ähnlich der Fig. 8 detailliert erläutert, wie sie sich insbesondere für Schweißverbindungen mit Laserschweißen, Reibschweißen, Vibrationsschweißen, Heißgasschweißen oder Induktionsschweißen gut eignet.

Die Ringabschnitte 1, 6, 71 haben eine Wandstärke D , die im Bereich zwischen etwa 3 mm bis etwa 12 mm liegen kann. Ein vorteilhafter Bereich liegt zwischen etwa 4 mm und etwa 8 mm. Eine besonders bevorzugte Wandstärke D liegt bei etwa 6 mm. Die Nut 26 hat eine Tiefe t , die im Bereich von etwa $(0.7 \text{ bis } 2.5) \cdot D$ liegt. Vorteilhaft beträgt die Nuttiefe etwa das Doppelte der Wandstärke D .

Die Feder 25 verjüngt sich in ihrem Querschnitt in Richtung auf ihr freies Ende 35. Dadurch wirkt die Feder 25 beim Fügevorgang selbstzentrierend. Darüber hinaus ist diese Querschnittsverjüngung vorteilhaft für die Festigkeit. Nahe dem freien Ende 35 hat die Feder 25 die Dicke d_2 , während sie nahe dem Anschlag 98 die größere Dicke d_1 hat. Die Feder 25 liegt mit ihren Seitenwänden flächig an den Seitenwänden der Nut 26 an. Die Stirnseite 35 der Feder 25 hat geringen Abstand vom Boden 36 der Nut 26. Dadurch ist sichergestellt, dass die beiden Segmente I, II so zusammengefügt werden können, dass die Flanken 39 und 40 der Feder 25 flächig an der Nut anliegen und dass an der Innenseite 30 sowie der Außenseite 31 der Ringe 1*, 6*, 71* keine Spalte entstehen.

Aufgrund der Querschnittsverjüngung der Feder 25 nimmt der Querschnitt der die Nut 26 umgebenden Bereiche 37, 38 der Ringabschnitte 1, 6, 71, vom freien Ende der Nut im Bereich des Anschlags 98 startend gesehen, stetig zu. Im Bereich der Querschnittsdicke d_2 wird die Feder 25 nur wenig belastet, während der umgebende Bereich 37, 38 der Nut des Segments II stark belastet wird. Der entsprechend dicke Bereich 37, 38 kann darum diese Belastung sicher aufnehmen.

Im Querschnittsbereich d1 hingegen ist die Feder 25 sehr stark belastet, so dass der umgebende Bereich 37, 38 der Nut des Segments II entsprechend schwach ausgebildet sein kann.

Der Keilwinkel zwischen den beiden Flanken 39, 40 der Feder 25 liegt vor- teilhaft in einem Bereich zwischen etwa $0,5^\circ$ und etwa 8° .

Der Übergang zwischen den Flanken 39, 40 der Feder 25 und dem Anschlag 98 ist am Segment I mit dem Radius R1 abgerundet. Dieser Radius R1 beträgt vorteilhaft etwa (0,05 bis 0,3) • D. Beim komplementären Radius R1 an Segment II kann der gleiche Wert oder aber ein minimal größerer Wert gewählt werden, um eine vorzeitige Kollision der Segmente I und II im Bereich von R1 beim Fügeprozess sicher zu vermeiden. Dadurch würde im Bereich von R1 ein sehr kleiner (in Fig. 14 nicht dargestellter) Spalt entstehen.

Vorteilhaft ist es allerdings, diesen Übergang zwischen den Flanken 39, 40 und dem Anschlag 98 bionisch zu gestalten, d.h. keinen konstanten Radius in diesem Übergangsbereich vorzusehen. Vorteilhafterweise ist der Krümmungsverlauf des Übergangs derart gestaltet, dass der Krümmungsradius am Anschlag 98 klein ist, und in Richtung auf die Flanken 39, 40 stetig größer wird. Die bionische Gestaltung des Überganges hat den Vorteil, dass er im Hinblick auf den Kraftfluss von der Feder 25 in den Ringabschnitt 1, 6, 71 von Segment 1 so gestaltet werden kann, dass eine Rissbildung vermieden wird.

Der Übergang von den Seitenwänden der Nut 26 in die Bodenseite 36 der Nut 26 ist mit dem Radius R2 abgerundet. Er beträgt vorteilhaft (0,05 bis 0,3) • D. Damit der Kraftfluss optimal gewährleistet werden kann, ist die Abrundung im Übergangsbereich in besonders vorteilhafter Weise bionisch gestaltet, also kein konstanter Radius vorgesehen. Dadurch kann dieser abgerundete Übergang optimal an die beim Einsatz des Lüfterrades auftretenden Belastungen so angepasst werden, dass Rissbildungen auf jeden Fall vermieden werden. Vorteilhafter-

weise ist der Krümmungsverlauf des Übergangs derart gestaltet, dass der Krümmungsradius am Boden 36 der Nut klein ist und in Richtung der Flanken 39, 40 schreitend stetig größer wird.

Im vollständig zusammengeführten Zustand, d.h. wenn die Segmente I und II am Anschlag 98 aneinander stoßen, herrscht im Bereich der Flanken 39, 40 vorteilhafterweise bereits durch das Zusammenpressen der Segmente I und II im Fügeprozess eine Vorspannung. Dadurch ist gewährleistet, dass die Flanken 39, 40 der Feder 25 und die entsprechenden Flanken der Nut 26 nach dem Zusammenfügen ohne Spiel aneinander liegen.

Werden die Segmente I, II durch Laserschweißen im Fugebereich 15, 16, 85 miteinander verbunden, dann wird bei einer vorteilhaften Ausführungsform auf die Ränder 4, 9, 74 und/oder 5, 10, 75 vor dem Fügevorgang eine laser- absorbierende Flüssigkeit aufgebracht. Nach dem Zusammenfügen wird beim Schweißvorgang das Laserlicht, welches das speziell verwendete, für das benutzte Laserlicht transparente Material der Ringabschnitte 1, 6, 71 durchdringt, in diesem Bereich in Wärme umgewandelt, wodurch benachbartes Material aufschmilzt und sich stoffschlüssig verbindet. Da die absorbierende Flüssigkeit nur einen Teil des Laserlichtes absorbiert bzw. durch den Schweißvorgang selbst lasertransparent wird, kann gleichzeitig im Bereich beider Flanken 39 und 40 der Feder 25 mit einer einzigen Laserlichtquelle geschweißt werden.

Wird mit einer einzigen Laserlichtquelle gleichzeitig im Bereich beider Flanken 39 und 40 der Feder 25 geschweißt, kann es vorteilhaft sein, wenn auf die beiden Flanken 39 und 40 jeweils eine unterschiedlich stark das Laserlicht absorbierende Flüssigkeit aufgebracht wird. Auf der der Laserlichtquelle nahen Flanke 39 wird dann eine das Laserlicht weniger stark absorbierende Flüssigkeit aufgebracht, während auf der der Laserlichtquelle ferneren Flanke 40 eine das Laserlicht stärker absorbierende Flüssigkeit aufgebracht wird. In dieser Weise kann ein bezüglich der Flanken 39, 40 gleich-

mäßigerer Schweißprozess eingestellt werden.

Wird ein solcher Schweißvorgang durchgeführt, wird als Material für die Segmente I bis VII vorteilhaft ein spezieller, für beim Schweißen eingesetzte Laser weitgehend transparenter Kunststoff eingesetzt. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Segmente I – VII insbesondere im Bereich ihrer Ränder 4, 9, 74 und 5, 10, 75 sowie deren unmittelbarer Umgebung nach dem Spritzgussprozess nicht spanabhebend bearbeitet, da die Oberflächen sonst in zu starkem Maße laserlichtabsorbierende, laserlichtreflektierende und/oder laserlichtstreuende Eigenschaften haben. An den zu verschweißenden Stellen, im Wesentlichen den Rändern 4, 9, 74 und/oder 5, 10, 75, wird in der beschriebenen Weise vor dem Schweißvorgang eine spezielle, Laserlicht absorbierende Flüssigkeit aufgebracht. Sie sorgt dafür, dass die Energie des Laserlichtes genau an der gewünschten Stelle in Wärme umgewandelt wird, so dass in diesem Bereich der Kunststoff lokal aufschmilzt. Diese Lasertechnik macht es möglich, die Schweißung nicht nur an der äußeren Oberfläche des Rings 1*, 6*, 71* im Bereich der Innenseite 30 und der Außenseite 31, sondern auch in inneren Bereichen der Fügebereiche 15, 16, 85 des Materials des Lüfterrades durchzuführen.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform haben die Segmente I – VII im Bereich der Innenseite 31 und/oder der Außenseite 30 in unmittelbarer Umgebung der Fügebereiche 15, 16, 85 eine besonders glatte Oberfläche. Dies kann beispielsweise durch Polieren der entsprechenden Bereiche des Spritzgiesswerkzeuges erreicht werden. Dadurch haben diese Oberflächen in noch geringerem Maße Laserlicht absorbierende, laserlichtreflektierende und/oder laserlichtstreuende Eigenschaften, was sich beim Laserschweiß-verfahren vorteilhaft auf die Einkoppelung des Laserlichts in die Fügebereiche 15, 16, 85 auswirkt.

Anhand von Fig. 27a wird eine vorteilhafte Ausgestaltung der Nut-Feder-Verbindung zwischen benachbarten Segmenten I, II erläutert, die ähnlich ausgebildet ist wie beim Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 14. Die Ausfüh-

rungsform gemäß Fig. 27a ist insbesondere für Laserschweißverbindungen zwischen den beiden Segmenten I, II besonders gut geeignet. Das Segment I hat als Formschlussteil die Feder 25, deren der Oberseite 30 des Ringabschnittes 1, 6, 71 zugewandte Flanke 39 fest mit der Seitenwand der Nut 26 im Ringabschnitt 1, 6, 71 des Segmentes II verschweißt ist. Diese Ausbildung ist dann von Vorteil, wenn eine Verschweißung an der von der Laserlichtquelle entfernt liegenden Flanke 40 der Feder 25 nicht oder nur schlecht möglich ist, beispielsweise aufgrund einer nicht ausreichenden Laserlichttransparenz des verwendeten Kunststoffes. Dies hat zur Folge, dass an der Flanke 40 keine oder eine nur schwach tragende Schweißverbindung durch Laserschweißen erreicht werden kann. Ein Großteil oder sogar die komplette Kraftübertragung findet daher über die Flanke 39 statt.

Aus diesem Grunde ist die Flanke 39 mit einer größeren Fläche ausgestattet als die gegenüberliegende Flanke 40. Dies hat zur Folge, dass die Feder 25 im Unterschied zu den Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 8 bis 10 und 14 nicht symmetrischen, sondern asymmetrischen Querschnitt hat. Dies führt zu einer asymmetrischen Kraftübertragung zwischen den beiden Segmenten I und II. Die asymmetrische Querschnittsgestaltung der Feder 25 führt dazu, dass die beiderseits der Feder 25 liegenden Bereiche 37, 38 des Ringabschnittes 1, 6, 71 des Segmentes II asymmetrisch ausgebildet sind, im Schnitt gemäß Fig. 27a gesehen. Ein Großteil oder die komplette Kraftübertragung findet über den zur größeren Flanke 39 gehörenden Bereich 37 statt. Aus diesem Grunde hat dieser Bereich 37 eine wesentlich größere Dicke als der gegenüberliegende Bereich 38, der zudem wesentlich kürzer ist als der Bereich 37, quer zur Dickenrichtung der Segmente gemessen.

Die Feder 25 im Zusammenwirken mit der Nut 26 erfüllt die Funktion der Selbstzentrierung der Segmente I und II beim Zusammenfügen zum Lüfterrad. Aufgrund des Keilwinkels zwischen den beiden Flanken 39, 40 wird beim Zusammenfügen im Bereich der Flanke 39 der zum Laserschweißen nötige Anpressdruck erreicht. Im Übrigen gelten für diese Ausführungsform auch die bezüglich des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 14 gemachten Ausführungen.

Die Flanke 39 schließt stumpfwinklig an den Anschlag 98 an, während die Flanke 40 etwa rechtwinklig an den Anschlag 98' des Segmentes I bzw. seines Randabschnittes 1, 6, 71 anschließt. Aufgrund der asymmetrischen Querschnittsgestaltung der Feder 25 liegen die beiden Anschläge 98, 98' quer zur Dickenrichtung der Segmente I, II versetzt zueinander, wie aus Fig. 27a hervorgeht. Beim Zusammenführen werden die Segmente I und II so lange aufeinander zubewegt, bis sie im Bereich der Anschläge 98, 98' miteinander in Kontakt kommen. Im Bereich der Anschläge 98, 98' kann ein Klebemittel vorgesehen sein, so dass die zusammengefügte Segmente I, II nicht nur durch Laserstrahlverschweißung, sondern auch durch eine Klebstoffverbindung fest miteinander verbunden sind. Die beiden Anschläge 98, 98' schließen jeweils rechtwinklig an die Oberseite 30 bzw. die Unterseite 31 des Segmentes I an. Die Nut 26 als Vertiefung im Segment II ist annähernd komplementär zur Feder 25 ausgebildet, so dass die zusammengesteckten Segmente I, II zuverlässig fest miteinander verbunden werden können. Außerdem ist dadurch eine einwandfreie Kraftübertragung gewährleistet.

Die Anschläge 98, 98' des Segmentes I bilden mit den entsprechenden Gegenanschlüssen des Segmentes II den Fügebereich 15, 16, 85.

Fig. 27b zeigt eine ähnliche Ausbildung der Nut-Feder-Verbindung wie Fig. 27a. Auch diese Verbindung ist insbesondere für Laserschweißverbindungen besonders gut geeignet. Um die Fläche der hauptsächlich die Kraft übertragenden Flanke 39 der Feder 25 sowie den hauptsächlich die Kraft übertragenden Bereich 37 zu vergrößern, ist im Bereich des Fügebereiches 15, 16, 85 die Wandstärke größer als im Bereich außerhalb dieses Fügebereiches. Zu diesem Zweck ist die Unterseite 31 des Ringabschnittes 1, 6, 71 des Segmentes I abgebogen verlaufend ausgebildet, während die Oberseite 30 eben verläuft.

In gleicher Weise ist auch die Unterseite 31 des Ringabschnittes 1, 6, 71 des Segmentes II im Fügebereich abgebogen ausgebildet, wodurch die Wanddicke im Fügebereich zunimmt. Im Bereich außerhalb des Fügebereiches

ches haben die Segmente I, II die Wandstärke D. Innerhalb des Fügebereiches ist die Wandstärke D_{\max} der Segmente I, II größer als die Wandstärke D im Bereich außerhalb des Fügebereiches. Vorteilhaft liegt die Wandstärke D_{\max} im Bereich des 1,05 bis 1,2fachen der Wandstärke D.

Der Bereich 38 des Segmentes II, der lediglich zum Zentrieren und zum Aufbringen des Anpressdruckes während des Fügeprozesses dient, steht über den übrigen Verlauf der Unterseite 31 vor.

Die beschriebene Gestaltung der Nut-Feder-Verbindung erlaubt es, den Anpressdruck auf die Flanke 39 der Feder 25 im Fügeprozess dadurch zu erhöhen, dass einseitig auf die Oberseite 30 im Fügebereich 15, 16, 85 ein Druck oder eine Kraft aufgebracht wird. Dabei werden die Segmente I, II entfernt vom Fügebereich 15, 16, 85 eingespannt.

Im Übrigen ist diese Ausführungsform gleich ausgebildet wie das Ausführungsbeispiel gem. Fig. 27a. Damit gelten auch für die Ausführungsform gemäß Fig. 27b die Ausführungen bezüglich der Ausführungsbeispiele nach den Fig. 14 und 27a.

Fig. 12 zeigt in perspektivischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines Segmentes zur Herstellung des Lüfterrades. Aus Fig. 12 geht der prinzipielle Aufbau der zuvor beschriebenen Segmente hervor. Das einstückig ausgebildete Segment hat den Flügel 11, der sich zwischen dem Deckringabschnitt 1 und dem Nabenringabschnitt 6 erstreckt. Der Deckringabschnitt 1 hat den gekrümmten äußeren Rand 2 sowie den gekrümmten inneren Rand 3, in Draufsicht gesehen. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist der äußere Rand 2 mit einer Abwinkelung 41 versehen, die sich über die Umfangslänge des Deckringabschnittes 1 erstreckt.

Der Deckringabschnitt 1 ist mit Abstand von der Abwinkelung 41 derart aufwärts gekrümmt, dass der innere Rand 3 größeren axialen Abstand vom Nabenringabschnitt 6 aufweist als der äußere Rand 2. Der Deckringabschnitt 1 weist die beiden Ränder 4, 5 auf.

Der Nabenringabschnitt 6 hat den gekrümmten äußeren Rand 7 und den inneren gekrümmten Rand 8. An ihren beiden Enden sind die Ränder 7, 8 durch die Ränder 9, 10 miteinander verbunden. Im Bereich des äußeren Randes 7 ist der Nabenringabschnitt 6 entgegengesetzt zum Deckringabschnitt 1 geringfügig abgewinkelt. Im Übrigen ist der Nabenringabschnitt 6 eben ausgebildet.

Die Ränder 4, 9 sind mit den Federn 25 versehen, wie es anhand der Fig. 8 - 10 und 14 bereits beschrieben wurde. Entsprechend sind die Ränder 5, 10 mit den Nuten 26 versehen. Die Federn 25 sind durch Aussparungen 42 unterbrochen, die Nuten 26 sind ebenfalls unterbrochen durch zu den Aussparungen 42 komplementäre Bereiche 43. Die zueinander komplementären Aussparungen und Bereiche 42, 43 sind so gestaltet, dass das Zusammenfügen erleichtert wird. Im zusammengefügte Zustand wird durch die Aussparungen 42 und Bereiche 43 ein zusätzlicher Formschluss in Längsrichtung des Fügebereichs 15, 16 erreicht. Außerdem sorgen die Aussparungen und Bereiche 42, 43 durch ihre schräg zulaufende Formgebung dabei, dass sich benachbarte Segmente beim Fügeprozess richtig zueinander positionieren (zentrierende Wirkung).

In Draufsicht auf das Segment gesehen, hat es – bis auf die Ausgestaltung der Ränder 4, 9, 74 und 5, 10, 75 – die gleiche Umrissform wie das Segment nach Fig. 2. Darum kann in Bezug auf die Anordnung der Ränder des Deckringabschnittes 1 und des Nabenringabschnittes 6 auf die dortigen Ausführungen verwiesen werden.

Fig. 22 zeigt in seitlicher Draufsicht und in vergrößerter Darstellung einen Ausschnitt eines Segmentrandes 4, 9, 74. In diesem Ausführungsbeispiel sind am Rand 4, 9, 74 die Federn 25 vorgesehen, wobei deren Querschnitt ähnlich wie anhand der Figuren 8 - 10 und 14 beschrieben gestaltet sein kann. Längs des Randes 4, 9, 74 sind in etwa konstanten Abständen Unterbrechungen 44 zwischen den Federn 25

vorhanden. Die (nicht gezeigte) Nut des Nachbarsegments kann in diesem Fall durchlaufend, also ohne Unterbrechungen, gestaltet sein. Der technische Vorteil, der mit diesen Unterbrechungen erreicht wird, ist der, dass die Flexibilität der Federn 25 hinsichtlich geringer Verschiebungen quer zu den Ringabschnitten 1, 6, 71 größer ist, was beim Fügeprozess zum Ausgleichen von Toleranzen in Richtung quer zu den Ringabschnitten 1, 6, 71 Vorteile bringt. Der Abstand a zweier Unterbrechungen 44 in Längsrichtung liegt vorteilhaft zwischen dem 0.5-fachen der Federtiefe t und dem 5-fachen von t . Am Fuß einer Aussparung zwischen benachbarten Federn 25 ist vorteilhaft eine Ver rundung zwischen zwei benachbarten Federn 25 vorgesehen, welche eine Vollrundung sein kann oder aber auch bionisch, d.h. mit nicht konstantem Radius gestaltet sein kann.

Fig. 13 schließlich zeigt im Axialschnitt eine Hälfte eines Radiallüfter rades. Es ist durch drei über seinen Umfang verlaufende Bänder 54 bis 56 verstärkt. Die Bänder werden vorteilhafterweise unter Vorspannung auf das Lüfterrad aufgebracht. Die Vorspannung kann in einem Bereich zwischen etwa 10 N und etwa 10 kN liegen, bevorzugt bei etwa 10 bis 100 N/mm² Bandquerschnittsfläche.

Im Ausführungsbeispiel hat das Lüfterrad drei Bänder 54 bis 56. Je nach Größe des Lüfterrades können auch nur ein, zwei oder mehr als drei Bänder vorgesehen sein. Die Zahl der Bänder kann zwischen 1 und 10 liegen. Für die Bänder 54 bis 56 werden bevorzugt Thermoplaste eingesetzt, wie Polyamid (PA6, PA66, PA66/6, PAPA, PPA, PA 4.6, PA12), Polyester (PBT, PET), Polypropylen (PP), PPS, PES, PESU, PEEK, ABS, PC, ASA und der-gleichen. Bevorzugt wird für die Bänder ein Polyamid, ein Polypropylen oder ein Polyester als Werkstoff verwendet.

Für die Bänder 54 bis 56 können auch Duroplaste eingesetzt werden, wie Epoxitharz, Harnstoffharz oder Phenolharz. Bevorzugt wird als Duroplast ein Epoxit-oder Phenolharzsystem herangezogen.

Die Bänder 54 bis 56 sind vorteilhaft mit Fasern verstärkt, unabhängig davon, ob sie aus einem Thermoplast oder einem Duroplast bestehen. Als Verstärkungsfasern kommen Glas, Kohlenstoff, Aramid, Thermoplast (PET, PA) oder Naturfasern in Betracht, wie beispielsweise Flachs, Hanf, Sisal, Jute oder Kokos.

Die Fasern sind bevorzugt Endlosfasern, die einfach hergestellt und kosten- günstig sind. Sie lassen sich problemlos in die Kunststoffmasse der Bänder 54 bis 56 einbringen.

Die Bänder 54 bis 56 erstrecken sich über den Umfang des Lüfterrades und sind in geeigneter Weise an ihm befestigt. So können die Bänder 54 bis 56 durch Schweißen mit dem Lüfterrad verbunden sein. Für den Schweißvorgang können Diodenlaser, aber auch andere Lasersysteme, eingesetzt werden. Sind die Segmente aus weitgehend lasertransparentem Material gefertigt, wird bei einer vorteilhaften Ausführungsform vor dem Laserschweißen im Bereich der aufzuschweißenden Bänder 54 bis 56 eine laserabsorbierende Flüssigkeit aufgebracht. Zum Schweißen kann auch Ultraschall eingesetzt werden. Auch ist es möglich, durch Reibung in Umfangsrichtung eine feste Verbindung zwischen den Bändern und dem Lüfterrad herzustellen.

Als weitere Möglichkeit zur Verbindung der Bänder 54 bis 56 mit dem Lüfterrad kommen auch Klebeverfahren in Betracht. Als Klebemittel kommen 1-oder 2K-Klebstoffe in Betracht, wie Polyurethan, Acryl, Methacrylate oder Silikone, oder Lösungsmittelsysteme.

Die Verbindung zwischen den Bändern 54 bis 56 und dem Lüfterrad kann auch dadurch erfolgen, dass sie mit einem aushärtenden Duroplast umwickelt werden, der nach dem Umwickeln aushärtet. Dadurch ist eine sichere feste Verbindung zwischen dem jeweiligen Band 54 bis 56 und dem Lüfterrad erreicht.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Deckring 1* längs seines äußeren Randes 2 mit einer umlaufenden Nut 57 versehen, in die das Band 55 eingelegt ist. Die Nut 57 ist somit am Außendurchmesser des Deckrings 1* vorhanden.

Auch am Innendurchmesser des Deckrings 1* befindet sich eine umlaufende Nut 58, die das Band 54 aufnimmt.

Die Nabenring 6* ist am Außendurchmesser mit einer umlaufenden Nut 59 für das Band 56 versehen.

Alle Nuten 57 bis 59 sind in Umfangsrichtung des Lüfterrades offen. Dadurch lassen sich die Bänder 54 bis 56 einfach in die Nuten 57 bis 59 einlegen. Die Nuten 57 bis 59 können bereits beim Spritzgießen der Segmente I bis VII vorgesehen werden. Jedes dieser Segmente weist dann in seinem Deckringabschnitt 1 bzw. Nabenringabschnitt 6 die entsprechenden Ringnutabschnitte auf, die beim Zusammenfügen der Segmente I bis VII die über den Umfang des Lüfterrades umlaufenden Ringnuten bilden.

Die Nutenseitenwände führen die Bänder 54 bis 56 in Axialrichtung, so dass sie nicht vom Lüfterrad abrutschen können.

Die Bänder 54 bis 56 können mehrmals über den Umfang des Lüfterrades gewickelt sein. Vorteilhaft werden die Bänder 54 bis 56 hierbei so oft über den Umfang des Lüfterrades gewickelt, dass die Nuten 57 bis 59 vollständig mit dem Band ausgefüllt sind.

Grundsätzlich reicht es aber aus, wenn das jeweilige Band 54 bis 56 nur einmal über den Umfang des Lüfterrades gewickelt ist, wobei die beiden Enden des Bandes einander überlappen. Die Überlappung liegt vorteilhafterweise bei mindestens 10 Bandbreiten bis maximal 20% des Umfangs. Bei einer solchen Ausbildung ist es vorteilhaft, wenn das jeweilige Band 54 bis 56 eine der Nutbreite entsprechende Breite hat.

Durch die Bänder 54 bis 56 werden die Segmente I bis VII fest zusammengehalten, so dass auch bei hohen Belastungen, beispielsweise bei hohen Drehzahlen und großen Durchmessern des Lüfterrades, nicht die Gefahr besteht, dass sich die Segmente voneinander lösen.

Sind die Lüfterräder mit den beschriebenen endlosfaserverstärkten Bändern 54 bis 56 versehen, können die Lüfterräder bei höheren Grenzdrehzahlen betrieben werden.

Die Bänder können auch bei Lüfterrädern vorgesehen sein, die nicht aus Segmenten hergestellt, sondern einstückig ausgebildet sind. Auch bei solchen Lüfterrädern wirken sich die vorteilhaft mit Vorspannung auf das Lüfterrad aufgewickelten Bänder 54 bis 56 vorteilhaft aus, insbesondere hinsichtlich der Erhöhung der Grenzdrehzahl des Lüfterrades.

Der Anteil der Fasern in den Bändern 54 bis 56 kann vorteilhaft zwischen 10 und 65 Volumenprozent liegen, vorzugsweise zwischen 25 und 60 Gewichtsprozent.

Auch Axiallaufräder, Diagonallaufräder oder Statoren können in der beschriebenen Weise mit Bändern 54 bis 56 vorteilhaft an Deckring 1* und/oder Nabenring 6* und/oder Zwischenringen 76* verstärkt sein.

Bei aus Segmenten gefertigten Lüfterrädern kann das Auftreten von Bindenähten komplett vermieden werden, wie sie beim Spritzguss von Kompletträdern zwangsweise auftreten. Der Spritzguss einzelner Segmente, insbesondere bei Segmenten mit nur einem Flügel 11, kann ohne das Auftreten von Bindenähten konzipiert werden. Diese schwer zu kontrollierende Schwachstelle kann somit bei aus Segmenten gefertigten Lüfterrädern vermieden werden. Die Festigkeit der Fügebereiche 15, 16, 85, die durch Klebe- oder Schweißverbindungen realisiert wird, kann mit den beschriebenen Elementen der Erfindung erreicht

werden.

Die Segmente sind jeweils so gestaltet, dass sie im Montageprozess jeweils in einer gleichen bzw. ähnlichen Bewegung zusammengeführt werden können. In Fig. 15 sind die Segmente I bis VII in der linken Abbildung im Ausgangszustand dargestellt. Die Bewegungspfeile für jedes Segment zeigen, dass sie die gleiche Zusammenführbewegung ausführen. Dadurch wird der Montageprozess wesentlich vereinfacht und erleichtert. Diese Art der Zusammenführung ist allerdings nur bei solchen Segmenten möglich, die an ihren Rändern 4, 9, 74; 5, 10, 75 keine vorstehenden Formschlusselemente aufweisen, welche einen Formschluss in Umfangsrichtung bewirken, wie dies beispielhaft in Fig. 3 dargestellt ist. In diesem Falle müssen die Segmente wegen des Vorsprunges 18 und der Durchbrechung 17 in Achsrichtung zusammengefügt werden. In diesem Falle kann die gemeinsame Bewegungsrichtung der Segmente die axiale Bewegung sein.

Das Lüfterrad kann nach dem Fügeprozess noch spanabhebend nachbearbeitet werden. Dies ist beispielsweise dann wichtig, wenn in bestimmten Bereichen des Lüfterrades eine hohe Rundlaufgenauigkeit gefordert wird. Dies ist beispielsweise für die Nuten 57 bis 59 (Fig. 13) für die Bänder 54 bis 56 zweckmäßig. Auch ist eine Nachbearbeitung beispielsweise im Hinblick auf den Zentrierdurchmesser sowie den Außendurchmesser des Deckrings 1* bzw. des Nabenrings 6* notwendig. Die Nuten 57 bis 59 können auch in den Segmenten I bis VII zunächst nicht vorgesehen sein und nach dem Fügen der Segmente spanabhebend eingebracht werden.

Ansprüche

1. Lüfterrad mit über den Umfang verteilt angeordneten Flügeln (11), die in Umfangsrichtung über mindestens einen Ring (1*, 6*, 71*) miteinander verbunden sind, wobei das Lüfterrad aus wenigstens drei einstückig ausgebildeten Segmenten (I bis VII) besteht, die jeweils mindestens einen Ringabschnitt (1, 6, 71) mindestens eines Ringes (1*, 6*, 71*) sowie entweder einen Flügel (11) oder wenigstens einen Abschnitt (11a, 11b) von Flügeln (11) aufweisen und zum Lüfterrad zusammengefügt sind, bei dem zumindest der Ringabschnitt/die Ringabschnitte (1, 6, 71) mit quer zur Umfangsrichtung des Lüfterrades liegenden, Fügebereiche (15, 16, 85) bildenden Rändern (4, 9, 74 und 5, 10, 75) aneinander liegen, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Rand (4, 9, 74 und 5, 10, 75) eines Ringabschnittes (1, 6, 71) jedes Segmentes (I bis VII) mit wenigstens einem vorstehenden Formschlussteil (25, 25*, 18) und mindestens ein Rand (4, 9, 74 und 5, 10, 75) eines Ringabschnittes (1, 6, 71) jedes Segmentes (I bis VII) mit wenigstens einer zum Formschlussteil (25, 25*, 18) zumindest annähernd komplementären Vertiefung (26, 26*, 17) versehen ist.
2. Lüfterrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Formschlussteil (25, 25*, 18) in Richtung auf sein freies Ende verjüngt.
3. Lüfterrad nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefung als Nut (26) im Bereich zwischen der Oberseite (30) und der Unterseite (31) des Ringabschnittes (1, 6, 71) angeordnet ist.
4. Lüfterrad nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefung als Teil (26*) einer Stufe zur Ober- oder zur Unterseite (30, 31) des Ringabschnittes (1, 6,

71) offen ist.

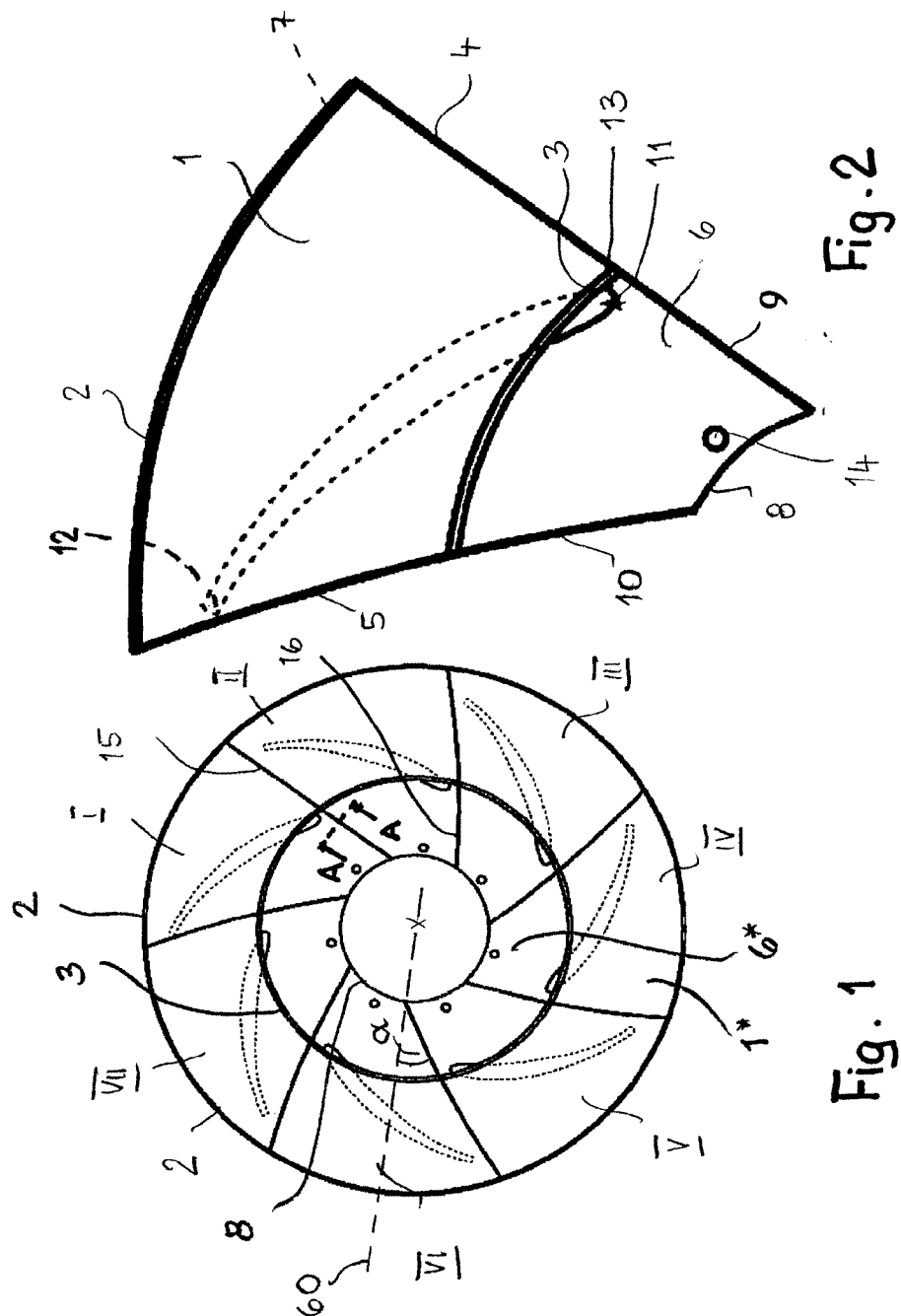
5. Lüfterrad nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der den Formschlussteil (25, 25*, 18) sowie die Vertiefung (26, 26*, 17) aufweisende Rand (32 bis 34) der Ringabschnitte (1, 6, 71) gestuft ausgebildet ist.
6. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefung (26, 26*, 17) eine Tiefe (t) hat, die im Bereich von etwa $(0,7 \text{ bis } 2,5) \cdot D$ liegt, wobei (D) die Wandstärke des Ringabschnittes (1, 6, 71) ist.
7. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Formschlussteil (25, 25*, 18) mit wenigstens einer Seitenfläche (39,40) an einer Seitenwand der Vertiefung (26, 26*, 17) anliegt.
8. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Übergang zumindest der einen Seitenfläche (39, 40) des Formschlussteiles (25, 25*, 18) in den Rand (4, 9, 74 und 5, 10, 75) des Ringabschnittes (1, 6, 71) gekrümmt erfolgt, vorzugsweise mit einem Radius (R1), der etwa 0,05 bis 0,3 der Wandstärke (D) des Ringabschnittes (1, 6, 71) beträgt.
9. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet dass die Bereiche (37, 38) zwischen den Seitenwänden einer als Nut (26) ausgeprägten Vertiefung und der Ober- sowie Unterseite (30, 31) des Ringabschnittes (1, 6, 71) etwa gleich dick sind.
10. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bereiche (37, 38) zwischen den Seitenwänden einer als Nut (26) ausgeprägten Vertiefung und der Ober- sowie Unterseite (30, 31) des Ringabschnittes (1, 6, 71) unter-

schiedlich dick sind.

11. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die eine Seitenfläche (39, 40) eines als Feder (25) ausgeprägten Formschlussteils größer ist als die andere Seitenfläche.
12. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandstärke (D_{\max}) des Ringabschnittes (1, 6, 71) im Bereich der Vertiefung (26, 26*, 17) größer ist als die Wandstärke (D) im Bereich außerhalb der Vertiefung.
13. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Lüfterrad mindestens einen Nabenring (6*) hat, der die Flügel (11) an deren nabenringseitigen Enden (96) in Umfangsrichtung miteinander verbindet und an dem das Lüfterrad mit einem Antriebsmotor verbunden ist.
14. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Lüfterrad mindestens einen Deckring (1*) hat, der die Flügel (11) an deren deckringseitigen Enden (91) in Umfangsrichtung miteinander verbindet.
15. Lüfterrad nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Nabenring (6*) und der Deckring (1*) versetzt zueinander angeordnet sind und die Flügel (11) sich zwischen Nabenring (6*) und Deckring (1*) erstrecken.
16. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Lüfterrad mindestens einen Zwischenring (71*) aufweist, welcher die Flügel (11) in Umfangsrichtung miteinander verbindet und an den Flügeln im Bereich zwischen deren seitlichen Enden (96, 91) befestigt ist, wobei die Segmente (I-VII) jeweils mindestens einen Zwischenringabschnitt (71) aufweisen.

17. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die Segmente (I bis VII) zumindest annähernd gleich ausgebildet und vorteilhaft Spritzgussteile sind.
18. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass die Ränder (4, 9, 74; 5, 10, 75) der Ringabschnitte (1, 6, 71) im Wesentlichen deckungsgleich aneinander liegen und Fügebereiche (15, 16, 85) bilden, mit denen benachbarte Segmente (I bis VII) flächig aneinander liegen.
19. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass benachbarte Segmente (I bis VII) mittels Kleben und/oder Schweißen an den Fügebereichen (15, 16, 85) miteinander verbunden sind.
20. Lüfterrad nach Anspruch 18 oder 19,
dadurch gekennzeichnet, dass Querschnitte durch die Fügebereiche (15, 16, 85) in einer die Fügeflächen vergrößernden Art und Weise gestaltet sind.
21. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass die zuströmseitigen sowie abströmseitigen Enden (12, 13) der Flügel (11) Abstand von den Fügebereichen (15, 16) haben.
22. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass Fügebereiche (86) durch die Flügel (11) verlaufen.
23. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 19 bis 22,
dadurch gekennzeichnet, dass die Segmente (I bis VII) mittels Laserschweißen, Induktionsschweißen oder Heißgasschweißen miteinander verbunden sind.

24. Lüfterrad, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Lüfterrad an wenigstens einem Ring (1*, 6*, 71*) mit wenigstens einem Verstärkungsband (54 bis 56) umwickelt ist, das aus Thermoplast oder Duroplast bestehen kann.
25. Lüfterrad nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Verstärkungsband (54 bis 56) Verstärkungsteile, vorzugsweise quasi endlose Verstärkungsfasern, enthält.
26. Lüfterrad nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Verstärkungsband (54 bis 56) an einem Ring (1*, 6*, 71*) des Lüfterrades durch Schweißen oder Kleben befestigt ist.
27. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Ring (1*, 6*, 71*) des Lüfterrades zur Aufnahme des Verstärkungsbandes (54 bis 56) mit wenigstens einer umlaufenden Nut (57 bis 59) versehen ist.
28. Lüfterrad nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass das Lüfterrad einstückig ausgebildet ist.



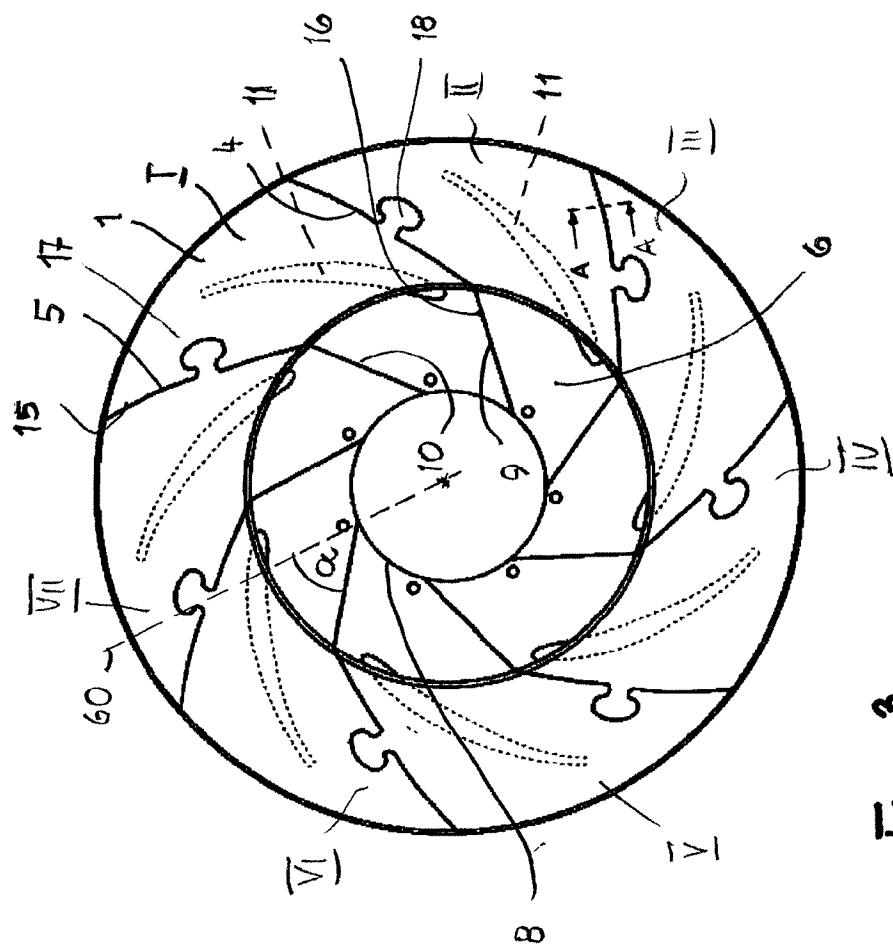


Fig. 3

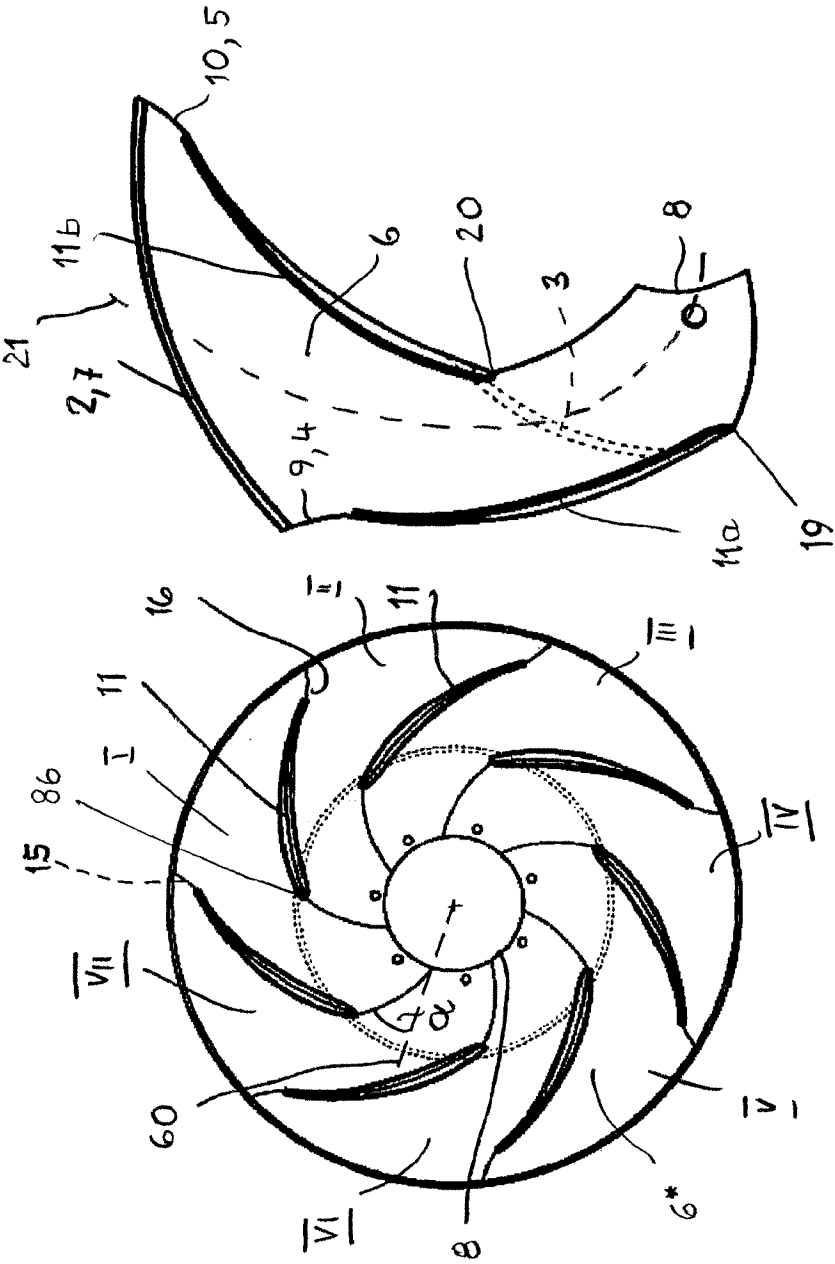


Fig. 5

Fig. 4

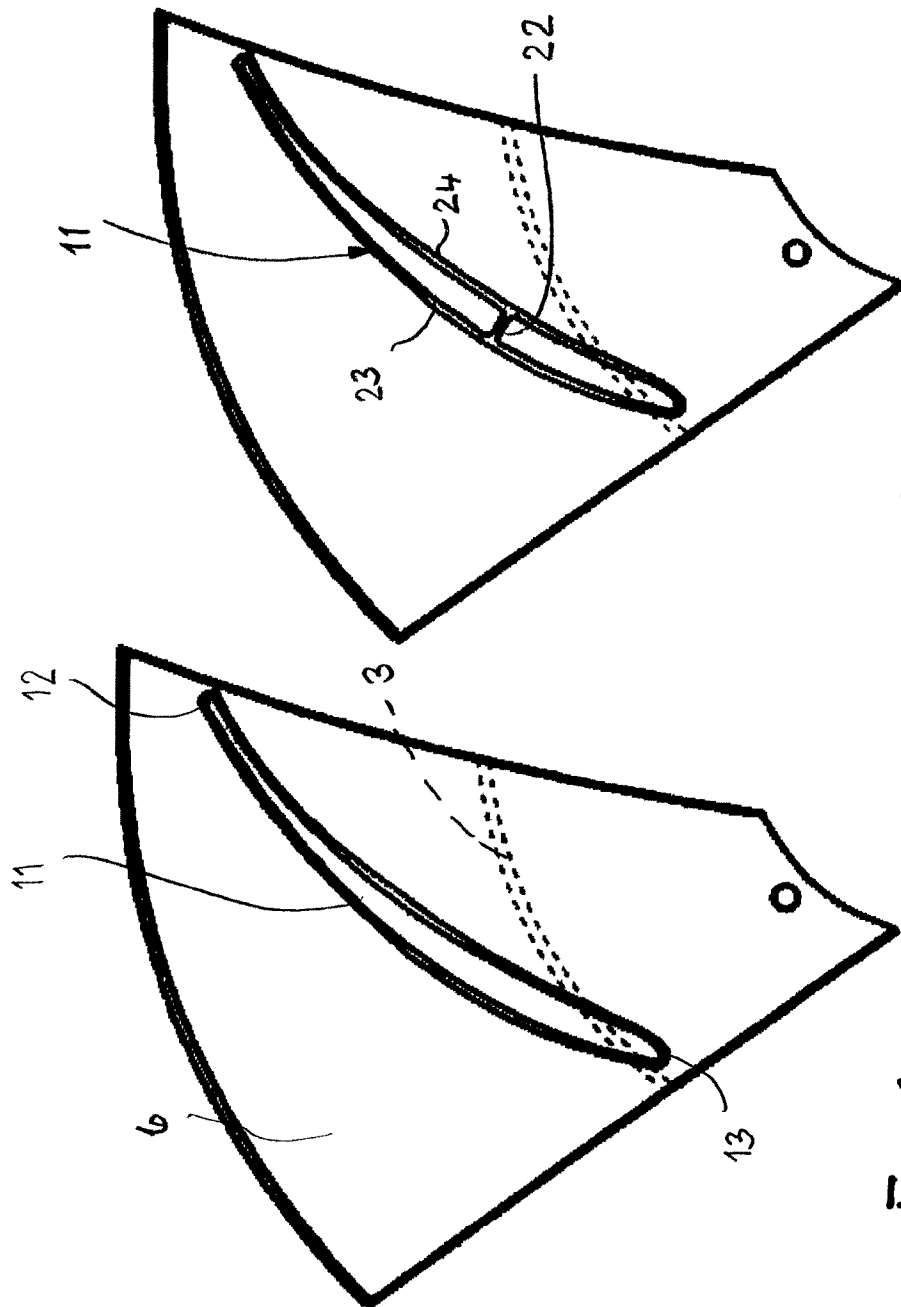


Fig. 7

Fig. 6

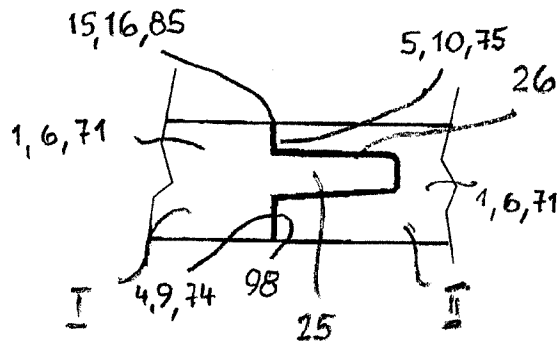


Fig. 8

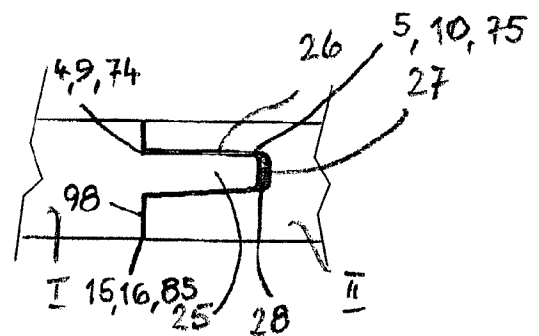


Fig. 9

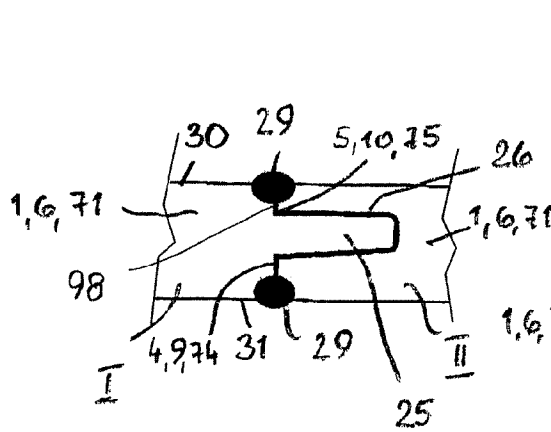


Fig. 10

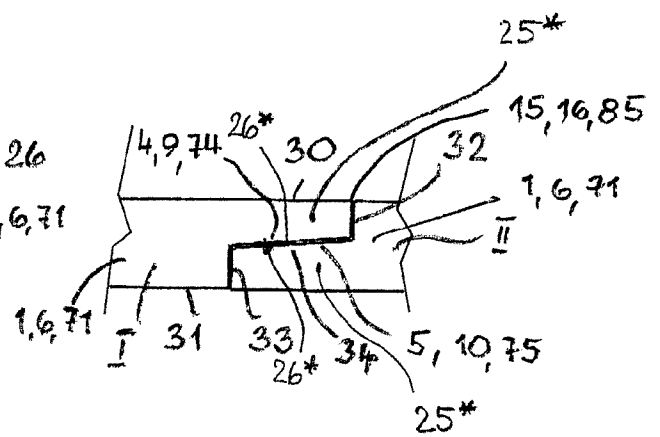


Fig. 11

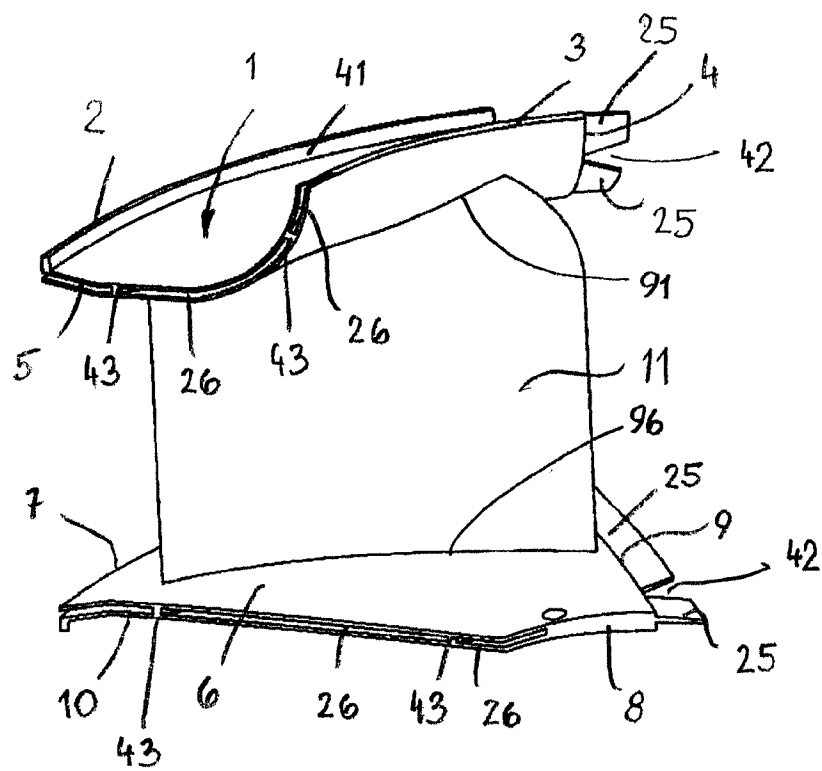


Fig. 12

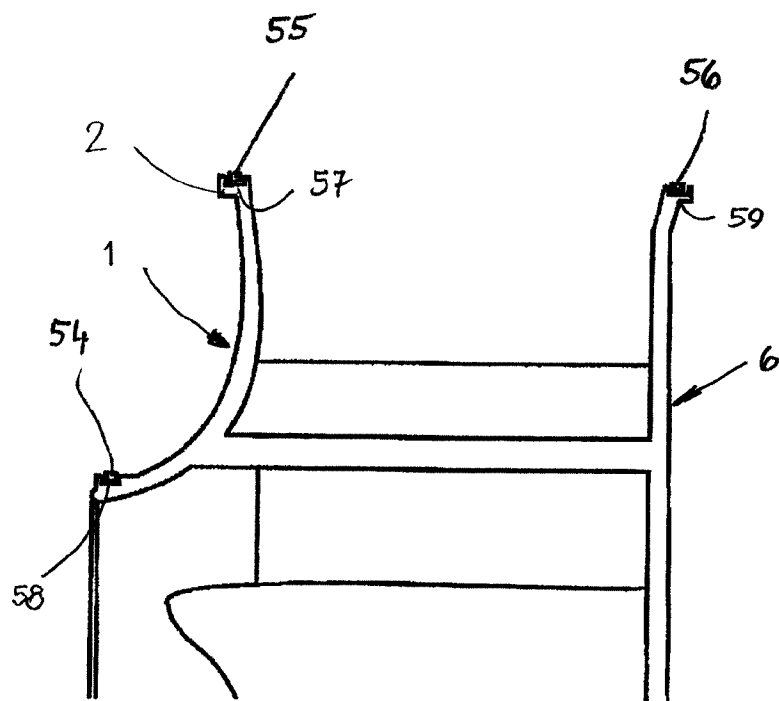
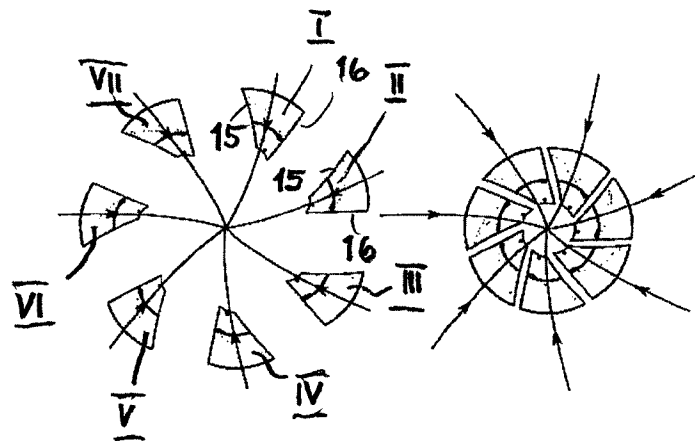
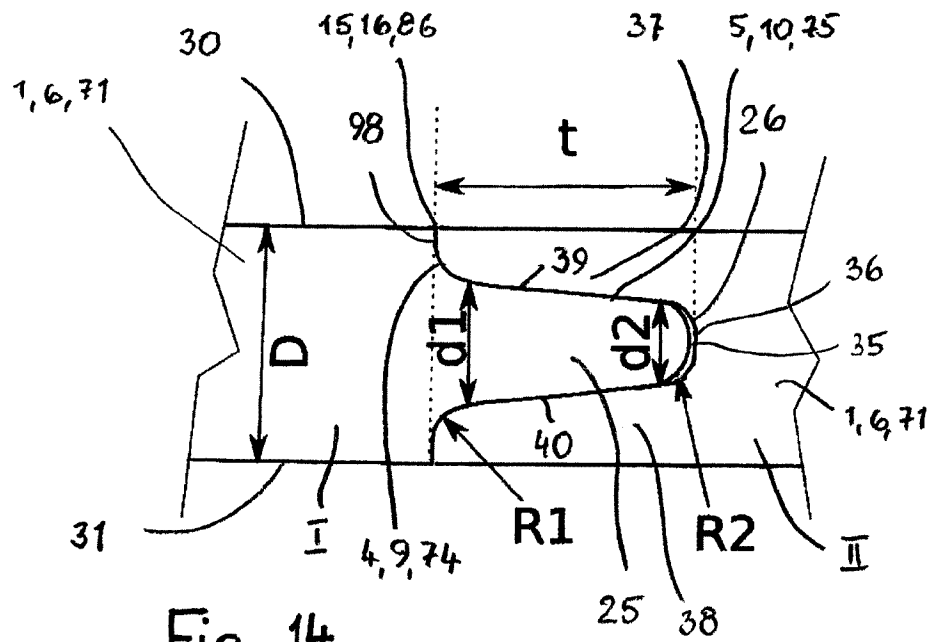


Fig. 13



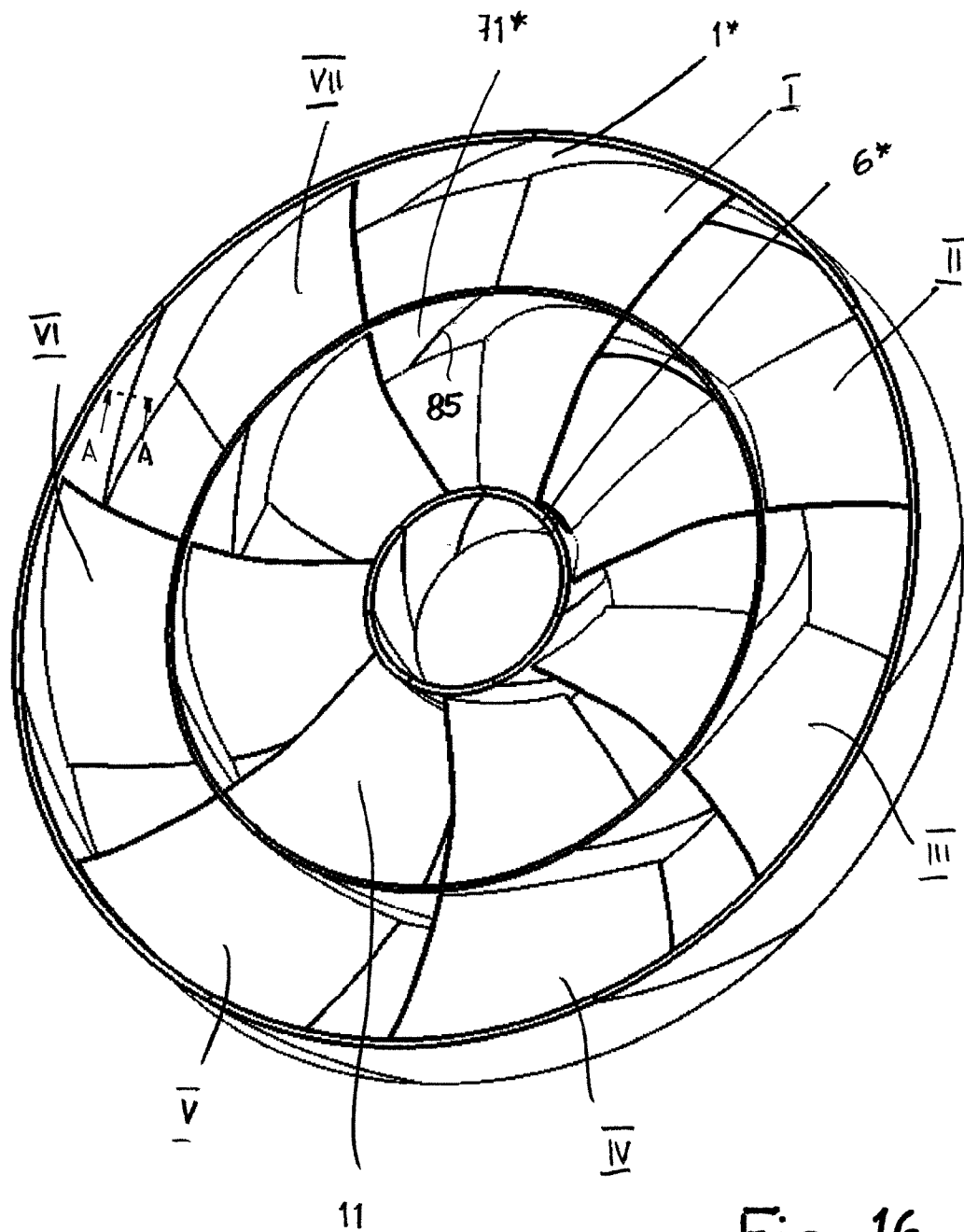


Fig. 16

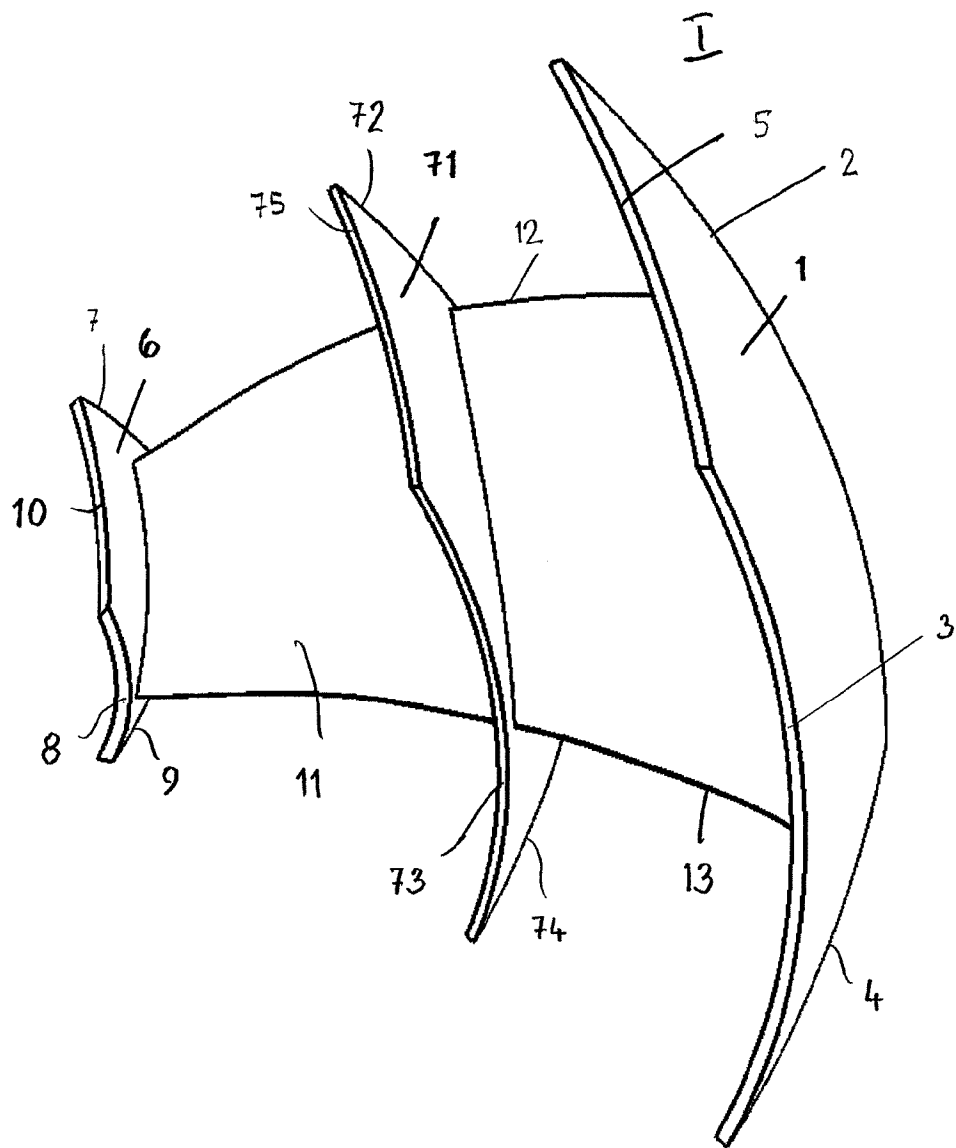


Fig. 17

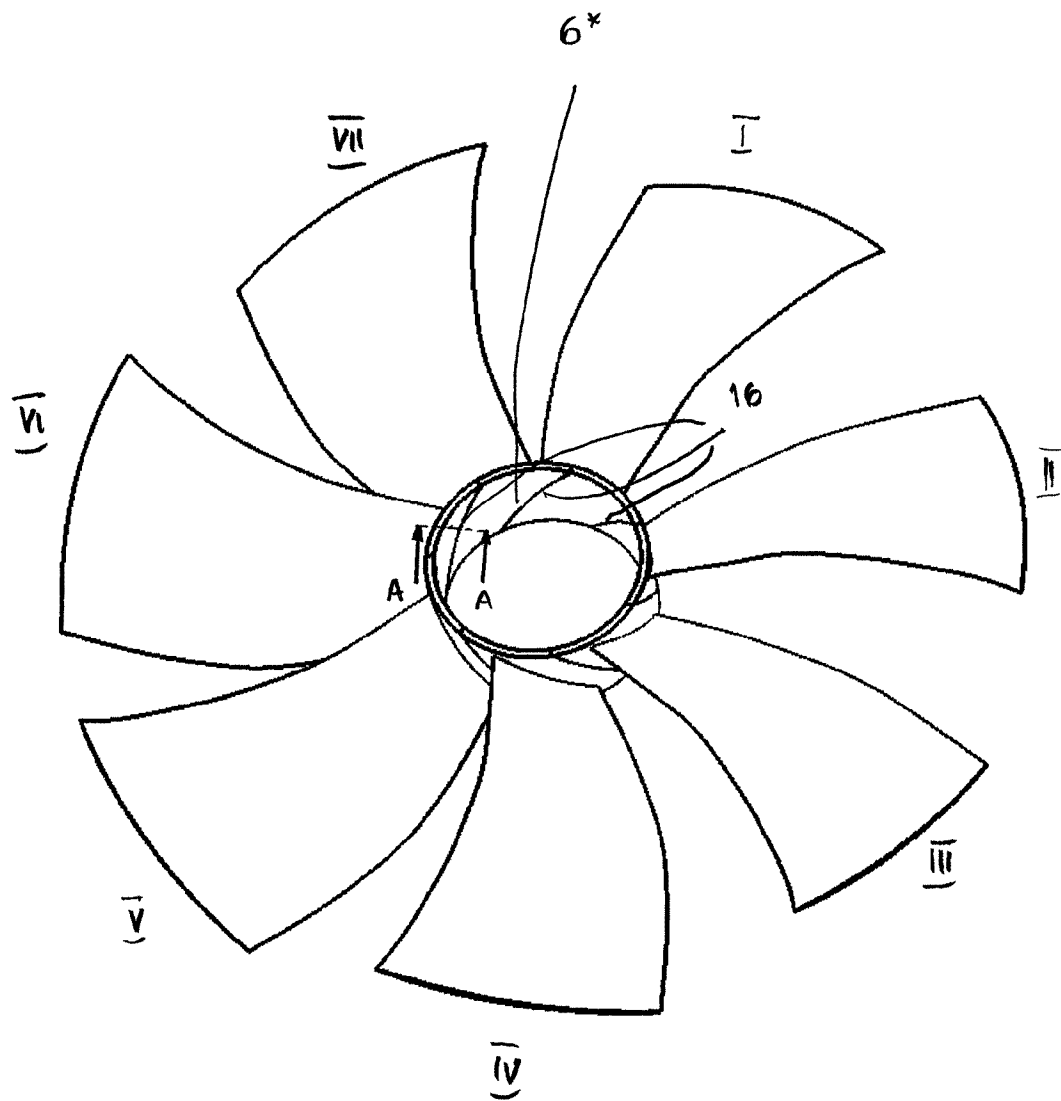


Fig. 18

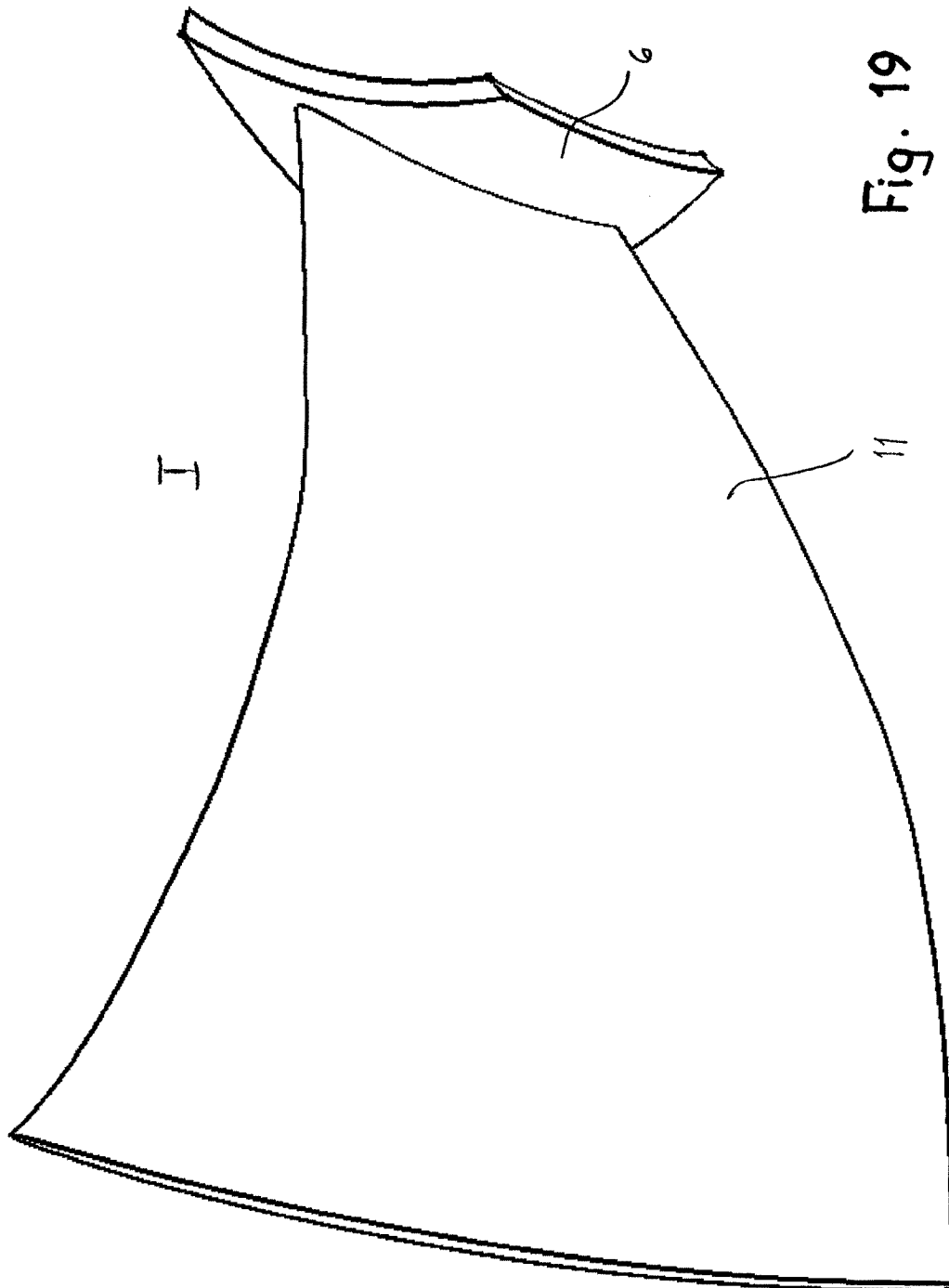


Fig. 19

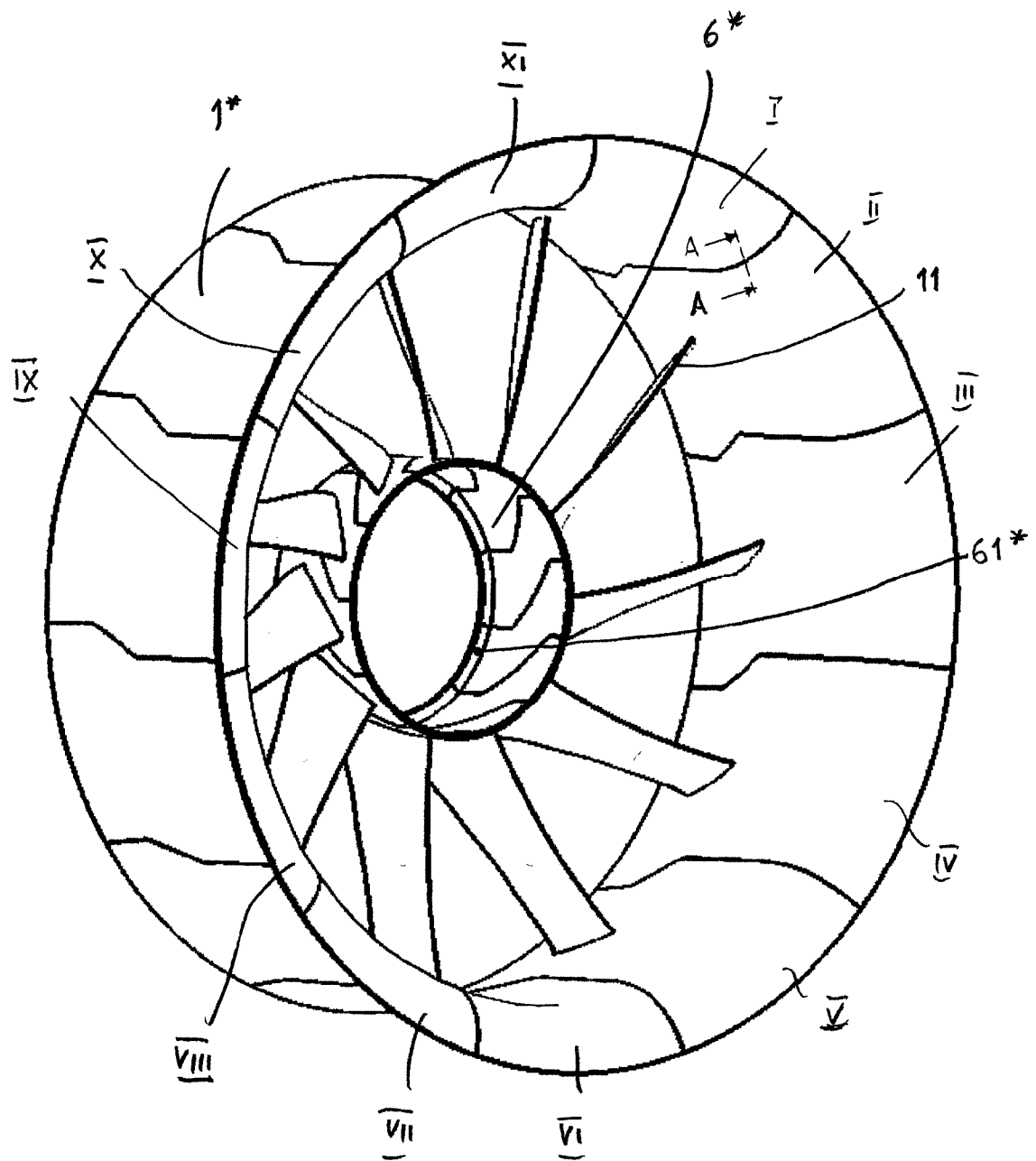


Fig. 20

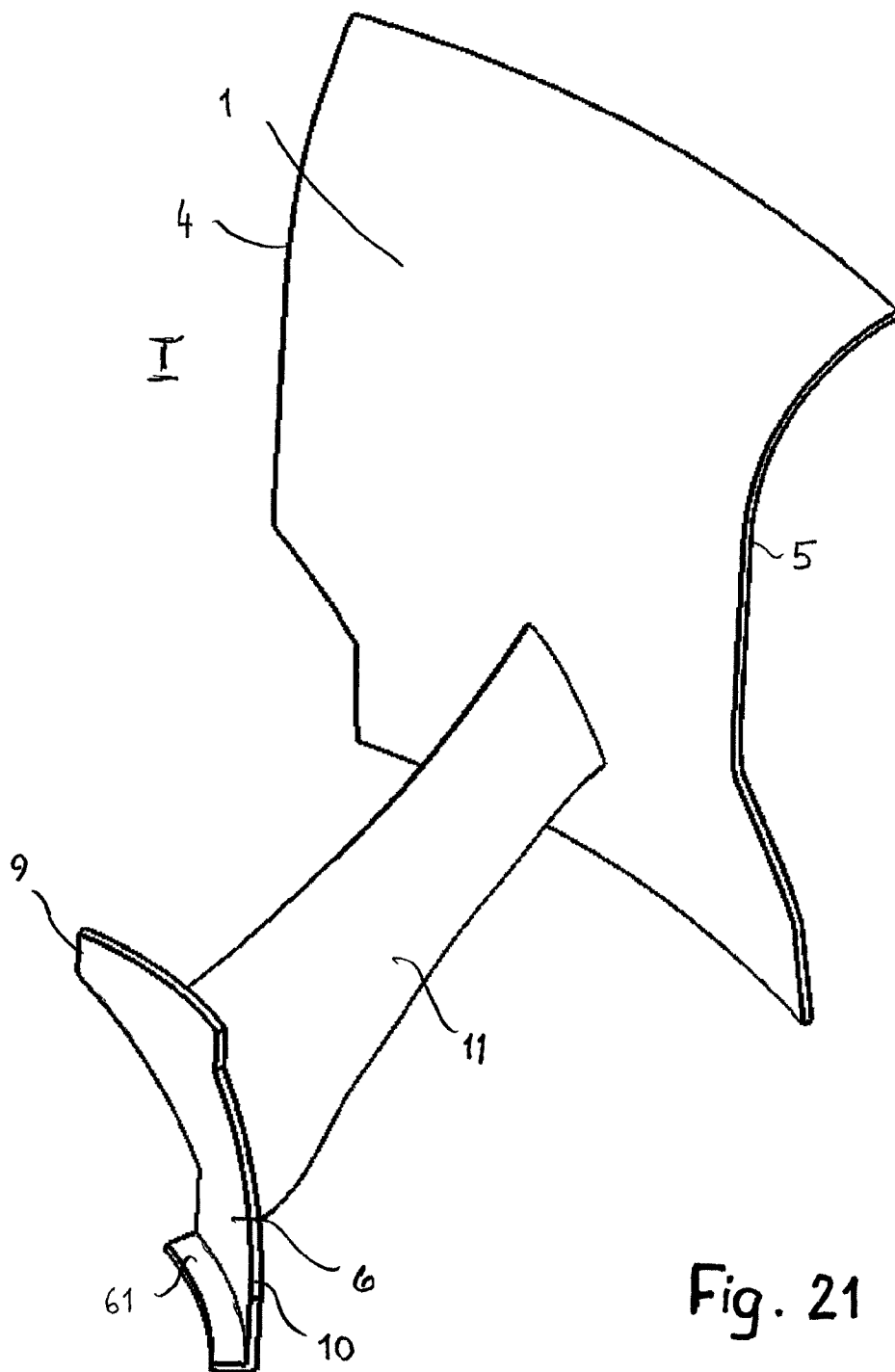


Fig. 21

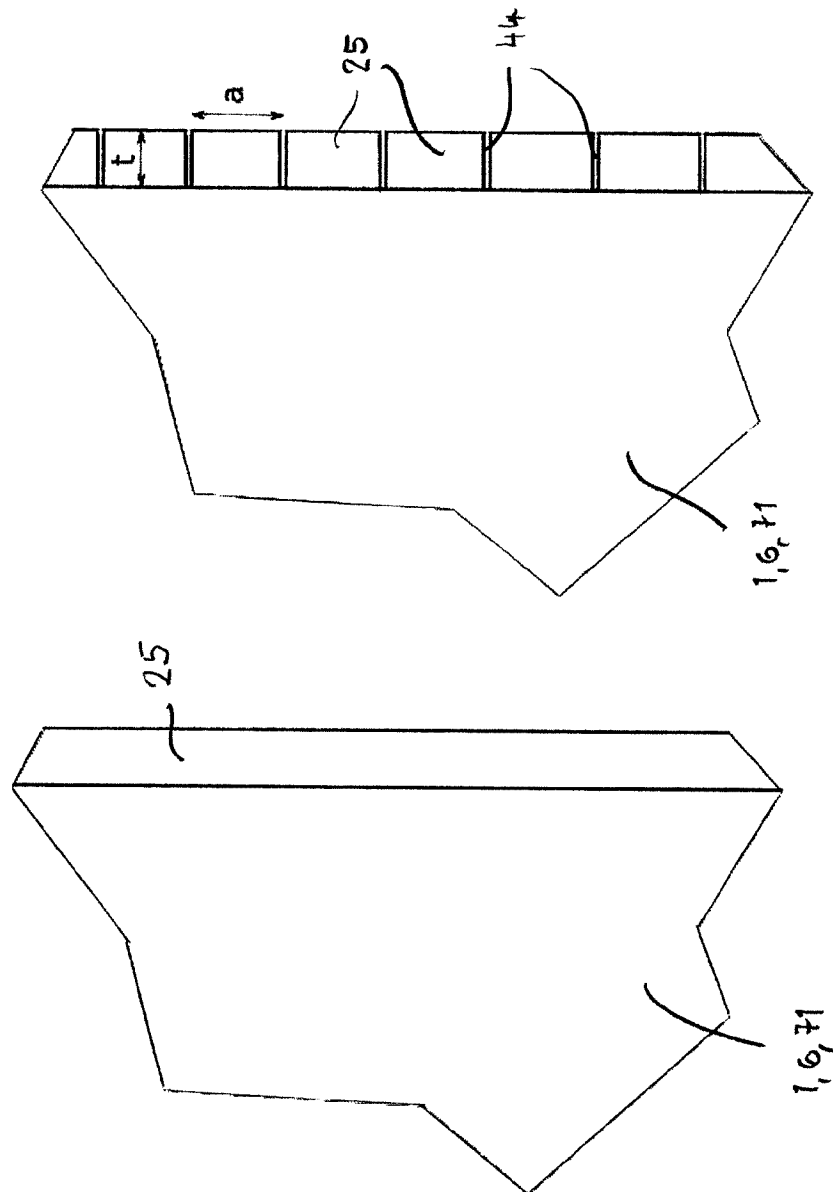


Fig. 22

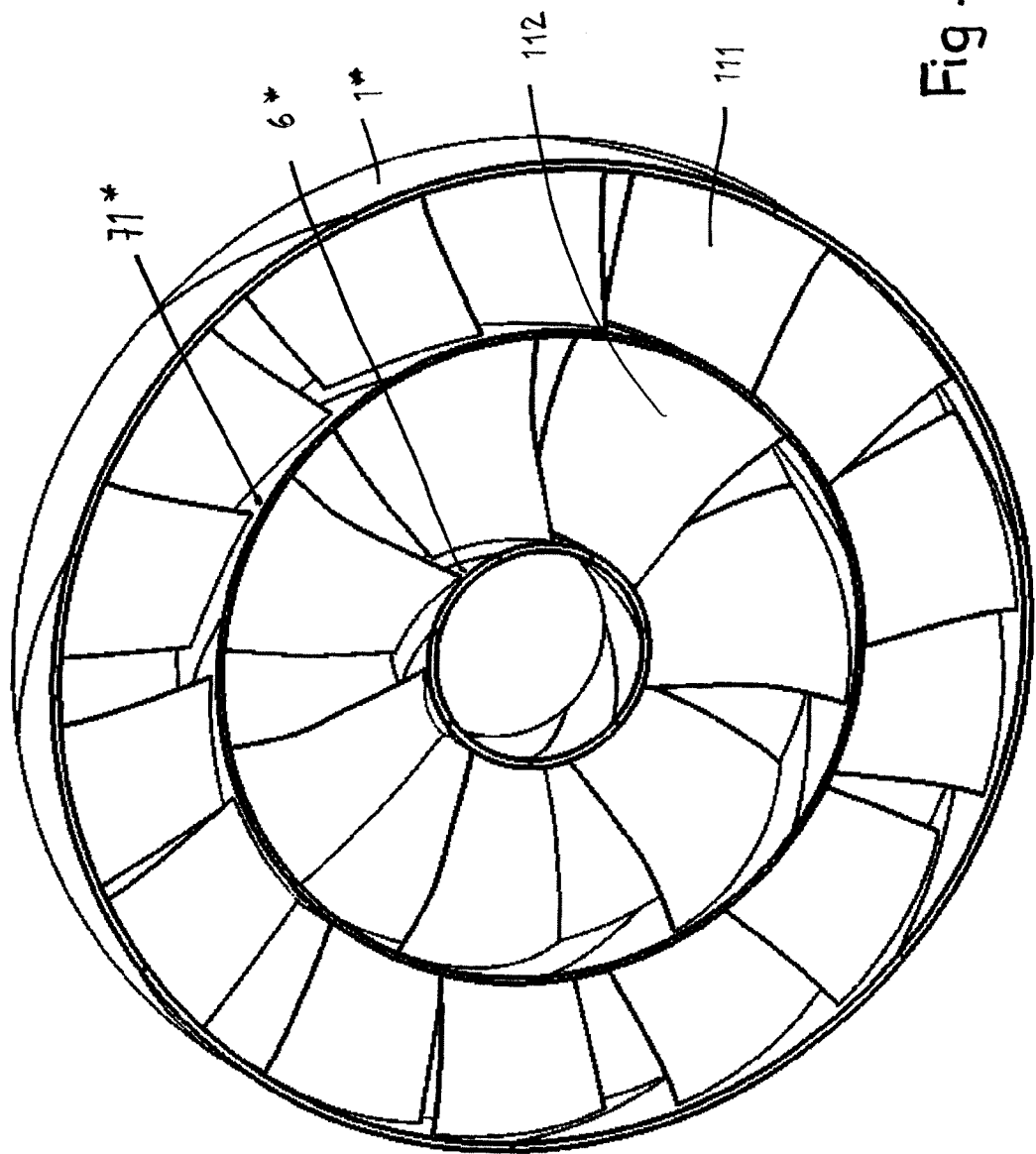


Fig. 23

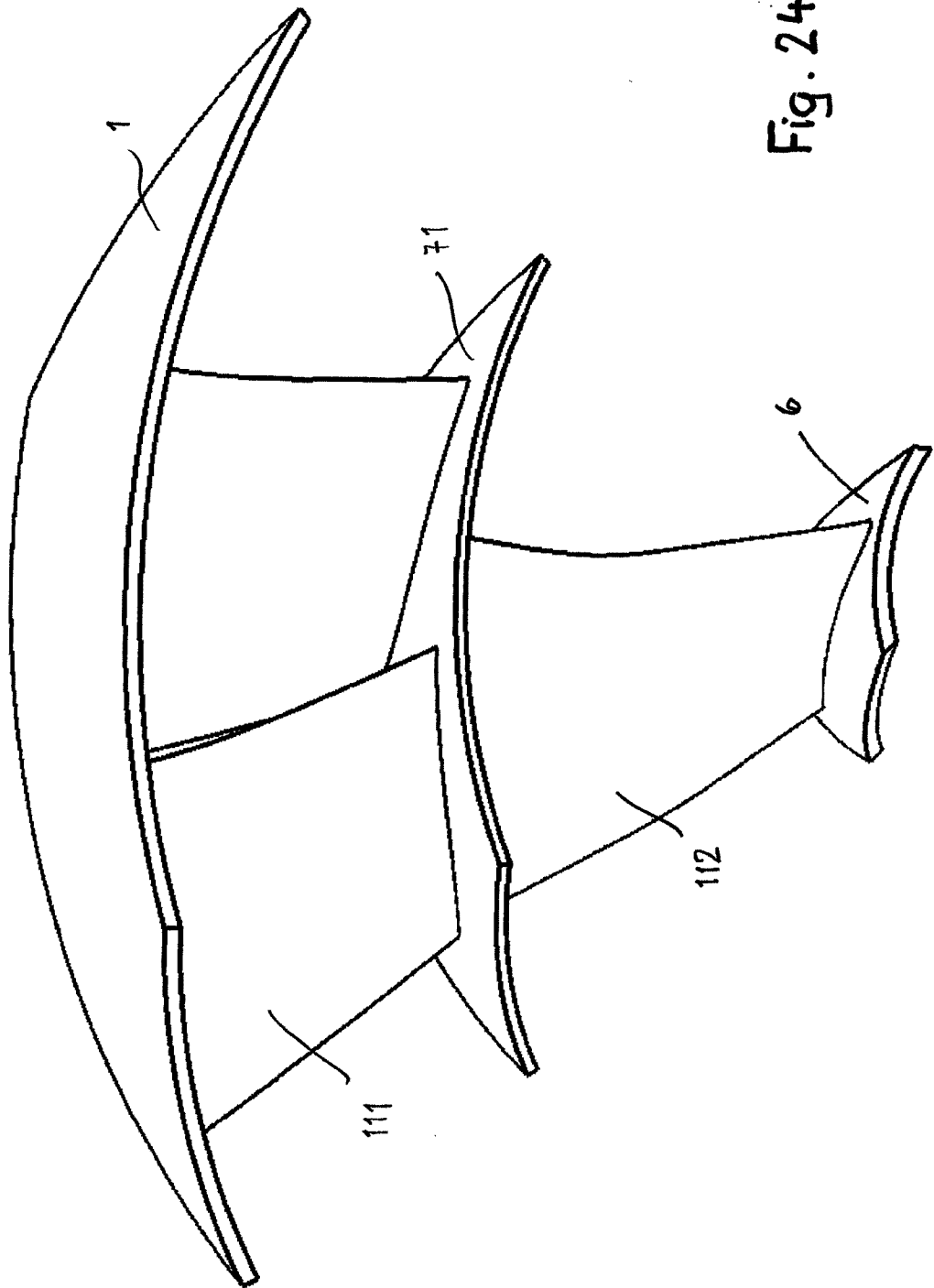


Fig. 24

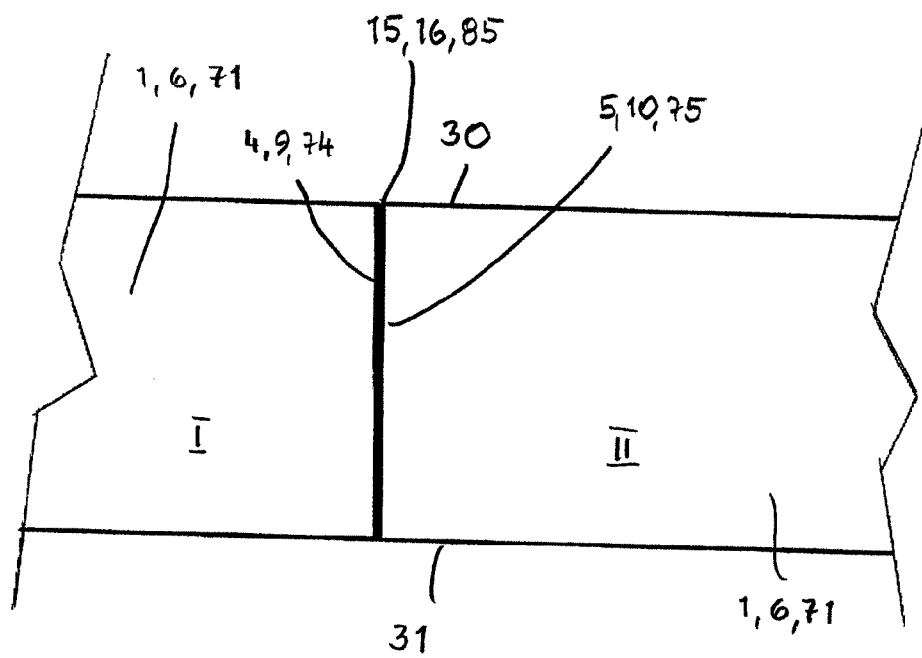


Fig. 25

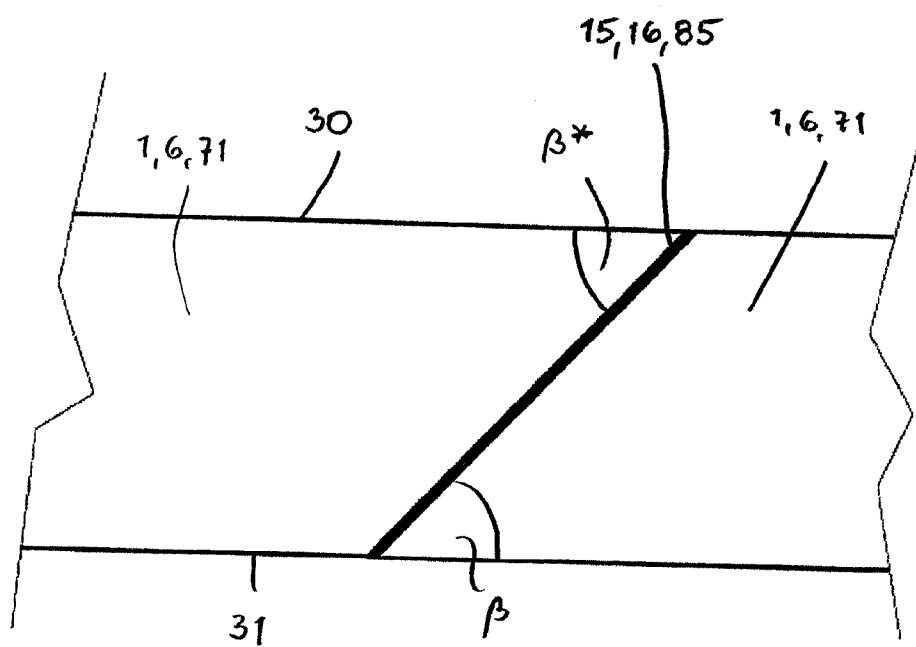


Fig. 26

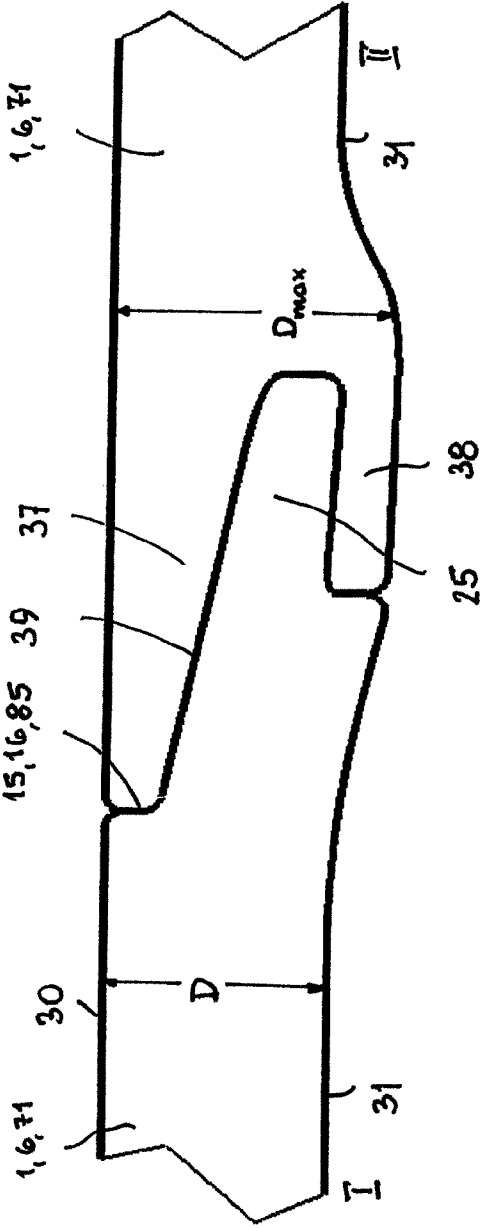


Fig. 27b