

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 20 2011 001 452 U1** 2011.04.21

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2011 001 452.5**

(22) Anmeldetag: **13.01.2011**

(47) Eintragungstag: **17.03.2011**

(43) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **21.04.2011**

(51) Int Cl.: **F03D 1/06 (2006.01)**

F03D 9/00 (2006.01)

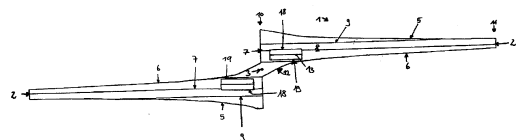
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Unger, Fritz, 30559 Hannover, DE

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
Taruttis, S., Dr., Pat.-Anw., 30159 Hannover

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Rotor für Windkraftwerksrotor**

(57) Hauptanspruch: Rotor für einen Windkraftgenerator mit zumindest einem um eine Drehachse drehbaren Flügel (1), der zwischen einer Vorderkante (5) und einer Hinterkante (6) eine erste Fläche (8) aufweist, die senkrecht zur Längsachse (2) des Flügels (1) ein konvexes Profil mit einer Scheitellinie (7) hat, die sich etwa parallel zur Längsachse (2) des Flügels (1) erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass an der Scheitellinie (7) Flächenabschnitte der ersten Fläche (8) in einem Winkel aneinander angrenzen und die gegenüberliegende zweite Fläche dadurch konkav ist, dass Flächenabschnitte der zweiten Fläche in einem Winkel entlang einer zur Scheitellinie (7) der ersten Fläche parallelen Scheitellinie der zweiten Fläche aneinander angrenzen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Rotor für einen Windkraftgenerator und einen Windkraftgenerator mit einem solchen Rotor, der eine Struktur bzw. einen Aufbau aufweist, der eine einfache Herstellung erlaubt und sich durch eine effektive Umsetzung der Windenergie in Rotation und ein besonders ruhiges Laufverhalten bei Anströmung entlang der Drehachse des Rotors auszeichnet. Der Rotor kann mit nur einem Flügel versehen sein und ein symmetrisch zum Flügel angeordnetes Kontergewicht aufweisen, vorzugsweise weist der Rotor zwei oder mehr Flügel auf, die symmetrisch und radial zur Drehachse angeordnet sind. In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Rotor zwei Flügel auf, die gegenüberliegend radial zu einer gemeinsamen Drehachse angeordnet sind. In bevorzugter Ausführungsform erstrecken sich die Längsachsen der Flügel zueinander in einem Abstand, der von einem Verbindungsstück überdeckt wird, in dessen Mitte die gemeinsame Drehachse angeordnet ist. In dieser Ausführungsform sind die Flügel besonders bevorzugt entlang beabstandeter Parallelen und daher in einem Winkel gegen die Radiale angeordnet, der durch ihren Abstand hergestellt ist, über welchen sich das mit der Nabe verbundene Verbindungsstück erstreckt. Besonders bevorzugt ist ein Flügel, bevorzugter zwei Flügel einstückig mit dem sie verbindenden Zwischenstück ausgebildet, z. B. aus einem durchgehenden Metallblech oder zumindest einer Kunststoffmasse. Optional weist jeder Flügel ein beabstandetes Flächenelement auf. Das optionale Flächenelement, das auf jedem Flügel angeordnet ist, steigert die Vorteile der Laufeigenschaften des erfindungsgemäßen Rotors. Generell ist in der Drehachse des Rotors eine Nabe angeordnet, die direkt oder mit zwischengeschaltetem Getriebe mit einem Generator gekoppelt ist. Bevorzugt ist der Läufer des Generators auf der Nabe des Rotors befestigt.

[0002] Bekannte Rotoren für Windkraftgeneratoren weisen radial zu einer Drehachse angeordnete Flügel auf, die eine dem einfallenden Wind zugewandte konvexe erste Fläche haben und eine gegenüberliegende zweite Fläche mit flacherem konvexem Profil, die in Lee angeordnet ist. Solche Flügel haben ein beträchtliches inneres Volumen, das von den zwei gegenüberliegenden konvexen Flächen begrenzt wird und ein Herstellungsverfahren erfordert, mit dem diese gegenüberliegenden konvexen Flächen unabhängig voneinander erzeugt werden können. Zur Anpassung des Profils der beiden konvexen Flächen an die lokale Geschwindigkeit des drehenden Flügels sind üblicherweise die konvexen Flächen mit zunehmendem Abstand von der Nabe in einem flacheren Winkel gegen die Ebene angeordnet, die auf der Drehachse der Nabe senkrecht steht, z. B. von einer steilen Anstellung an der Flügelbasis bis zu einer flachen

Anstellung etwa parallel zu einer Ebene, die auf der Nabe senkrecht steht.

[0003] Gegenüber vorbekannten Rotoren für Windkraftgeneratoren stellt sich der Erfindung die Aufgabe, einen alternativen Rotor bereitzustellen, insbesondere einen Rotor, der einen einfacheren Aufbau hat und ein einfacheres Herstellungsverfahren erlaubt. Vorzugsweise hat der alternative Rotor eine hohe Laufruhe und/oder erlaubt eine Umsetzung einer Luftbewegung in Drehung des Rotors mit etwa der Effizienz herkömmlicher Rotoren oder höher.

[0004] Der erfindungsgemäße Rotor ist durch die Merkmale der Ansprüche definiert und zeichnet sich dadurch aus, dass er zumindest einen Flügel aufweist, der an einer Rotornabe angeordnet ist, wobei der Flügel eine Wölbung zwischen seiner Vorderkante und seiner Hinterkante aufweist, die eine erste konvexe Fläche und eine dieser gegenüberliegende zweite konkave Fläche aufweist, wobei die erste Fläche gegen die auf den Flügel treffende Windrichtung auszurichten ist. Das konvexe Profil der ersten Fläche und das durch die Dicke des Flügels beabstandete konkave Profil der dieser gegenüberliegenden zweiten Fläche ist erfindungsgemäß durch Anordnung von Flächenabschnitten der ersten Fläche bzw. der zweiten Fläche entlang parallelen Scheitellinien auf der ersten bzw. zweiten Fläche gebildet, die durch die Dicke des Flügels beabstandet sind. Bevorzugt ist eine Scheitellinie der ersten Fläche und eine Scheitellinie der zweiten Fläche durch eine gemeinsame Knickkante gebildet.

[0005] Dieser Aufbau des Flügels erlaubt ein einfaches Herstellungsverfahren, da das konkave Profil der zweiten Fläche durch die Dicke des Flügelmaterials und das konvexe Profil der ersten Fläche bestimmt ist, so dass der Flügel dünn ist und kein Vollprofil zwischen zwei konvexen Flächen wie übliche Rotorflügel aufweist. Das Profil von erster und zweiter Fläche kann durch eine Knickkante oder zwei oder mehr Knickkanten gebildet sein, die jeweils längs des Flügels oder in einem spitzen Winkel, z. B. von 0 bis 15° zur Längsachse des Flügels verlaufen.

[0006] Bevorzugt sind die Abschnitte der ersten und zweiten Fläche, die in einem Winkel an Scheitellinien aneinander angrenzen, jeweils plan, so dass die erste und zweite Fläche durch plane Flächenabschnitte gebildet sind, die an Scheitellinien winklig aneinander angrenzen.

[0007] Bevorzugt sind die erste und die zweite Fläche in einem Abstand zueinander angeordnet, der über die Länge und/oder über die Breite des Flügels konstant ist. So können die erste und die zweite Fläche eines Flügels, insbesondere ein einstückiger Rotor mit einem oder mehr Flügeln mit einem zwischen diesen angeordneten Verbindungsstück aus einem

Material einheitlicher Dicke gebildet sein, z. B. aus einem Metallblech oder Kunststoff einheitlicher Dicke.

[0008] Überraschender Weise hat sich gezeigt, dass ein Rotor mit erfindungsgemäßen Flügeln eine nur unwesentlich geringere Effizienz bei der Umsetzung von Windkraft in Rotation hat, als ein Rotor mit Flügeln gleicher Dimension, die beidseitig konvex sind.

[0009] Der erfindungsgemäße Flügel und ein einstückiger Rotor mit einem oder mehreren an einem Verbindungsstück angeordneten Flügeln ist durch Formen aus einem Material, das insbesondere eine einheitliche Schichtdicke aufweist, herstellbar. So kann ein Flügel bzw. ein einstückiger Rotor durch Ausstanzen aus einem Metallblech und anschließendes Knicken entlang der zumindest einen Knicklinie längs jedes Flügels hergestellt sein. Vorzugsweise ist ein Metallblech ein Aluminium-, Stahl- oder Titanblech, insbesondere mit passivierter Oberfläche, mit einer Oxidationsschutzschicht oder besteht aus rostfreiem Material.

[0010] Dabei bietet ein Flügel, dessen konvexe erste Fläche und gegenüber liegende konkave zweite Fläche durch Knicken entlang einer Knickkante gebildet sind, den Vorteil, dass eine Versteifung des Flügels zum einen durch die winklige Anordnung der Flächenabschnitte entlang der Knickkanten erzeugt ist, und zum anderen durch die Härtung bzw. Versprödung des Metallblechs durch das Knicken, z. B. beim Einpressen eines ausgestanzten Metallblechs mit dem Umriß eines Flügels zwischen einem Stempel und einer Matrize.

[0011] Alternativ kann ein erfindungsgemäßer Flügel und ein einstückiger Rotor mit einem oder mehreren an einem Verbindungsstück angeordneten Flügeln durch Härten einer Kunststoffmasse in einer Negativform des Flügels oder Rotors hergestellt sein, insbesondere ein Gußteil, z. B. ein Spritzgußteil sein.

[0012] Der Generator kann auf der der ersten Fläche zugewandten Seite des Rotors angeordnet sein. Bevorzugt erstreckt sich die Nabe des Rotors nur von der der zweiten Fläche zugewandten Seite, die der ersten Fläche gegenüberliegt, und der Generator ist mit der Nabe gekoppelt; in dieser Ausführungsform ist die Nabe und/oder der Generator vorzugsweise auf einer zur Nabe senkrechten Halterung angeordnet, und insbesondere um die Halterung drehbar.

[0013] Optional weist der Flügel ein in einem Abstand auf seiner ersten Fläche angeordnetes Flächenelement auf, das sich etwa parallel zur Längsachse des Flügels zwischen der Hinterkante des Flügels und dem Scheitel der konvexen ersten Fläche erstreckt. Ein solches Flächenelement weist eine vordere Kante auf, die in einem Abstand zur ersten Fläche angeordnet ist, und eine der vorderen Kante ge-

genüberliegende hintere Kante, die in einem Abstand zur ersten Fläche des Flügels angeordnet ist. Vordere Kante und hintere Kante des Flächenelements sind vorzugsweise parallel zueinander, weiter bevorzugt parallel zur Längsachse des Flügels angeordnet und können im gleichen oder in unterschiedlichen Abständen zur ersten Fläche des Flügel angeordnet sein. Das Flächenelement kann sich in einer Ebene erstrecken, die im wesentlichen parallel zu dem vom Flächenelement überdeckten Abschnitt der ersten Fläche des Flügels erstreckt, insbesondere kann das Flächenelement plan sein, eine konvexe erste Oberfläche aufweisen, die der ersten Fläche des Flügels abgewandt ist, und z. B. zumindest zwei um eine etwa parallel zur Längsachse des Flügels verlaufende Knickkante gegeneinander geneigte Flächenabschnitte aufweisen, wobei die Knickkante einen größeren Abstand zur ersten Fläche des Flügels aufweist, als die vordere und/oder als die hintere Kante des Flächenelements. Erfindungsgemäß bildet das vom Flügel beabstandete Flächenelement mit der ersten Fläche des Flügels einen Strömungskanal, dessen Querschnitt parallel zur Vorderkante des Flügels offen ist, so dass bei Drehung des Rotors Luft durch den Querschnitt des Strömungskanals einströmen kann. Gegenwärtig wird angenommen, dass die beobachteten vorteilhaften Eigenschaften dieser Ausführungsform des Rotors darauf beruhen, dass der Strömungskanal, der zwischen erster Fläche des Flügels und dem Flächenelement auf dem Abschnitt zwischen Scheitelpunkt der konvexen Wölbung der ersten Fläche und der Flügelhinterkante die Bildung von Wirbeln dadurch reduziert, dass die Luftströmung an diesem Abschnitt der ersten Fläche so geführt wird, dass sie dichter am Flügel anliegt bzw. laminar ist.

[0014] Das optionale Flächenelement erstreckt sich vorzugsweise über einen Anteil von 5% bis 50%, bevorzugt 10% bis 30 oder bis 20% der Länge des Flügels und parallel zur Längsachse des Flügels und vorzugsweise über einen Anteil von 5% bis 50%, bevorzugt 10% bis 30 oder bis 20% des Abstands zwischen Vorder- und Hinterkante, insbesondere über einen Anteil von 20% bis 90%, bevorzugt 60 bis 80% des Abstands zwischen dem Scheitelpunkt der Wölbung des Flügels und seiner Hinterkante, insbesondere des dem Flächenelement nächstkommenen Abschnitts der Hinterkante.

[0015] Erfindungsgemäß wird der Scheitelpunkt des Flügels auf dessen erster Fläche durch eine Scheitellinie bzw. Knicklinie oder Knickkante gebildet, die z. B. etwa parallel zur Längserstreckung des Flügels verläuft, wobei in der Knicklinie ein an die Vorderkante angrenzender Flächenabschnitt und ein an die Hinterkante angrenzender Flächenabschnitt aneinander angrenzen, z. B. in einem flachen Winkel von ca. 10 bis 30°, bevorzugt ca. 20°. Der Flächenabschnitt zwischen Scheitellinie und Vorderkante wird optional

durch zumindest 2 Teilflächen gebildet, die vorzugsweise jeweils plan sind und entlang einer vorderen Knickkante in einem Winkel von z. B. 5 bis 30° oder bis 20° aneinander angrenzen. Der Flächenabschnitt zwischen Scheitellinie und Hinterkante kann optional durch zumindest 2 Teilflächen gebildet sein, die bevorzugt jeweils plan sind und entlang einer hinteren Knickkante in einem Winkel von z. B. 5 bis 30° oder bis 20° aneinander angrenzen.

[0016] Ein erfindungsgemäßer Flügel weist zumindest eine, optional exakt eine, im wesentlichen längs des Flügels verlaufende Scheitellinie in seiner konvexen ersten Fläche auf und eine durch die Dicke des Flügels beabstandete parallele Scheitellinie in seiner gegenüberliegenden konkaven zweiten Fläche auf, wobei an der Scheitellinie der ersten Fläche und an der gegenüberliegenden parallelen Scheitellinie der zweiten Fläche jeweils Flächenabschnitte in einem Winkel aneinander angrenzen, z. B. in einem Winkel von 5° bis 60°, bevorzugt bis 45° oder bis 30°, bevorzugter 10 bis 25°, wobei die Flächenabschnitte bevorzugt jeweils plan sind. Diese eine Scheitellinie auf der ersten Fläche und die parallele Scheitellinie auf der zweiten Fläche ist z. B. in einem Abstand von bei 10 bis 90%, bevorzugt bei oder bis 60%, bevorzugter bei oder bis 20 bis 50% des Abstands zwischen Vorder- und Hinterkante des Flügels, z. B. gemessen an der halben Länge des Flügels zwischen Basis und Spitze.

[0017] Optional kann ein Flügel eine oder mehrere zusätzliche Scheitellinien auf der ersten Fläche und jeweils eine parallele Scheitellinie auf der zweiten Fläche aufweisen, die die erste und die zweite Fläche weiter in Abschnitte unterteilen, die vorzugsweise in sich plan sind, an denen die Flächenabschnitte in einem Winkel aneinander angrenzen. Da die erste Fläche dadurch konvex ist und die gegenüberliegende zweite Fläche konkav, dass Flächenabschnitte entlang der einen oder mehr Scheitellinien aneinander angrenzen, sind in Ausführungsformen mit zusätzlichen Scheitellinien die aneinander angrenzenden Flächenabschnitte in jeweils gleichgerichteten Winkeln angeordnet.

[0018] Zur Befestigung des Flächenelements ist dieses z. B. mittels senkrechter Stifte auf der ersten Fläche des Flügels befestigt, oder mittels flächenförmigen Trägern, die vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht zur Längserstreckung des Flügels bzw. tangential zu einem um die Drehachse gezogenen Kreis angeordnet sind und eine Halterung bilden, die einen möglichst geringen Widerstand gegen die den Flügel anströmende Luft bietet. Bevorzugt weist die Halterung auf oder besteht aus zwei flachen, jeweils an den Schmalseiten des Flächenelements angebrachten Platten, Streifen oder Blechen, die insbesondere einstückig mit dem Flächenelement ausgebildet sind. Die Flächenelemente sind vorzugsweise

rotationssymmetrisch zur Drehachse des Rotors angeordnet.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform weist der Rotor zumindest zwei rotationssymmetrisch radial zur Drehachse des Rotors oder parallel zur Radialen versetzt angeordnete Flügel auf, die durch ein Verbindungsstück miteinander verbunden sind, an welchem die Drehachse bzw. die Nabe angeordnet ist, wobei optional jeweils die Längsachsen der Flügel und/oder die an die Vorderkante oder die an die Hinterkante angrenzenden Abschnitte der ersten Flächen der Flügel senkrecht zur Drehachse angeordnet sind.

[0020] Das Verbindungsstück kann plattenförmig sein und in derselben Ebene angeordnet sein, in der sich die Flügel, insbesondere deren Vorderkanten erstrecken, wobei die Hinterkanten der Flügel durch die Wölbung der Flügel in einem Abstand zu der Ebene angeordnet sind, in der sich die Vorderkanten der Flügel erstrecken. In bevorzugter Ausführungsform bilden zwei Flügel eines Rotors, deren Vorderkanten in einer gemeinsamen Ebene angeordnet sein können dadurch, dass sie zueinander symmetrisch zur Rotationsachse an einer Nabe angeordnet sind, gemeinsam ein gewölbtes Profil ihrer ersten Flächen, dessen konvexe Fläche gegen den auftreffenden Wind gerichtet ist, während auf der zweiten Fläche der Flügel zugewandt, die konkav ist, in der Drehachse eine Nabe und wahlweise der Generator, insbesondere mit seinem Läufer auf der Nabe und weiter optional mit einem zwischen Nabe und Läufer angeordneten Getriebe angeordnet sind.

[0021] Die Erfindung wird nun genauer anhand von Beispielen mit Bezug auf die Figuren beschrieben, die schematisch in

[0022] [Fig. 1](#) eine Aufsicht auf einen Rotor aus zwei Flügeln,

[0023] [Fig. 2](#) den Rotor von [Fig. 1](#) um 90° gedreht,

[0024] [Fig. 3](#) einen Flügel in Aufsicht,

[0025] [Fig. 4](#) einen Rotor in perspektivischer Ansicht und

[0026] [Fig. 5](#) einen Flügel im Schnitt senkrecht zu seiner Längsachse zeigen.

[0027] Die Figuren zeigen bevorzugte Ausführungsformen, bei denen der Rotor zweiflügelig ist und auf jedem Flügel **1** auf dessen konvexer erster Fläche **8** ein optionales streifenförmiges Flächenelement **13** mit konvexer Krümmung seiner ersten Oberfläche befestigt ist, wobei die Flügel **1** mit einem diese verbindenden Verbindungsstück **12** einstückig ausgebil-

det sind, z. B. aus Metallblech oder aus Kunststoff, der optional faserverstärkt ist.

[0028] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugsziffern funktionsgleiche Elemente.

[0029] [Fig. 1](#) zeigt in Aufsicht auf die konvexe erste Fläche **8** der Flügel **1**, dass die Längsachsen **2**, in der sich die Flügel **1** von der Drehachse **3** erstrecken, um einen Abstand versetzt parallel zur Radialen **4** angeordnet sind. Die Flügel **1** sind durch ein Verbindungsstück **12** miteinander verbunden, auf dem die Drehachse **3** senkrecht steht und an dem eine Nabe (nicht gezeigt) angebracht ist. Zwischen Vorderkante **5** und Hinterkante **6**, bei ca. 50–60% des Abstands zwischen Vorderkante **5** und Hinterkante **6**, verläuft etwa parallel zur Längsachse **2** die Scheitellinie bzw. Knickkante **7**, die den Scheitel des konvexen Profils der ersten Fläche **8** bildet. Der Abschnitt der ersten Fläche **8**, der sich zwischen der Vorderkante **5** und der Scheitellinie **7** des konvexen Profils erstreckt, wird durch einen in sich planen Flächenabschnitt gebildet, der z. B. in einem flachen Winkel gegen die Ebene geneigt ist, die senkrecht auf der Drehachse **3** steht, wobei diese senkrecht zur Drehachse **3** angeordnete Ebene z. B. die Darstellungsebene der [Fig. 1](#) ist. Der Abschnitt zwischen Vorderkante **5** und Scheitellinie **7** kann eine zweite Knickkante **9** in zwei gegeneinander gewinkelte Unterabschnitte geteilt sein. Die zweite Knickkante **9** verläuft vorzugsweise etwa parallel oder in einem spitzen Winkel zur Scheitellinie **7**. Generell bevorzugt verjüngt sich ein Flügel **1** von seiner Basis **10** zur Spitze **11**, wobei besonders bevorzugt die Vorderkante **5** und die Hinterkante **6** gradlinig oder bogenförmig, insbesondere konkav zur Längsachse **2** des Flügels **1** verlaufen. Der Rotor mit den beiden Flügeln **1**, die an einem Verbindungsstück **12** angeordnet sind, besteht aus einem einstückigen Metallblech, insbesondere aus Aluminium, das ausgestanzt und entlang der Knicklinien **7**, **9** geknickt ist, wobei jeweils zwischen Verbindungsstück **12** und Flügel **1** ein Knick geformt ist und optional an jedem Flügelende **11** ein Winglet durch Umknicken, z. B. um 90° zur ersten Fläche **8** gebildet ist.

[0030] Jeder Flügel **1** weist ein von seiner ersten Fläche **8** beabstandetes optionales Flächenelement **13** auf, das sich über einen Abschnitt zwischen der Scheitellinie **7** und der Hinterkante **6** erstreckt. Entsprechend der bevorzugten Ausführungsform ist das Flächenelement **13** mit seiner langen Kante **18**, **19** etwa parallel zur Längsachse **2** des Flügels **1** und/oder parallel zur Scheitellinie **7** angeordnet. Mit seiner kurzen Kante ist das Flächenelement **13** vorzugsweise etwa senkrecht zur Längsachse **2** des Flügels **1** angeordnet. Wie in den Figuren gezeigt, kann das Flächenelement **13** einen rechteckigen Umfang mit geraden Kanten aufweisen, alternativ gebogene Kanten, insbesondere Kanten, die parallel zur Vorderkante **5** bzw. Hinterkante **6** des Flügels **1** verlaufen.

[0031] Das Flächenelement **13** kann eine einheitliche Dicke aufweisen und ist vorzugsweise einstückig. Vorzugsweise hat das Flächenelement **13** eine dem Flügel **1** abgewandte konvexe Oberfläche, deren senkrecht zur Längsachse des Flügels **1** verlaufendes Profil insbesondere bogenförmig konvex oder stufenförmig verläuft. Ein stufenförmig konvexes Profil dieser Oberfläche des Flächenelements **13** kann entsprechend [Fig. 1](#) durch zwei gegeneinander geneigte Teilflächen gebildet sein, die an einer Scheitellinie oder Knickkante **14** des Flächenelements **13** aneinander grenzen, die vorzugsweise in einem spitzen Winkel oder parallel zur Längsachse des Flügels **1** verläuft.

[0032] [Fig. 2](#) zeigt den bevorzugten zweiflügeligen Rotor von [Fig. 1](#) in einer Ansicht, in der die Drehachse **3** in der Darstellungsebene liegt. Entsprechend der generell bevorzugten Ausführungsform erstrecken sich die Scheitellinien **7** in einer gemeinsamen Ebene, die senkrecht zur Drehachse **3** der Nabe liegt. Da die Flügel rotationssymmetrisch um die Drehachse **3** angeordnet sind, ist in dieser Darstellung von einem Flügel **1** die Vorderkante **5** sichtbar und der Abschnitt der ersten Fläche zwischen Scheitellinie **7** und Vorderkante **5**, sowie ein Teil der ersten Fläche bis zur Hinterkante **6**, wobei eine zweite Knickkante **17** sichtbar ist, die zwischen Scheitellinie **7** und Hinterkante **6** liegt.

[0033] Die Vorderkante **18** und Hinterkante **19** des Flächenelements **13** ist ebenso wie die Scheitellinie seiner konvexen Oberfläche etwa parallel zu dem überdeckten Abschnitt der ersten Fläche **8** des Flügels **1** angeordnet, so dass das Flächenelement **13** einen zur ersten Fläche **8** des Flügels **1** parallelen Strömungskanal begrenzt. Wie gezeigt, kann das Flächenelement **13** generell um einen Abschnitt der Drehachse **3** von einem Abschnitt der ersten Fläche des Flügels **8** beabstandet sein, der an dessen Scheitellinie **7** angrenzt, so dass das Flächenelement **13** in einem Abstand vor der Ebene angeordnet ist, bis in welche sich der Flügel **1** erstreckt.

[0034] Das Flächenelement **13** wird durch randständige Stifte oder Platten mit dem Flügel **1** verbunden, die als Halterung **16** dienen. Die Halterungen **16** sind vorzugsweise senkrecht auf der ersten Fläche **8** angeordnet.

[0035] Generell ist bevorzugt, dass an der Spitze jedes Flügels **1** ein etwa parallel zur Drehachse **3** ausgerichtetes Ansatzstück **15** angebracht ist, das auch als Winglet bezeichnet werden kann. Optional sind Ansatzstücke **15** einstückig mit dem Flügel **1** ausgebildet.

[0036] Die Vorderkante **5** und/oder die Hinterkante **6** der Flügel **1** von [Fig. 2](#) verlaufen bogenförmig zur Längsachse **2** jedes Flügels **1**. Wie dargestellt, kön-

nen die Längsachsen **2** der Flügel **1** eines Rotors in einer gemeinsamen Ebene liegen, die vorzugsweise senkrecht zur Drehachse **3** liegt.

[0037] **Fig. 3** zeigt eine schematische Aufsicht auf ein Flachmaterial, z. B. ein Blech, aus dem ein Flügel **8** bestehen kann, auf dessen erster Fläche **8** ein optionales Flächenelement **13** in einem Abstand angeordnet ist. In dieser Darstellung, in der das Flachmaterial, das ein bogenförmiges Profil bildet, in einer Ebene dargestellt ist, wird der bogenförmige bzw. zur Scheitellinie **7** konkave Verlauf der Vorderkante **5** und der Hinterkante **6** deutlich, der zu einer Verjüngung des Flügels **1** von seiner Basis **10** zur Spitze **11** führt. Die durch eine Knicklinie erzeugte Scheitellinie **7** teilt die erste Fläche **8**, die ein konvexes Profil hat, in einen Flächenabschnitt, der sich bis zur Vorderkante **5** erstreckt und einen Flächenabschnitt, der sich bis zur Hinterkante **6** erstreckt. Der Flächenabschnitt, der sich von der Scheitellinie **7** bis zur Vorderkante **5** erstreckt, weist gemäß einer bevorzugten Ausführung zumindest eine zweite Knickkante **9** parallel zur Scheitellinie **7** auf, entlang derer dieser Flächenabschnitt abgewinkelt ist, z. B. um 20° . Der Flächenabschnitt, der sich zwischen der Scheitellinie **7** und der Hinterkante **6** erstreckt, weist entsprechend einer weiter bevorzugten Ausführungsform eine dritte Knickkante **17** auf, entlang derer der Abschnitt, der an die Hinterkante **6** angrenzt abgewinkelt ist, z. B. um ca. 5° .

[0038] Wie generell bevorzugt, überdeckt das Flächenelement **13** einen Abschnitt der ersten Fläche **8**, der sich von einer vorderen Kante **18**, die im Wesentlichen parallel, optional in einem Abstand von der ersten Fläche längs der Scheitellinie **7** erstreckt, bis zu einer hinteren Kante **19**, die in einem Abstand vor der Hinterkante **6** verläuft und die zur vorderen Kante **18** parallel verlaufen kann.

[0039] **Fig. 4** zeigt in perspektivischer Darstellung die bevorzugte Ausführungsform, bei der ein zweiflügeliger Rotor durch zwei einstückig mit einem Verbindungsstück **12** ausgebildete Flügel **1** gebildet wird, von denen jeder ein von der konvexen ersten Fläche eines Flügels **1** durch Halterungen **16** beabstandetes Flächenelement **13** aufweist, die einen Abschnitt der ersten Fläche **8** überdecken, der zwischen der Scheitellinie **7** der konvexen Wölbung der ersten Fläche **8** und der Hinterkante **6** angeordnet ist. Die Flügel **1** und das zwischen diesen angeordnete Verbindungsstück **12** besteht vorzugsweise aus einem einstückigen Metallblech, auf dem die Flächenelemente **13** mittels der Halterungen **16** befestigt sind. Die Halterungen **16** können streifenförmige einstückige Fortsätze des Flächenelements **13** sein, das ebenfalls aus Metall, alternativ aus Kunststoff bestehen kann. Die Halterungen **16** können an ihrem Ende gegenüber dem Flächenelement **13** z. B. durch Klemmen,

Schrauben, Kleben oder Schweißen mit dem Flügel **1** verbunden sein.

[0040] Die konvexe erste Fläche **8** und die gegenüberliegende zweite Fläche sind durch die im Wesentlichen einheitliche Dicke der Flügel **1** voneinander beabstandet, so dass die Scheitellinien der ersten Fläche **8** und der zweiten Fläche parallel verlaufen durch Knickkanten gebildet sind, entlang derer in sich plane Flächenabschnitte winklig aneinander angrenzen. Daher ist auch in dieser Ausführungsform wie generell bevorzugt die konkave zweite Fläche parallel zur ersten Fläche **8** angeordnet und von dieser durch die einheitliche Dicke des Flachmaterials, das insbesondere ein Metallblech ist, beabstandet.

[0041] **Fig. 5** zeigt einen Flügel **1** mit einheitlicher Dicke, z. B. aus Metallblech, im Schnitt senkrecht zur Längsachse des Flügels **1** in dem Bereich, in dem das optionale Flächenelement **13** einen Abschnitt zwischen der Scheitellinie **7** und der Hinterkante **6** überdeckt. Die vordere Kante **18** und die hintere Kante **19** des Flächenelements **13** sind generell jeweils parallel zu der überdeckten ersten Fläche **8** und, wie besonders bevorzugt, im gleichen Abstand zur ersten Fläche **8** angeordnet. Das Flächenelement **13** weist ein konvexes Profil auf, das durch die zur Längsachse **2** und/oder zur Scheitellinie **7** des Flügels **1** etwa parallele Scheitellinie **14** gebildet wird, an welcher die Abschnitte des Flächenelements **13** in einem Winkel aneinander angrenzen. Das Flächenelement **13** weist eine einheitliche Dicke auf und kann z. B. aus einem Blech bestehen, vorzugsweise mit einstückig ausgebildeten Halterungen **16**, die hier nicht gezeigt sind.

[0042] Die schematisch beidseitig des Flügels **1** bzw. des Flächenelements **13** gezeigten Strömungslinien machen deutlich, dass das durch Knicken eines Flachmaterials erzeugte Profil des Flügels **1** eine von der Vorderkante **5** bis zur Hinterkante **6** anliegende Strömung erlaubt und dass insbesondere das Flächenelement **13** zu einer laminar anliegenden Strömung führen kann. Wie aus dieser Figur ersichtlich, kann sich generell das Flächenelement **13** über einen Anteil von $1/4$ bis $1/2$ des Abstands zwischen der Scheitellinie **7** des Flügels **1** von seiner Hinterkante **6** erstrecken; wahlweise kann die vordere Kante **18** des Flächenelements **13** direkt oberhalb der Scheitellinie **7** des Flügels **1** oder in einem Abstand von $1/6$ bis $1/4$ des Abstands zwischen der Scheitellinie **7** des Flügels **1** von seiner Hinterkante **6** von der Scheitellinie **7** des Flügels **1** angeordnet sein.

[0043] Wie generell bevorzugt, sind die Vorderkante **5** und/oder die Hinterkante **6** mit einer Fase versehen.

Bezugszeichenliste

1	Flügel
2	Längsachse
3	Drehachse
4	Radiale
5	Vorderkante
6	Hinterkante
7	Scheitellinie
8	erste Fläche
9	zweite Knickkante
10	Basis
11	Spitze
12	Verbindungsstück
13	Flächenelement
14	Scheitellinie oder Knicklinie des Flächenelements
15	Ansatzstück
16	Halterung
17	dritte Knickkante
18	vordere Kante
19	hintere Kante

Schutzansprüche

1. Rotor für einen Windkraftgenerator mit zumindest einem um eine Drehachse drehbaren Flügel (1), der zwischen einer Vorderkante (5) und einer Hinterkante (6) eine erste Fläche (8) aufweist, die senkrecht zur Längsachse (2) des Flügels (1) ein konvexes Profil mit einer Scheitellinie (7) hat, die sich etwa parallel zur Längsachse (2) des Flügels (1) erstreckt, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Scheitellinie (7) Flächenabschnitte der ersten Fläche (8) in einem Winkel aneinander angrenzen und die gegenüberliegende zweite Fläche dadurch konkav ist, dass Flächenabschnitte der zweiten Fläche in einem Winkel entlang einer zur Scheitellinie (7) der ersten Fläche parallelen Scheitellinie der zweiten Fläche aneinander angrenzen.

2. Rotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Fläche parallel zur ersten Fläche (8) ist und die Flächenabschnitte der ersten Fläche (8), die an der Scheitellinie (7) aneinander angrenzen und die Flächenabschnitte der zweiten Fläche, die an der Scheitellinie der zweiten Fläche aneinander angrenzen, jeweils plan sind.

3. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flächenabschnitt, der sich von der Scheitellinie (7) bis zur Vorderkante (5) des Flügels (1) erstreckt, zumindest eine zweite Knickkante (9) parallel zur Scheitellinie (7) der ersten Fläche (8) aufweist, entlang derer die aneinander angrenzenden Flächenabschnitte in einem Winkel von zumindest 20° angeordnet sind.

4. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flächenab-

schnitt des Flügels (1), der sich zwischen der Scheitellinie (7) der ersten Fläche (8) und der Hinterkante (6) erstreckt, eine dritte Knickkante (17) aufweist, entlang derer ein planer Flächenabschnitt, der an die Hinterkante (6) angrenzt, um ca. 5° abgewinkelt ist.

5. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Fläche (8) und die parallele zweite Fläche in jeweils plane Flächenabschnitte unterteilt sind, die jeweils an parallelen Scheitellinien aneinander angrenzen, wobei die Scheitellinien aus einer Knickkante, die die parallel zur Längsachse (2) des Flügels (1) verlaufende Scheitellinie (7) der ersten Fläche (8) bildet, und einer weiteren Scheitellinie bestehen, die eine zweite Scheitellinie bildende zweite Knickkante (9) und/oder eine dritte Scheitellinie bildende dritte Knickkante (17) ist.

6. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Profil des Flügels (1) von planen Flächenabschnitten gebildet ist, die an Scheitellinien in einem Winkel aneinander angrenzen, die aus genau einer Knickkante oder zwei oder drei zueinander parallelen Knickkanten bestehen.

7. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor zwei Flügel (1) aufweist, deren Längsachsen (2) in einem Abstand parallel zur Radialen der Drehachse (3) des Rotors verlaufen.

8. Rotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor zumindest zwei Flügel (1) aufweist, deren Längsachsen (2) senkrecht zur Drehachse (3) des Rotors in voneinander entlang der Drehachse (3) beabstandeten Ebenen angeordnet sind.

9. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flügel (1) aus einem Metallblech oder einem Kunststoff mit einheitlicher Dicke gebildet ist.

10. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor zumindest zwei Flügel (1) aufweist, die einstückig mit einem zwischen den Flügeln (1) angeordneten Verbindungsstück (12) ausgebildet sind, an welchem die Nabe angeordnet ist.

11. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachsen (2) des oder der Flügel (1) in einer gemeinsamen Ebene senkrecht zur Drehachse (3) des Rotors angeordnet sind.

12. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flügel (1) an

seiner Spitze (11) ein in einem Winkel von 60 bis 90° zu seiner Längsachse (2) angeordnetes flächiges Ansatzstück (15) aufweist.

13. Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf der ersten Fläche (8) ein mittels Halterungen (16) beabstandetes Flächenelement (13) befestigt ist.

14. Rotor nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement (13) aus einem Material mit einheitlicher Dicke gebildet ist.

15. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das von der ersten Fläche (8) beabstandete Flächenelement (13) einen Abschnitt der ersten Fläche (8) überdeckt, der zwischen der Scheitellinie (7) und der Hinterkante (6) angeordnet ist.

16. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Flächenelement (13) eine der Vorderkante (5) des Flügels (1) zugewandte vordere Kante (18) und eine der Hinterkante (6) des Flügels (1) zugewandte hintere Kante (19) aufweist, die jeweils etwa parallel zur ersten Fläche (8) angeordnet sind.

17. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die vordere Kante (18) und die hintere Kante (19) des Flächenelements (13) im gleichen Abstand zur ersten Fläche (8) angeordnet sind.

18. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die der ersten Fläche (8) abgewandte Oberfläche des Flächenelements (13) entlang einer Scheitellinie (14) konvex ist, die sich etwa parallel zur Längsachse (2) des Flügels (1) erstreckt, wobei an der Scheitellinie (14) ein planer, an die Vorderkante (5) des Flügels (1) angrenzender Flächenabschnitt und ein planer, an die Hinterkante (6) des Flügels (1) angrenzender Flächenabschnitt in einem Winkel aneinander angrenzen.

19. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Flächenelement (13) über einen Anteil von 5% bis 50% der Länge des Flügels erstreckt.

20. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Flächenelement (13) über einen Anteil von 10% bis 30% der Länge des Flügels erstreckt.

21. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Flächenelement (13) über einen Anteil von 60 bis 80% des Abstands zwischen der Scheitellinie (7) des Flügels (1) und seiner Hinterkante (6) erstreckt.

22. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Flächenelement (13) über einen Anteil von 20 bis 50% des Abstands zwischen der Scheitellinie (7) des Flügels (1) und seiner Hinterkante (6) erstreckt.

23. Rotor nach einem der Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass sich das Flächenelement (13) parallel zur Längsachse (2) des Flügels (1) erstreckt.

24. Windkraftgenerator mit einem an einer drehbar gelagerten Nabe angeordneten Generator, gekennzeichnet durch einen auf der Nabe angebrachten Rotor nach einem der voranstehenden Ansprüche.

25. Windkraftgenerator nach Anspruch 24, gekennzeichnet dadurch, dass sich die Nabe ausschließlich von der der ersten Fläche (8) des Flügels (1) abgewandten Seite erstreckt.

26. Windkraftgenerator nach einem der Ansprüche 24 bis 25, gekennzeichnet dadurch, dass die Nabe um eine Senkrechte zu ihrer Längsachse drehbar an einer Halterung gelagert ist.

27. Fahrzeug, gekennzeichnet durch einen Windkraftgenerator nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterung schwenkbar an dem Fahrzeug befestigt ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

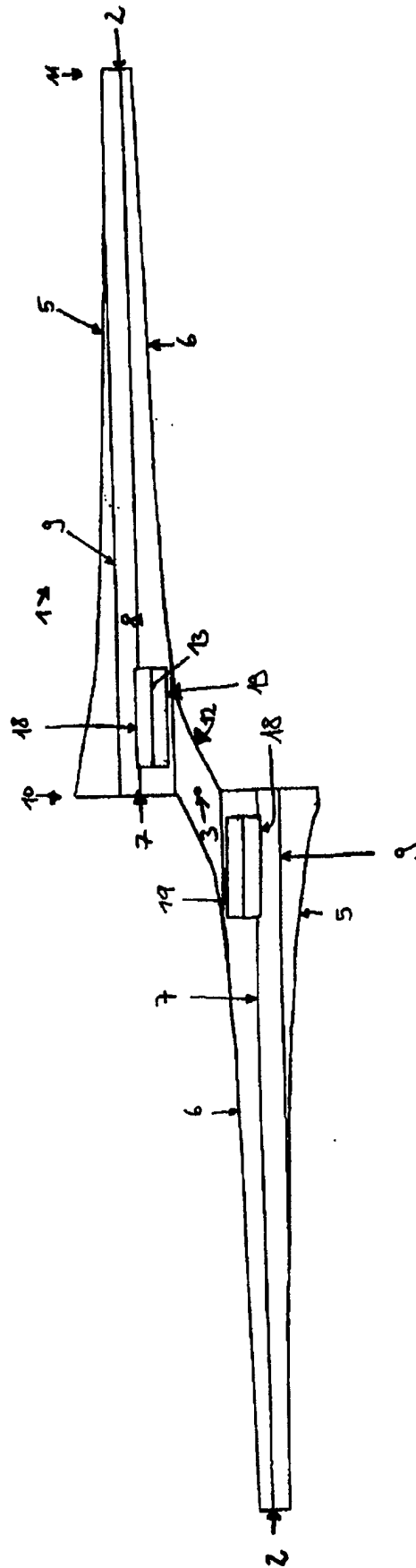


Fig. 2

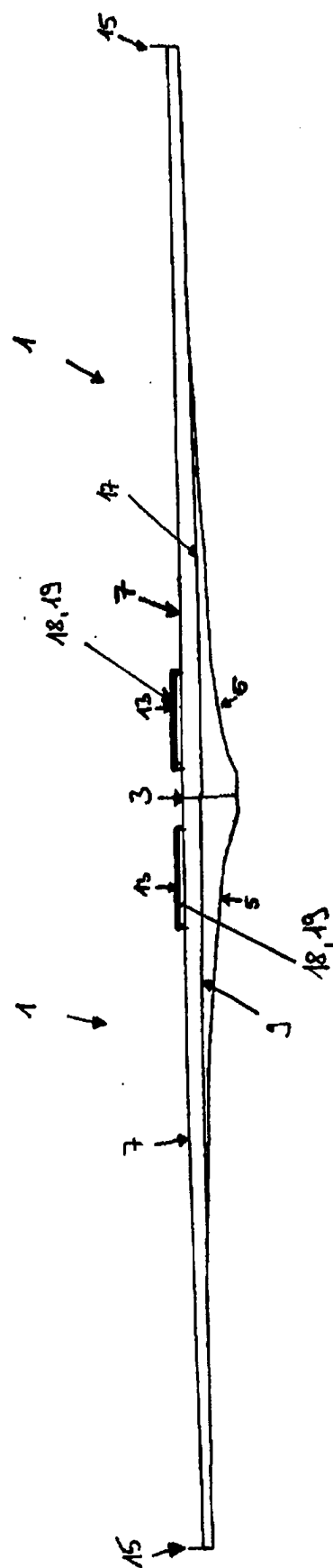


Fig. 3

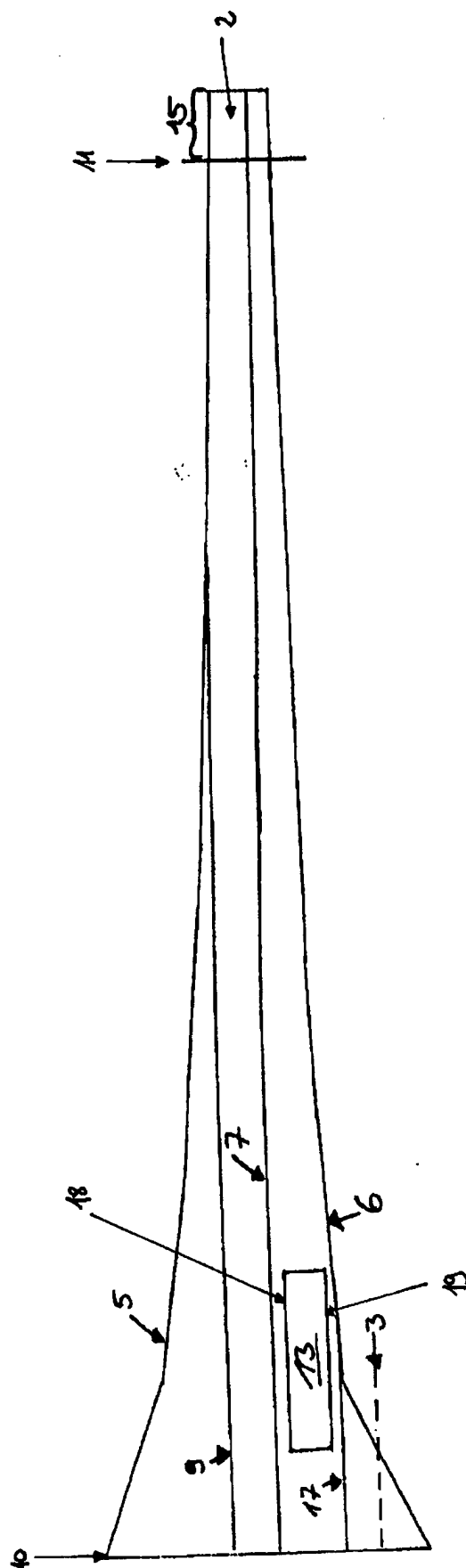


Fig. 4

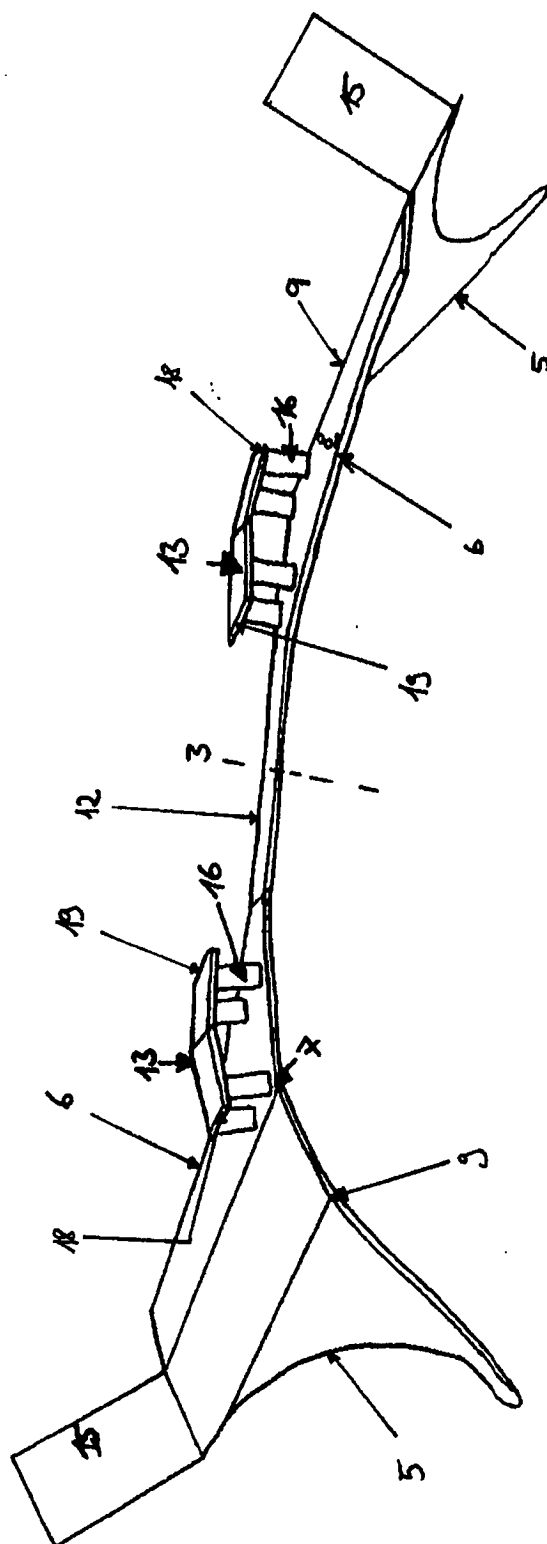


Fig. 5

