



(10) **DE 10 2013 210 737 A1** 2014.12.11

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 210 737.4**

(22) Anmeldetag: **10.06.2013**

(43) Offenlegungstag: **11.12.2014**

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

(71) Anmelder:

Senvion SE, 22297 Hamburg, DE

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Seemann & Partner, 20095
Hamburg, DE**

(72) Erfinder:

**Gollnick, Bert, 15517 Fürstenwalde, DE;
Kulenkampff, Jens, 24119 Kronshagen, DE;
Petsche, Marc, 24809 Nübbel, DE; Richers,
Tilman, 60314 Frankfurt, DE**

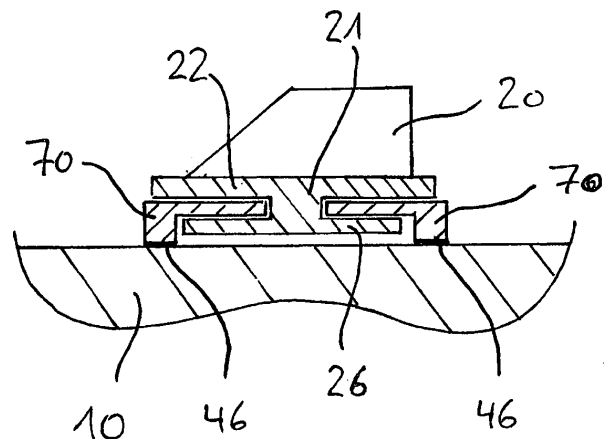
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Befestigung von Vortexgeneratoren**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Rotorblattsystem (1) für eine Windenergieanlage umfassend ein Rotorblatt (10) mit einer Oberfläche (12) und umfassend einen Vortexgenerator (21) mit einem Grundkörper (22) und wenigstens einem mit dem Grundkörper (22) verbundenen Flügel (20), wobei der Flügel (20) des Vortexgenerators (21) bestimmungsgemäß an der Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) angeordnet ist oder wird. Zudem betrifft die Erfindung eine Befestigungseinrichtung (46, 52, 54, 56) für ein Rotorblattsystem (1) einer Windenergieanlage.

Das erfindungsgemäße Rotorblattsystem (1) ist dadurch weitergebildet, dass das Rotorblattsystem (1) ferner eine Positionierungseinrichtung (35; 22, 40; 26, 70; 25, 80) zur Ausrichtung von dem Rotorblatt (10) und dem Vortexgenerator (21) relativ zueinander umfasst.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Rotorblattsystem für eine Windenergieanlage umfassend ein Rotorblatt mit einer Oberfläche und umfassend einen Vortexgenerator mit einem Grundkörper und wenigstens einem mit dem Grundkörper verbundenen Flügel, wobei der Flügel des Vortexgenerators bestimmungsgemäß an der Oberfläche des Rotorblattes angeordnet ist oder wird.

[0002] Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Befestigungseinrichtung für ein Rotorblattsystem einer Windenergieanlage mit einem Rotorblatt, das eine Oberfläche aufweist, und mit einem Vortexgenerator, der einen Grundkörper und einen mit dem Grundkörper verbundenen Flügel aufweist.

[0003] Die Erfindung betrifft ferner ein Rotorblatt und einen Vortexgenerator.

[0004] Für moderne Windenergieanlagen sind Rotorblattsysteme mit einem Rotorblatt bekannt, die zur Erhöhung des Auftriebs des Rotorblattes einen Vortexgenerator mit einem Flügel umfassen. Derartige Flügel weisen oft eine dreieckige Grundform auf und sind in der Regel aufrecht stehend an einer Oberfläche des Rotorblattes befestigt. Bei Umströmung des Rotorblattes erzeugt jeder Flügel einen oberflächennahen Wirbel, einen sogenannten Vortex. Diese Wirbel verhindern das Ausbilden einer übermäßig dicken turbulenten Grenzschicht zwischen der Oberfläche des Rotorblattes und der das Rotorblatt umströmenden laminaren Luftströmung, wodurch ein Abreißen oder Ablösen der laminaren Strömung vom Rotorblatt unterdrückt und höhere Auftriebskräfte auf das Rotorblatt ausgeübt werden. Dadurch lässt sich die Energieausbeute der Windenergieanlage erhöhen.

[0005] Unter einem Flügel wird im Rahmen der Erfindung der Teil eines Vortexgenerators verstanden, der in Wechselwirkung mit der den Flügel unterströmenden Luft einen Wirbel erzeugt. Unter Flügel wird insbesondere ein Wirbel erzeugender Flächenkörper verstanden.

[0006] Rotorblatt und Vortexgenerator sind in der Regel aufeinander abgestimmte Bestandteile eines Rotorblattsystems, wobei die relative Ausrichtung von Rotorblatt und Vortexgenerator für die aerodynamischen Eigenschaften des Rotorblattsystems von besonderer Bedeutung ist.

[0007] Des Weiteren wirken beim Betrieb der Windenergieanlage erhebliche aerodynamische Kräfte auf den Flügel des Vortexgenerators, so dass eine entsprechend feste Verbindung oder Befestigung zwischen Rotorblatt und Vortexgenerator unumgänglich ist.

[0008] Bei bekannten Rotorblattsystemen wird der Vortexgenerator in der Regel auf das Rotorblatt aufgeklebt. Hierdurch wird die erforderliche Befestigung zwischen Rotorblatt und Vortexgenerator bereitgestellt, was allerdings große Präzision und Sorgfalt bei der Ausrichtung zwischen Rotorblatt und Vortexgenerator während der Montage erfordert. Des Weiteren ist der Austausch eines Vortexgenerators, beispielsweise bei einem abgerissenen oder abgebrochenen Flügel, mit erheblichem Aufwand verbunden.

[0009] Ausgehend von diesem Stand der Technik besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, die Befestigung eines Vortexgenerators an einem Rotorblatt zu verbessern, wobei insbesondere bei der Montage die Ausrichtung oder Positionierung von Vortexgenerator und Rotorblatt relativ zueinander vereinfacht und/oder der Austausch eines Vortexgenerators an einem Rotorblatt erleichtert werden sollen.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Rotorblattsystem für eine Windenergieanlage umfassend ein Rotorblatt mit einer Oberfläche und umfassend einen Vortexgenerator mit einem Grundkörper und wenigstens einem mit dem Grundkörper verbundenen Flügel, wobei der Flügel des Vortexgenerators bestimmungsgemäß an der Oberfläche des Rotorblattes angeordnet ist oder wird, wobei das Rotorblattsystem ferner eine Positionierungseinrichtung zur Ausrichtung von dem Rotorblatt und dem Vortexgenerator relativ zueinander umfasst.

[0011] Der Flügel ist insbesondere ein aerodynamisch relevanter Bestandteil des Vortexgenerators. Der Grundkörper ist insbesondere ein Bestandteil des Vortexgenerators, an dem oder mit dem der Vortexgenerator an einem Rotorblatt befestigt ist oder wird. Der Grundkörper ist beispielsweise als Sockel eines Flügels oder als Grundplatte ausgebildet. Ein Vortexgenerator kann insbesondere mehrere, beispielsweise zwei, Flügel aufweisen, die mit demselben Grundkörper verbunden sind.

[0012] Durch die Erfindung wird insbesondere die Ausrichtung zwischen Rotorblatt und Vortexgenerator bei der Montage des Rotorblattsystems, insbesondere bei der Befestigung des Vortexgenerators an dem Rotorblatt, erleichtert. Dabei ist die Positionierungseinrichtung insbesondere mit dem Rotorblatt und/oder dem Vortexgenerator verbunden und/oder verbleibt nach der Montage an dem Rotorblatt und/oder dem Vortexgenerator. Die Positionierungseinrichtung kann auch Merkmale umfassen, die die Ausgestaltung des Rotorblattes und/oder des Vortexgenerators betreffen und die Ausrichtung von Rotorblatt und Vortexgenerator zueinander erleichtern.

[0013] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung umfasst die Positionierungseinrichtung eine Positionsmarkierung für den Vortexgenerator.

[0014] Dadurch wird ermöglicht, die geeignete Position des Vortexgenerators an dem Rotorblatt bereits bei der Fertigung des Rotorblattes, insbesondere der Bereitstellung einer aerodynamisch relevanten Oberfläche des Rotorblattes, zu kennzeichnen oder festzulegen. Dafür ist die Positionsmarkierung vorzugsweise an der Oberfläche des Rotorblattes angeordnet.

[0015] Darüber hinaus ermöglicht eine Positionsmarkierung an dem Rotorblatt oder an der Oberfläche des Rotorblattes die exakte und reproduzierbare Ausrichtung des Vortexgenerators relativ zu dem Rotorblatt. Dabei ist die Positionierungsmarkierung insbesondere eine Positionierungsmarkierung für den Grundkörper des Vortexgenerators, wobei der Vortexgenerator insbesondere mit dem Grundkörper an der Oberfläche des Rotorblattes befestigt ist oder wird.

[0016] Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist die Positionierungsmarkierung als Anlagekante für den Vortexgenerator, insbesondere für den Grundkörper des Vortexgenerators, ausgebildet. Beispielsweise wird der Vortexgenerator, insbesondere mit seinem Grundkörper, auf die Oberfläche des Rotorblattes aufgelegt, gegen die Anlagekante geschoben und dann am Rotorblatt befestigt. Dadurch wird eine besonders einfache und exakte Ausrichtung von Vortexgenerator und Rotorblatt zueinander erreicht.

[0017] Des Weiteren besonders vorteilhaft ist, wenn die Oberfläche des Rotorblattes und eine Oberfläche des Vortexgenerators, insbesondere eine bestimmungsgemäß dem Rotorblatt zugewandte Seite des Grundkörpers des Vortexgenerators, wenigstens abschnittsweise formkomplementär zueinander ausgebildet sind, wobei die Oberfläche des Rotorblattes insbesondere gekrümmt ist.

[0018] Hierdurch wird eine Sollposition des Vortexgenerators relativ zum Rotorblatt vorgegeben, in der die formkomplementär ausgebildeten Oberflächen von Rotorblatt und Vortexgenerator flächig aufeinanderliegen. Hierdurch wird insbesondere ein gleichmäßiger Abstand der Oberflächen zueinander erreicht, der die betriebssichere Befestigung des Vortexgenerators an dem Rotorblatt erleichtert. Insbesondere ergibt sich in der Sollposition ein gleichmäßig breiter und damit in der Regel vorteilhafter Klebspalt zwischen dem Vortexgenerator und dem Rotorblatt.

[0019] Des Weiteren ist die Sollposition, insbesondere bei komplex geformten Oberflächen von Rotorblatt und Vortexgenerator, eine insbesondere metas-

tabile Position oder Lage des Vortexgenerators auf der Oberfläche des Rotorblattes, in der der Vortexgenerator und das Rotorblatt bestimmungsgemäß zueinander ausgerichtet sind.

[0020] Dadurch wird bei der Montage des Rotorblattsystems die Ausrichtung des Vortexgenerators und des Rotorblattes relativ zueinander weiter erleichtert.

[0021] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist dadurch ausgezeichnet, dass die Positionierungseinrichtung eine Aussparung für den Vortexgenerator, insbesondere für den Grundkörper des Vortexgenerators, an der Oberfläche des Rotorblattes umfasst, wobei der Grundkörper, insbesondere an einer bestimmungsgemäß dem Rotorblatt zugewandten Seite, wenigstens abschnittsweise formkomplementär zu der Aussparung ausgebildet ist.

[0022] Hierdurch wird insbesondere eine stabile Sollposition des Vortexgenerators an dem Rotorblatt mit den bereits genannten Vorteilen bereitgestellt.

[0023] Darüber hinaus ergibt sich der weitere Vorteil, dass der Vortexgenerator derart am Rotorblatt befestigt wird oder werden kann, dass eine Oberfläche des Vortexgenerators eine aerodynamische relevante Oberfläche des Rotorblattes fortsetzt oder ergänzt. Dadurch wird einerseits eine feste und betriebssichere Befestigung des Vortexgenerators über seinen Grundkörper an dem Rotorblatt sichergestellt und andererseits eine unerwünschte Beeinflussung der aerodynamischen Eigenschaften des Rotorblattes durch den Grundkörper des Vortexgenerators, beispielsweise unerwünschte Verwirbelungen an einer Seitenfläche oder Seitenkante des Grundkörpers, verhindert.

[0024] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Aussparung wenigstens eine schräg zu der angrenzenden Oberfläche des Rotorblattes angeordnete Seitenfläche auf, die insbesondere als Anlage- oder Gleitfläche für den Vortexgenerator, insbesondere für eine zur Seitenfläche wenigstens abschnittsweise formkomplementäre Gegenfläche am Vortexgenerators, ausgebildet ist. Die Gegenfläche ist beispielsweise eine Außen- oder Oberfläche am Grundkörper des Vortexgenerators.

[0025] Dadurch wird erreicht, dass sich ein in die Aussparung eingesetzter Vortexgenerator in der Aussparung automatisch ausrichtet, wodurch insbesondere neben der Position auch die Orientierung des Vortexgenerators relativ zu dem Rotorblatt vorgegeben ist oder wird.

[0026] Die Seitenfläche der Aussparung hat vorzugsweise eine Neigung zu einer bei der Aussparung angeordneten Oberfläche des Rotorblattes von 1:5 (also beispielsweise 11,5°) oder weniger. Dadurch

werden scharfe Kanten und die damit verbundene strukturelle Schwächung des Rotorblattes vermieden. Insbesondere bei einem Rotorblatt, das im Bereich der Oberfläche lasttragende Fasern aufweist, wird vorteilhafterweise eine geradlinige Ausrichtung der Fasern und somit eine von der Aussparung uneinträchtigte Tragfähigkeit der Fasern gewährleistet.

[0027] Ein weiterer Vorteil einer Seitenfläche mit geringer Neigung besteht darin, dass die Seitenfläche der Aussparung und die angrenzende Oberfläche des Rotorblattes bei der Fertigung des Rotorblattes in einem Arbeitsschritt gemeinsam bearbeitet, beispielsweise geschliffen, werden können. Auch wird eine einfache Bearbeitung aller Innenflächen der Aussparung, beispielsweise zum Aufräumen zum Vorbereiten einer Klebeverbindung des Rotorblattes und des Vortexgenerators, in einem einzigen Arbeitsschritt ermöglicht.

[0028] Vorzugsweise ist die Aussparung in einer Richtung quer zur Oberfläche des Rotorblattes konisch ausgebildet. Insbesondere ist die Aussparung derart ausgebildet, dass eine Querschnittsfläche der Aussparung in Abhängigkeit von dem Abstand zu einer an die Aussparung angrenzenden Oberfläche des Rotorblattes kleiner wird.

[0029] Des Weiteren vorteilhaft ist es, wenn die Aussparung in einer Richtung längs der Oberfläche des Rotorblattes asymmetrisch ausgebildet ist.

[0030] Hierdurch wird verhindert, dass der Vortexgenerator in einer falschen Orientierung in die Aussparung eingesetzt werden kann.

[0031] Bevorzugt weist die Aussparung eine Basisfläche auf, an der eine Befestigungseinrichtung zur Befestigung des Vortexgenerators in der Aussparung angeordnet ist.

[0032] Dadurch werden vorteilhafterweise die verschiedenen Funktionen der Aussparung, insbesondere zur Ausrichtung oder Positionierung des Vortexgenerators einerseits und zur Befestigung des Vortexgenerators andererseits, räumlich getrennt und auf verschiedene Flächen der Aussparung aufgeteilt. Insbesondere wird ein Gleiten oder Verschieben des Vortexgenerators quer zu der Befestigungseinrichtung vermieden.

[0033] Eine besonders bevorzugte Weiterbildung der Erfindung ist dadurch ausgezeichnet, dass das Rotorblattsystem wenigstens einen ersten Vortexgenerator und einen zweiten Vortexgenerator umfasst, die bestimmungsgemäß nebeneinander am Rotorblatt angeordnet sind oder werden, wobei die Vortexgeneratoren, insbesondere die Grundkörper der Vortexgeneratoren, jeweils eine Stoßkante für den jeweils anderen Vortexgenerator aufweisen, wobei die

Stoßkante des ersten Vortexgenerators und die Stoßkante des zweiten Vortexgenerators wenigstens abschnittsweise formkomplementär zueinander ausgebildet sind.

[0034] Hierdurch wird insbesondere eine Ausrichtung zwischen dem ersten Vortexgenerator und dem zweiten Vortexgenerator erleichtert, beispielsweise indem die Vortexgeneratoren mit ihren jeweiligen Stoßkanten aneinander positioniert werden. Dadurch wird die Ausrichtung mehrerer Vortexgeneratoren an einem Rotorblatt zueinander sichergestellt.

[0035] Darüber hinaus ist ein erster, an einem Rotorblatt befestigter Vortexgenerator insbesondere eine Positionierungseinrichtung für einen weiteren Vortexgenerator. Dadurch wird zumindest für den weiteren Vortexgenerator die Ausrichtung relativ zum Rotorblatt vereinfacht.

[0036] Des Weiteren bevorzugt ist es, wenn der erste Vortexgenerator und der zweite Vortexgenerator an den jeweiligen Stoßkanten miteinander, insbesondere lösbar, verbindbar ausgebildet sind.

[0037] Dadurch können mehrere Vortexgeneratoren zu einer aufeinander ausgerichteten Baugruppe kombiniert werden, die dann einheitlich an einem Rotorblatt ausgerichtet und befestigt werden. Vorzugsweise ist an den jeweiligen Stoßkanten ein Formschluss vorgesehen.

[0038] Ein weiterer Vorteil dabei ist, dass ohne wesentlichen Mehraufwand bei der Montage mehrere kleinere Vortexgeneratoren anstatt eines großen Vortexgenerators vorgesehen sein können. Insbesondere bei der Herstellung von Vortexgeneratoren unter Verwendung eines thermoplastischen Materials hat dies den Vorteil, dass es bei kleineren Bauteilen zu weniger Verzug beim Aushärten kommt und so die Fertigungsungenauigkeiten, insbesondere Form und Ausrichtung des aerodynamisch relevanten Flügels relativ zum Grundkörper, erhöht werden.

[0039] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auch gelöst durch eine Befestigungseinrichtung für ein Rotorblattsystem einer Windenergieanlage mit einem Rotorblatt, das eine Oberfläche aufweist, und mit einem Vortexgenerator, der einen Grundkörper und einen mit dem Grundkörper verbundenen Flügel aufweist, insbesondere für ein Rotorblattsystem, das vorstehend als erfindungsgemäß oder bevorzugt beschrieben wurde, wobei der Vortexgenerator bestimmungsgemäß mittels der Befestigungseinrichtung lösbar an dem Rotorblatt befestigt ist oder wird, so dass der Flügel des Vortexgenerators an der Oberfläche des Rotorblattes angeordnet ist oder wird.

[0040] Die Befestigungseinrichtung ist erfindungsgemäß für eine lösbare Befestigung oder Verbindung

ausgebildet. Dadurch wird ein Austausch eines defekten Vortexgenerators, insbesondere im Feld, ermöglicht oder vereinfacht.

[0041] Unter einer lösbaren Befestigung wird insbesondere eine Befestigung oder Verbindung verstanden, die ohne Zerstörung der verbundenen Komponenten, insbesondere ohne Zerstörung des Rotorblattes und/oder des Vortexgenerators, gelöst werden kann.

[0042] Die Befestigungseinrichtung kann auch Merkmale umfassen, die die Ausgestaltung des Rotorblattes und/oder des Vortexgenerators betreffen und zu einer Befestigung des Vortexgenerators an dem Rotorblatt oder zu einer Verbindung zwischen Vortexgenerator und Rotorblatt beitragen.

[0043] Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung ist dadurch ausgezeichnet, dass die Befestigungseinrichtung für eine formschlüssige Verbindung zwischen dem Vortexgenerator, insbesondere dem Grundkörper des Vortexgenerators, und dem Rotorblatt ausbildet ist.

[0044] Dadurch wird insbesondere eine konstruktiv einfache, leicht lösbare und dennoch feste und betriebssichere Befestigung ermöglicht. Beispielsweise umfasst die Befestigungseinrichtung ein Schienensystem, ein Hakensystem und/oder ein Klettsystem.

[0045] Eine weitere bevorzugte Weiterbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Befestigungseinrichtung eine schmelzbare Verbindungsschicht umfasst, wobei eine Schmelztemperatur eines Materials der Verbindungsschicht geringer ist als eine Schmelztemperatur eines Materials des Rotorblattes und eine Schmelztemperatur eines Materials des Vortexgenerators.

[0046] Die schmelzbare Verbindungsschicht ermöglicht eine mit einer Verklebung vergleichbare Befestigung des Vortexgenerators an dem Rotorblatt, wobei die Befestigung oder Verbindung durch Wärmeeinwirkung einfach wieder lösbar ist. Dabei sind die Schmelztemperaturen der Verbindungsschicht, des Vortexgenerators und des Rotorblattes insbesondere derart aufeinander abgestimmt, dass beim Schmelzen der Verbindungsschicht das Material des Vortexgenerators und des Rotorblattes fest und in seinen mechanischen und strukturellen Eigenschaften unverändert bleibt.

[0047] Ein weiterer Vorteil einer schmelzbaren Verbindungsschicht besteht darin, dass die Anwendung relativ robust ist gegen Verschmutzungen, so dass insbesondere auch bei einem Austausch eines Vortexgenerators im Feld eine betriebssichere Befestigung des neuen Vortexgenerators sichergestellt ist.

[0048] Ein Material der Verbindungsschicht ist beispielsweise ein Thermoplast mit niedriger Schmelztemperatur.

[0049] Eine weitere bevorzugte Weiterbildung der Erfindung ist dadurch ausgezeichnet, dass die Befestigungseinrichtung eine doppelseitig klebende, insbesondere selbstklebende, oder verklebte Zwischenschicht umfasst.

[0050] Hierbei handelt es sich beispielsweise um ein Industrieklebeband mit einer doppelseitig selbstklebenden Trägerschicht oder um eine Zwischenschicht aus einem selbstklebenden Material.

[0051] Die Zwischenschicht ist vorzugsweise flexibel ausgebildet, wodurch insbesondere kleinere Unebenheiten an den zu verklebenden Oberflächen ausgeglichen werden können.

[0052] Dadurch wird eine flächige Verklebung gewährleistet, so dass bereits mit moderater Klebekraft pro Flächeneinheit eine betriebssichere Befestigung des Vortexgenerators sichergestellt ist. Insbesondere werden Klebeverbindungen ermöglicht, die in einer Hauptverbindungsrichtung sehr belastbar sind und durch Belastung in einer anderen Richtung, insbesondere in einer Richtung quer zu der Hauptverbindungsrichtung, lösbar sind.

[0053] Die Zwischenschicht oder Trägerschicht umfasst beispielsweise ein Material mit Einlagerungen von Luft- oder Gasbläschen, beispielsweise aus einem aufgeschäumten Kunststoff.

[0054] Des Weiteren ist die Zwischenschicht insbesondere dünner als 1,5 mm, insbesondere dünner als 1 mm, um die Festigkeit oder Stabilität der Klebeverbindung, insbesondere bei Quer- oder Scherbelastungen, sicherzustellen.

[0055] In einer besonders bevorzugten Weiterbildung umfasst die Befestigungseinrichtung ferner eine Dichtungsvorrichtung zwischen dem Vortexgenerator und dem Rotorblatt.

[0056] Hierdurch wird insbesondere die mittels der Befestigungseinrichtung zwischen dem Rotorblatt und dem Vortexgenerator hergestellte Verbindung, beispielsweise gegen Schmutz und Witterungseinflüsse wie Feuchtigkeit oder Vereisung, geschützt ist. Damit erlaubt die Erfindung den Einsatz einer leicht lösbaren Befestigungseinrichtung und stellt gleichzeitig sicher, dass ein unbeabsichtigtes Ablösen des Vortexgenerators vom Rotorblatt wirksam verhindert wird.

[0057] Die Dichtungsvorrichtung umfasst beispielsweise eine in den Grundkörper des Vortexgenerators integrierte Dichtlippe. Hierdurch ist insbesondere bei

einem mittels eines Spritzgussverfahrens aus Thermoplasten hergestellten Vortexgenerator eine besonders einfache Herstellung gegeben, indem für den Grundkörper und/oder den Flügel ein erstes Thermoplast und für die Dichtlippe ein zweites Thermoplast verwendet wird, wobei insbesondere eine Flexibilität des zweiten Thermoplasts größer ist als eine Flexibilität des ersten Thermoplasts.

[0058] Die Dichtungsvorrichtung umfasst beispielsweise eine Dichtmasse, die nach der Befestigung von Rotorblatt und Vortexgenerator aufgetragen ist oder wird. Eine geeignete Dichtmasse umfasst insbesondere ein Silikon.

[0059] Die Dichtungsvorrichtung umfasst beispielsweise eine Dichtung, die zwischen Vortexgenerator und Rotorblatt angeordnet ist oder wird und insbesondere bei bestimmungsgemäßer Befestigung des Vortexgenerators am Rotorblatt mittels der Befestigungsvorrichtung einen Spalt zwischen Rotorblatt und Vortexgenerator abdichtet oder in einem solchen Spalt eingeklemmt ist oder wird.

[0060] Ein zuvor beschriebenes erfindungsgemäßes Rotorblattsystem umfasst bevorzugt eine erfindungsgemäße Befestigungseinrichtung. Hierdurch werden insbesondere die Vorteile einer lösbaren Befestigung oder Verbindung von Rotorblatt und Vortexgenerator sowie die Vorteile einer einfachen und genauen Ausrichtung von Rotorblatt und Vortexgenerator zueinander gewährleistet, wobei insbesondere die erfindungsgemäßen Merkmale oder Maßnahmen unter beiden Gesichtspunkten zu den Vorteilen beitragen.

[0061] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Rotorblatt mit einem erfindungsgemäßen Rotorblattsystem.

[0062] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird außerdem gelöst durch einen Vortexgenerator eines erfindungsgemäßen Rotorblattsystems.

[0063] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auch gelöst durch einen Vortexgenerator für ein Rotorblatt einer Windenergieanlage, insbesondere einen Vortexgenerator eines erfindungsgemäßen Rotorblattsystems, wobei der Vortexgenerator einen Flügel, der bestimmungsgemäß an einer Oberfläche des Rotorblattes angeordnet ist oder wird, umfasst, wobei der Flügel lösbar mit dem Rotorblatt oder einem Grundkörper des Vortexgenerators verbunden ist oder wird, wobei insbesondere eine formschlüssige Verbindung zwischen dem Rotorblatt oder dem Grundkörper des Vortexgenerators einerseits und dem Flügel andererseits vorgesehen ist.

[0064] Dadurch wird alternativ oder kumulativ zu einer vereinfachten Austauschbarkeit des Vortexgene-

rators der Austausch eines einzelnen Flügels an einem Rotorblatt ermöglicht oder vereinfacht.

[0065] Weitere Merkmale der Erfindung werden aus der Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsformen zusammen mit den Ansprüchen und den beigefügten Zeichnungen ersichtlich. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllen.

[0066] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

[0067] Fig. 1 schematisch einen Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Rotorblattsystems in perspektivischer Darstellung;

[0068] Fig. 2 schematisch einen erfindungsgemäßen Vortexgenerator in perspektivischer Darstellung;

[0069] Fig. 3 schematisch den Übergangsbereich zwischen zwei benachbarten Vortexgeneratoren gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in Draufsicht;

[0070] Fig. 4 schematisch den Übergangsbereich zwischen zwei benachbarten Vortexgeneratoren gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in Draufsicht;

[0071] Fig. 5 schematisch eine Schnittdarstellung eines Rotorblattsystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0072] Fig. 6 schematisch eine Schnittdarstellung eines Rotorblattsystems gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

[0073] Fig. 7a–c schematisch Schnittdarstellungen einer Positionierungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung;

[0074] Fig. 8 schematisch eine Schnittdarstellung einer Befestigungseinrichtung gemäß einer Ausführung der Erfindung;

[0075] Fig. 9 schematisch eine Schnittdarstellung einer Befestigungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung;

[0076] Fig. 10 schematisch eine Schnittdarstellung einer Befestigungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung;

[0077] Fig. 11 schematisch eine Schnittdarstellung einer Befestigungseinrichtung mit einer Dichtungs-
vorrichtung gemäß einer Ausführung der Erfindung;

[0078] Fig. 12 schematisch eine Schnittdarstellung einer Befestigungseinrichtung mit einer Dichtungs-
vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung;

[0079] Fig. 13 schematisch eine Schnittdarstellung einer Befestigungseinrichtung mit einer Dichtungs-
vorrichtung gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung;

[0080] Fig. 14 schematisch eine Draufsicht auf ein Rotorblattsystem **1** gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung;

[0081] Fig. 15 schematisch eine Schnittdarstellung entlang der Linie A-A aus Fig. 14;

[0082] Fig. 16 schematisch eine Schnittdarstellung eines Rotorblattsystems gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung; und

[0083] Fig. 17 schematisch eine Schnittdarstellung eines Rotorblattsystems gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung.

[0084] In den Zeichnungen sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente und/oder Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer erneuten Vorstellung jeweils abgesehen wird.

[0085] Fig. 1 zeigt schematisch einen Ausschnitt eines erfindungsgemäßen Rotorblattsystems **1** mit einem Rotorblatt **10** in einer perspektivischen Darstellung. Das Rotorblatt **10** weist einen Querschnitt mit einem aerodynamischen Profil **14** auf und hat eine Druckseite **15** sowie eine Saugseite **16**.

[0086] Auf der Saugseite **16** des Rotorblattes **10** sind an der Rotorblattoberfläche **12** mehrere Vortexgeneratoren **21** des Rotorblattsystems nebeneinander angeordnet. Die Vortexgeneratoren **21** weisen jeweils kleine Flügel **20** auf. Die Flügel **20** haben beispielsweise eine dreieckige Grundform und sind bis zu 140 mm lang und 35 bis 70 mm hoch.

[0087] Das Rotorblatt **10** wird bestimmungsgemäß an der Rotorblattnase **17** angeströmt, wie durch den Pfeil **30** schematisch dargestellt ist. Dabei wird das Rotorblatt **10** von der Rotorblattnase **17** zur Rotorblattinterkante **18** umströmt.

[0088] Dadurch, dass die Flügel **20** quer zur Rotorblattoberfläche **12** und schräg zur Anströmrichtung **30** ausgerichtet sind, entsteht stromabwärts von jedem Flügel **20** ein Wirbel oder Vortex, wobei die Ausrichtung eines Flügels **20** zur Anströmrichtung **30** die

Drehrichtung des jeweiligen Wirbels vorgibt. Die Ausrichtung der Flügel **20** ist vorzugsweise wie in Fig. 1 gezeigt alternierend, so dass benachbarte Wirbel gegenläufige Drehrichtungen aufweisen.

[0089] Ein Beispiel für einen erfindungsgemäßen Vortexgenerator **21** ist in Fig. 2 gezeigt. Der Vortexgenerator **21** umfasst zwei gegensätzlich ausgerichtete Flügel **20**, die auf einem als Basisplatte oder Grundplatte ausgebildeten Grundkörper **22** angebracht sind. Beispielsweise werden der Grundkörper **22** und die Flügel **21** als einheitliches Bauteil aus einem thermoplastischen Kunststoff in einem Spritzgussverfahren hergestellt.

[0090] Die Seitenflächen **23** des Grundkörpers **22** sind formkomplementär zueinander, im gezeigten Beispiel abgerundet, ausgebildet. Dadurch ergeben sich relativ große Berührungsflächen zwischen benachbarten Vortexgeneratoren **21**, so dass, wenn mehrere Vortexgeneratoren **21** wie bei dem erfindungsgemäßen Rotorblattsystem **1** gemäß Fig. 1 in einer Reihe nebeneinander angeordnet sind, diese aneinander anliegend zueinander ausgerichtet werden können.

[0091] Ist beispielsweise einer der beiden Vortexgenerator **21** bereits an einem Rotorblatt **10** befestigt, so ist dadurch die Position des nächsten Vortexgenerators **21** bis auf eine Drehung relativ zum ersten Vortexgenerator **21** bereits vorgegeben, so dass die Ausrichtung des weiteren Vortexgenerators **21** zum Rotorblatt **10** wesentlich vereinfacht wird.

[0092] Fig. 3 zeigt den Übergangsbereich zwischen zwei Vortexgeneratoren **21** gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung. In diesem Fall sind die Seitenflächen **23** der Grundkörper **22** der Vortexgeneratoren **21** derart ausgebildet, dass sie in der Draufsicht einer Zickzack-Linie entsprechen. Dadurch wird auch ein Verdrehen der beiden Vortexgeneratoren **21** zueinander wirksam unterbunden, so dass der erste Vortexgenerator **21** die Ausrichtung des zweiten Vortexgenerators eindeutig vorgibt.

[0093] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 4 gezeigt, wo ebenfalls eine schematische Draufsicht auf den Übergangsbereich zwischen zwei Vortexgeneratoren **21** dargestellt ist. In diesem Fall sind die Seitenflächen **23** der Grundkörper **22** derart geformt, dass die Grundkörper **22** der nebeneinander angeordneten Vortexgeneratoren **21** ineinandergreifen, so dass die Vortexgeneratoren **21** miteinander verbunden werden. Dadurch können insbesondere mehrere Vortexgeneratoren **21** verbunden und im Verbund gemeinsam relativ zu einem Rotorblatt **10** ausgerichtet werden.

[0094] Die in den Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 gezeigten erfindungsgemäßen Ausgestaltungen der Seiten-

flächen **23** sind insbesondere als beispielhaft zu verstehen, wobei beliebige andere formkomplementäre Ausgestaltungen der Seitenflächen **23**, mit denen die beschriebene Wirkung der Erfindung erreicht wird, ebenfalls als erfindungsgemäß angesehen werden.

[0095] Fig. 5 zeigt eine Schnittdarstellung eines erfindungsgemäßen Rotorblattsystems **1** mit einer entlang der Anströmrichtung **30** ausgerichteten Schnittebene. Dargestellt ist ein Ausschnitt eines Rotorblattes **10** sowie ein Vortexgenerator **21** mit einem Flügel **20** und einem als Grundplatte oder Basisplatte ausgebildeten Grundkörper **22**.

[0096] Die Oberfläche **12** des Rotorblattes **10** entspricht im Wesentlichen einem aerodynamischen Profil **14**, wobei der Grundkörper **22** an seiner Unterseite formkomplementär zu der Wölbung der Oberfläche **12** bzw. des aerodynamischen Profils **14** geformt ist.

[0097] An der Oberfläche **12** ist ferner eine Erhebung mit einer Anlagefläche **35** für den Vortexgenerator **21** bzw. den Grundkörper **22** des Vortexgenerators **21** vorgesehen, wobei die Erhebung über das aerodynamische Profil **14**, dessen Fortsetzung als gepunktete Linie dargestellt ist, erhoben ist.

[0098] Im Bereich des Vortexgenerators **21** und der Erhebung wird die Oberfläche **12** des Rotorblattes **10** fortgesetzt durch die Oberseite **24** des Grundkörpers **22** des Vortexgenerators sowie die Oberseite der Erhebung. In diesem Bereich weicht die effektive Oberfläche des Rotorblattsystems **1** entsprechend von dem aerodynamischen Profil **14** des Rotorblattes ab.

[0099] Fig. 6 zeigt eine zu Fig. 5 vergleichbare Darstellung eines Rotorblattsystems **1** gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Hier weist das Rotorblatt **10** einen Einschnitt für den Vortexgenerator auf. Die Fortsetzung des aerodynamischen Profils **14** des Rotorblattes **10** ist im Bereich des Einschnitts als gepunktete Linie dargestellt.

[0100] Der Einschnitt weist in Anströmrichtung hinten eine Kante auf, die als Anlagefläche **35** für einen Vortexgenerator **21** ausgebildet ist. Die Grundfläche des Einschnitts ist, ebenso wie die Unterseite des Vortexgenerators, eben, insbesondere plan, ausgebildet.

[0101] In dieser Ausführungsform setzt die Oberseite **24** des Vortexgenerators **21** die Rotorblattoberfläche **12** derart fort, dass die effektive Oberfläche des Rotorblattsystems **1**, gebildet aus Rotorblattoberfläche **12** und Oberseite **24** des Grundkörpers **22** des Vortexgenerators **21**, dem aerodynamischen Profil **14** entspricht.

[0102] Ein Rotorblattsystem **1** gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist in den Fig. 7a bis Fig. 7c gezeigt, wobei jeweils eine zu den Fig. 5 und Fig. 6 vergleichbare Schnittebene dargestellt ist.

[0103] Das Rotorblattsystem **1** umfasst ein Rotorblatt **10** und einen Vortexgenerator **21**, wobei in Fig. 7a das Rotorblattsystem **1** vor der Befestigung des Vortexgenerators **21** am Rotorblatt **10** dargestellt ist.

[0104] Das Rotorblatt **10** weist an der Rotorblattoberfläche **12** eine Aussparung **40** mit Seitenflächen **42** und einer Basisfläche **41** auf. Dabei ist die Basisfläche **41** der Aussparung **40** im Wesentlichen parallel zu der Rotorblattoberfläche **12** ausgerichtet. Die Seitenflächen **42** verbinden die Rotorblattoberfläche **12** und die Basisfläche **41**, wobei die Seitenflächen **42** insbesondere eine Neigung gegenüber Rotorblattoberfläche **12** bzw. Basisfläche **41** aufweisen. Die Neigung ist vorzugsweise gering, beispielsweise geringer als 1:5. Darunter ist insbesondere zu verstehen, dass die Seitenflächen **42** jeweils abgewinkelt gegenüber der Rotorblattoberfläche **12** und der Basisfläche **41** ausgerichtet sind, wobei der entsprechende Winkel jeweils kleiner als etwa 11,3° ist.

[0105] Die Aussparung ist beispielsweise asymmetrisch ausgebildet. Darunter ist insbesondere zu verstehen, dass die Aussparung eine asymmetrische Form und/oder eine asymmetrisch geformte Querschnittsfläche aufweist. Insbesondere weisen zwei Seitenflächen **42** jeweils eine unterschiedliche Neigung zu der Rotorblattoberfläche **12** bzw. zu der Basisfläche **41** auf.

[0106] Der Vortexgenerator **21** umfasst einen Grundkörper **22** und wenigstens einen Flügel **20**. Der Grundkörper **22** ist an der Unterseite wenigstens abschnittsweise formkomplementär zu der Aussparung **40** ausgebildet. Insbesondere weist der Grundkörper **22** Gegenflächen auf, die formkomplementär zu den Seitenflächen **42** der Aussparung geformt oder ausgebildet sind.

[0107] Durch die asymmetrische Form oder die asymmetrisch geformte Querschnittsfläche der Aussparung **40** und die entsprechende formkomplementäre Ausgestaltung des Vortexgenerators **21** wird sichergestellt, dass der Vortexgenerator **21** ausschließlich in der korrekten Orientierung in die Aussparung **40** eingesetzt ist oder wird.

[0108] Fig. 7b zeigt das Rotorblattsystem **1** nach Einsetzen des Vortexgenerators **21** in die Aussparung **40**. Dabei ist die Größe des Vortexgenerators **21** bzw. des Grundkörpers **22** des Vortexgenerators **21** derart gewählt, dass von der Aussparung **40** zwischen dem Rotorblatt **10** und dem Vortexgenerator **21** ein Klebespalt **44** verbleibt. Der Klebespalt **44** ist

vorzugsweise gleichmäßig weit und wird beispielsweise mit einem Flüssigkleber verfüllt.

[0109] Fig. 7c zeigt eine zu Fig. 7b vergleichbare Darstellung einer ähnlichen Ausführungsform der Erfindung. Hier ist insbesondere vorgesehen, dass der Grundkörper **22** derart ausgebildet ist, dass die Gegenflächen an dem Grundkörper **22** jeweils an einer Seitenflächen **42** der Aussparung **40** abgestützt werden. Dadurch wird bereits vor beim Einsetzen des Vortexgenerators **21** in die Aussparung **40** eine eindeutige Lage für den Vortexgenerator **21** vorgegeben.

[0110] Außerdem wird so ein Spalt zwischen Rotorblattoberfläche **12** und Oberseite **24** des Grundkörpers **22** vermieden, so dass ein aerodynamisch optimaler Übergang zwischen der Rotorblattoberfläche **12** und der Oberseite **24** des Grundkörpers **22** gewährleistet ist.

[0111] Zwischen der Basisfläche **41** und dem Vortexgenerator **21** bzw. der Grundfläche des Grundkörpers **22** ist eine Befestigungseinrichtung **46**; **52**, **54**, **56** zur Befestigung des Vortexgenerators am Rotorblatt **10** bzw. in der Aussparung **40** vorgesehen. Zum Schutz der Befestigungseinrichtung **46**; **52**, **54**, **56** vor Schmutz, Feuchtigkeit und Witterungseinflüssen kann zwischen den Seitenflächen **42** der Aussparung **40** und den entsprechenden Gegenflächen an dem Vortexgenerator **21** eine Dichtungsvorrichtung vorgesehen sein. Bevorzugte Ausführungen der Befestigungseinrichtung **46**; **52**, **54**, **56** sind in den Fig. 8 bis Fig. 10, bevorzugte Ausführungen der Dichtungsvorrichtung **62**, **64**, **66** in den Fig. 11 bis Fig. 13 schematisch gezeigt.

[0112] In den Fig. 8, Fig. 9 und Fig. 10 werden schematisch jeweils im Rahmen der Erfindung bevorzugte Vorrichtungen **52**, **54**, **56** zur lösbaren Befestigung eines Vortexgenerators **21** mit einem Grundkörper **22** und wenigstens einem Flügel **20** an einem Rotorblatt **10** gezeigt. Insbesondere sind die gezeigten Vorrichtungen **52**, **54**, **56** vorteilhaft als Befestigungseinrichtung **46**; **52**, **54**, **56** in Fig. 7a bis Fig. 7c verwendbar.

[0113] In den Fig. 8, Fig. 9 und Fig. 10 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit im Einzelfall gegebenenfalls vorhandene Maßnahmen oder Ausgestaltungen zur Verbesserung der Aerodynamik am Übergang zwischen Rotorblatt **10** und Vortexgenerator **12** jeweils nicht gezeigt.

[0114] Fig. 8 zeigt eine Befestigung des Vortexgenerators **21** mittels einer Klebeschicht **52**. Hierbei handelt es sich insbesondere um eine chemisch oder physikalisch lösbare Klebeverbindung zwischen dem Rotorblatt **10** und dem Vortexgenerator **21**, die als Dickschichtverklebung oder als Dünnschichtverklebung ausgeführt sein kann.

[0115] Die Klebeschicht **52** ist beispielsweise als Schaumtape mit einer beidseitig mit Klebstoff versehenen Zwischenschicht aus aufgeschäumtem Kunststoff ausgebildet. Die Zwischenschicht ist dabei vorzugsweise geringfügig formbar, so dass kleine Unebenheiten am Rotorblatt **10** oder am Vortexgenerator **21** ausgeglichen werden können.

[0116] Die Klebeschicht **52** kann insbesondere auch ein flexibles, klebendes Material umfassen. Derartige Klebelösungen sind beispielsweise von der Firma tesa SE aus Hamburg, Deutschland, unter der Markenbezeichnung Powerstrips verfügbar. Ein besonderer Vorteil hiervon besteht darin, dass die Klebeverbindung zwischen Rotorblatt **10** und Vortexgenerator **21** durch dehnende Verstreckung der Klebeschicht in Richtung der Klebeebene lösbar ist, während die Klebeverbindung bei den üblicherweise im Betrieb einer Windenergieanlage auftretenden Belastungen fest und betriebssicher ist.

[0117] Fig. 9 zeigt eine Befestigung eines Vortexgenerators **21** an einem Rotorblatt **10** mittels eines formschlüssig wirkenden Verbundsystems **54**. Das Verbundsystem **54** umfasst zwei Flächenabschnitte, von denen einer am Rotorblatt **10** und der andere am Vortexgenerator **21** befestigt ist. Die Flächenabschnitte weisen jeweils eine Vielzahl Halteelemente auf, die lösbar formschlüssig mit den entsprechenden Halteelementen des jeweils anderen Flächenabschnitts zusammenwirken.

[0118] Derartige Verbundsysteme **54** sind in vielfältigen Ausführungen in Industriequalität am Markt erhältlich. Dabei kommen im Rahmen der Erfindung sowohl symmetrische als auch asymmetrische Verbundsysteme **54** zum Einsatz.

[0119] Unter einem symmetrischen Verbundsystem **54** wird insbesondere verstanden, dass die beiden Flächenabschnitte gleiche Halteelemente aufweisen. Beispielsweise wird von der Firma 3M ein entsprechendes symmetrisches Verbundsystem **54** unter der Markenbezeichnung Dual Lock angeboten, bei dem die Halteelemente jeweils einen pilzförmigen Querschnitt aufweisen.

[0120] Unter einem asymmetrischen Verbundsystem **54** wird insbesondere ein Verbundsystem **54** verstanden, bei dem die beiden Flächenabschnitte unterschiedliche Halteelemente aufweisen, beispielsweise Häkchen einerseits und Schlaufen andererseits.

[0121] In Fig. 10 ist eine Schmelzverbindung mittels einer schmelzbaren Zwischenschicht **56** zur Befestigung eines Vortexgenerators **21** an einem Rotorblatt **10** gezeigt. Die Zwischenschicht **56** umfasst insbesondere ein schmelzbares Material und ist beispielsweise in Form eines in die Rotorblattoberfläche

12 eingearbeiteten Streifens ausgebildet. Zum Befestigen des Vortexgenerators **21** wird die Zwischenschicht **56** bis zum Schmelzen erwärmt und der Vortexgenerator **21** in dem wenigstens teilweise flüssigen Material der Zwischenschicht **56** positioniert. Nach Abkühlen und Erstarren des Materials ergibt sich eine feste und betriebssichere Verbindung zwischen Rotorblatt **10** und Vortexgenerator **21**. Gleichzeitig ist eine einfache Austauschbarkeit des Vortexgenerators **21** gewährleistet, da die Schmelzverbindung durch Erwärmen der Zwischenschicht **56** leicht wieder gelöst werden kann.

[0122] Dabei ist ein Material der Zwischenschicht **56** insbesondere derart auf ein Material des Rotorblatts **10** und ein Material des Vortexgenerators **21** abgestimmt, dass die Schmelztemperatur des Materials der Zwischenschicht **56** insbesondere geringer ist als die jeweilige Schmelztemperatur des Materials des Rotorblatts **10** und des Materials des Vortexgenerators **21**. Dadurch wird insbesondere sichergestellt, dass beim Erwärmen oder Aufschmelzen der Zwischenschicht Struktur und Form des Rotorblattes **10** und des Vortexgenerators **21** erhalten bleiben.

[0123] Ein besonderer Vorteil in der Schmelzverbindung besteht darin, dass die Festigkeit der Verbindung kaum beeinträchtigt wird durch Verschmutzungen oder Fremdkörper. Dadurch kann insbesondere im Feld ein Vortexgenerator **21** ohne besondere Schutzmaßnahmen ausgetauscht werden.

[0124] Eine Befestigungseinrichtung **46; 52, 54, 56** wird bevorzugt mittels einer Dichtungsvorrichtung **62, 64, 66** vor Schmutz, Witterungseinflüssen und Feuchtigkeit geschützt. Beispielhafte Ausgestaltungen einer entsprechenden Dichtungsvorrichtung **62, 64, 66** sind schematisch jeweils in den **Fig. 11, Fig. 12** und **Fig. 13** gezeigt.

[0125] In den **Fig. 11, Fig. 12, und Fig. 13** sind aus Gründen der Übersichtlichkeit im Einzelfall gegebenenfalls vorhandene Maßnahmen oder Ausgestaltungen zur Verbesserung der Aerodynamik am Übergang zwischen Rotorblatt **10** und Vortexgenerator **12** jeweils nicht gezeigt.

[0126] **Fig. 11** zeigt beispielhaft eine mittels Dichtmasse **62** ausgebildete Dichtungsvorrichtung **62, 64, 66**. Die Dichtmasse **62** ist insbesondere nach Befestigung des Vortexgenerators **21** am Rotorblatt **10** im Bereich eines Übergangs zwischen Rotorblatt **10** und Vortexgenerator **21** aufgebracht. Dabei ist die Dichtmasse **62** beispielsweise flüssig oder zähflüssig und härtet nach dem Auftragen wenigstens teilweise aus, so dass sich eine mit dem Rotorblatt **10** einerseits und dem Vortexgenerator **21** andererseits verbundene Dichtung ergibt. Vorzugsweise ist die Dichtung bzw. die Dichtmasse **62** nach dem Aushärten immer noch flexibel.

[0127] Beispielsweise umfasst ein Material der Dichtmasse Silikon.

[0128] Bei Austausch des Vortexgenerators **21** wird die Dichtung bzw. die Dichtmasse **62** in der Regel zerstört, so dass Rückstände, zumindest am Rotorblatt **10**, entfernt werden müssen, bevor ein neuer Vortexgenerator **21** montiert werden kann.

[0129] **Fig. 12** zeigt eine Dichtungsvorrichtung **62, 64, 66** im Rahmen der Erfindung, bei der diese Problematik vermieden wird. Hier umfasst der Vortexgenerator **21**, insbesondere ein Grundkörper **22** des Vortexgenerators **21**, eine Dichtlippe **64**, die bei bestimmungsgemäßer Befestigung des Vortexgenerators **21** am Rotorblatt **10** anliegt.

[0130] Wenn der Vortexgenerator **21** oder der Grundkörper **22** des Vortexgenerators in einem Spritzgussverfahren hergestellt ist oder wird, so lässt sich eine Dichtlippe **64** beispielsweise besonders einfach durch die Verwendung verschiedener Thermoplaste mit unterschiedlicher Flexibilität herstellen. Insbesondere wird für den Grundkörper **22** ein im erkalteten Zustand relativ festes und für die Dichtlippe **64** ein im erkalteten Zustand relativ flexibles Thermoplast verwendet.

[0131] **Fig. 13** zeigt eine Dichtungsvorrichtung **62, 64, 66** im Rahmen der Erfindung mit einem zwischen den Vortexgenerator **21** und das Rotorblatt **10** eingelegten Dichtungselement **66**. Das Dichtungselement **66** ist unabhängig von der Materialwahl und dem Herstellungsverfahren des Vortexgenerators **21** und des Rotorblatts **10**, so dass in Einzelfällen der Mehraufwand für Montage und Funktionskontrolle eines separaten Dichtungselements **66** in Kauf genommen werden kann.

[0132] Ein Rotorblattsystem **1** gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 14** und **Fig. 15** gezeigt. Dabei zeigt **Fig. 14** eine schematische Draufsicht auf eine Rotorblattoberfläche **12** eines Rotorblatts **10** und **Fig. 15** eine schematische Schnittdarstellung entlang der Linie A-A in **Fig. 14**.

[0133] An dem Rotorblatt **10**, insbesondere an der Rotorblattoberfläche **12**, ist eine Schiene **70** mit einem Unterschnitt angeordnet, die mit dem Rotorblatt verbunden ist, beispielsweise mittels einer Befestigungseinrichtung **46; 52, 54, 56**.

[0134] Das Rotorblattsystem **1** umfasst ferner einen Vortexgenerator **21** mit einer Grundplatte **22** und einem Flügel **20**. Der Flügel **20** ist in dem gezeigten Beispiel trapezförmig ausgebildet, wobei im Rahmen der Erfindung auch andere Flügelformen zum Erreichen der gewünschten aerodynamischen Eigenschaften des Flügels **20** Verwendung finden.

[0135] Der Vortexgenerator **21** weist, insbesondere an seinem Grundkörper **22**, eine Halteplatte **26** auf, die in den Unterschnitt der Schiene **70** eingreift. Die Schiene **70** weist ferner eine verschließbare Erweiterungsöffnung **72** an der Führungsrille **74** auf, wo der Vortexgenerator **21** mit der Halteplatte **26** eingesetzt ist oder wird. Somit ist der Vortexgenerator **21** insbesondere entlang der Schiene **70** bzw. der Führungsrille **74** verschiebbar.

[0136] Während der Montage wird der Vortexgenerator **21** insbesondere geeignet gegen Verschieben in der Schiene **70** gesichert. Dadurch wird eine exakte Positionierung des Vortexgenerators **21** nach der Montage gewährleistet und gleichzeitig eine einfache Austauschbarkeit des Vortexgenerators **21** sichergestellt. Die Austauschbarkeit des Vortexgenerators **21** ist dabei auch gewährleistet, wenn die Schiene **70** fest, insbesondere nicht zerstörungsfrei lösbar, mit dem Rotorblatt **10** verbunden ist.

[0137] Mittels einer Schiene **70** sind insbesondere mehrere Vortexgeneratoren **21** an einem Rotorblatt **10** befestigbar. Wenn die Vortexgeneratoren **21** insbesondere zueinander formkomplementäre Seitenflächen **23** aufweisen, stützen sich die Vortexgeneratoren **21** dabei gegeneinander ab, so dass lediglich die in einer Reihe äußersten Vortexgeneratoren **21** gegen Verschieben in der Schiene **70** bzw. der Führungsrille **74** gesichert werden müssen. Dadurch wird die Montage und Ausrichtung einer Vielzahl von Vortexgeneratoren **21** an einem Rotorblatt **10** weiter vereinfacht.

[0138] In Fig. 16 ist ein weiteres Beispiel für ein Rotorblattsystem **1** gemäß der Erfindung gezeigt, wobei die dargestellte Schnittebene derjenigen aus Fig. 15 entspricht.

[0139] In diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist eine Schiene **70** für einen Vortexgenerator **21** vorgesehen, die in ein Rotorblatt **10**, insbesondere an einer Rotorblattoberfläche **12**, integriert ist. Dabei greift insbesondere ein als Grundplatte ausgebildeter Grundkörper **22** des Vortexgenerators **21** in die Schiene **70** ein.

[0140] Vorteilhafterweise sind die Schiene **70** und der Grundkörper **22** derart geformt, dass eine Oberseite **24** des Vortexgenerators **21** oder des Grundkörpers **22** die Rotorblattoberfläche **12** aerodynamisch optimal oder optimiert fortsetzt.

[0141] In Fig. 17 ist eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Rotorblattsystems, ebenfalls in einer schematischen Schnittdarstellung, gezeigt. In diesem Beispiel weist der Vortexgenerator **21** einen Grundkörper **22** und Flügel **20** mit geschwungener Oberkante auf. Auch diese Flügelform ist insbesondere beispielhaft zu verstehen und kann

im Einzelfall bedingt durch die gewünschte Flügel aerodynamik abweichen.

[0142] Der Vortexgenerator **21** weist, insbesondere an einer Unterseite des Grundkörpers **22**, flexible Haken **25** auf. Hierbei kann es sich auch um Doppelhaken oder Spreizhaken, insbesondere sogenannte Schwalbenschwänze, handeln.

[0143] An einem Rotorblatt **10** des Rotorblattsystems **1** ist ein Sockel **80** befestigt, beispielsweise mittels einer Befestigungseinrichtung **46; 52, 54, 56**. Der Sockel **80** weist Öffnungen auf, in die die Haken **25** am Vortexgenerator **21** lösbar eingreifen. Die Anordnung der Öffnungen am Sockel **80** und die insbesondere darauf abgestimmte Anordnung der Haken **25** am Vortexgenerator **21** geben dabei die Position und Ausrichtung des Vortexgenerators **21** relativ zum Rotorblatt **10** vor.

[0144] Dadurch wird eine exakte Positionierung des Vortexgenerators **21** relativ zum Rotorblatt **10** gewährleistet und gleichzeitig eine einfache Austauschbarkeit des Vortexgenerators **21** sichergestellt. Die Austauschbarkeit des Vortexgenerators **21** ist dabei auch dann gewährleistet, wenn der Sockel **80** fest, insbesondere nicht zerstörungsfrei lösbar, mit dem Rotorblatt **10** verbunden ist.

[0145] Die erfindungsgemäße Befestigung eines Vortexgenerators **21** mittels Haken **25** ist insbesondere auch geeignet, um einen einzelnen Flügel **20** an einem Grundkörper **22** eines Vortexgenerators **21** zu befestigen, wobei insbesondere der Grundkörper **22** als Sockel **80** ausgebildet ist. Dadurch wird insbesondere eine Austauschbarkeit eines einzelnen Flügels ermöglicht.

[0146] Des Weiteren ist die erfindungsgemäße Befestigung mittels Haken **25** zur Befestigung eines einzelnen Flügels **20** an einem Rotorblatt **10** geeignet. In diesem Fall ist insbesondere der Flügel **20** als Vortexgenerator **21** und das Rotorblatt **10** als Sockel **80** ausgebildet.

[0147] Alle genannten Merkmale, auch die den Zeichnungen allein zu entnehmenden sowie auch einzelne Merkmale, die in Kombination mit anderen Merkmalen offenbart sind, werden allein und in Kombination als erfindungswesentlich angesehen. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können durch einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllt sein. Im Rahmen der Erfindung sind Merkmale, die mit „insbesondere“ oder „vorzugsweise“ gekennzeichnet sind, als fakultative Merkmale zu verstehen.

Bezugszeichenliste

1	Rotorblattsystem
10	Rotorblatt
12	Rotorblattoberfläche
14	Rotorblattprofil
15	Druckseite
16	Saugseite
17	Rotorblattnase
18	Hinterkante
20	Flügel
21	Vortexgenerator
22	Grundkörper
23	Seitenfläche
24	Oberseite
25	Haken
26	Halteplatte
30	Anströmrichtung
35	Anlagefläche
40	Aussparung
41	Basisfläche
42	Seitenfläche
44	Klebspalt
46	Befestigungseinrichtung
52	Klebeschicht
54	Verbundsystem
56	Schmelzschicht
62	Dichtmasse
64	Dichtlippe
66	Dichtungselement
70	Schiene
72	Einsetzöffnung
74	Führungsrille
80	Sockel

Patentansprüche

1. Rotorblattsystem (1) für eine Windenergieanlage umfassend ein Rotorblatt (10) mit einer Oberfläche (12) und umfassend einen Vortexgenerator (21) mit einem Grundkörper (22) und wenigstens einem mit dem Grundkörper (22) verbundenen Flügel (20), wobei der Flügel (20) des Vortexgenerators (21) bestimmungsgemäß an der Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) angeordnet ist oder wird, wobei das Rotorblattsystem (1) ferner eine Positionierungseinrichtung (35; 22, 40; 26, 70; 25, 80) zur Ausrichtung von dem Rotorblatt (10) und dem Vortexgenerator (21) relativ zueinander umfasst.

2. Rotorblattsystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positionierungseinrichtung (35; 22, 40; 26, 70; 25, 80) eine Positionsmarkierung (35), insbesondere eine Anlagekante (35), für den Vortexgenerator (21), insbesondere für den Grundkörper (22) des Vortexgenerators (21), insbesondere an der Oberfläche (12) des Rotorblattes (10), umfasst.

3. Rotorblattsystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) und eine Oberfläche des Vortexgenerators (21), insbesondere eine bestimmungsgemäß dem Rotorblatt (10) zugewandte Seite des Grundkörpers (22) des Vortexgenerators (21), wenigstens abschnittsweise formkomplementär zueinander ausgebildet sind, wobei die Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) insbesondere gekrümmt ist.

4. Rotorblattsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Positionierungseinrichtung (35; 22, 40; 26, 70; 25, 80) eine Aussparung (40) für den Vortexgenerator (21), insbesondere für den Grundkörper (22) des Vortexgenerators (21), an der Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) umfasst, wobei der Grundkörper (22), insbesondere an einer bestimmungsgemäß dem Rotorblatt (10) zugewandten Seite, wenigstens abschnittsweise formkomplementär zu der Aussparung (40) ausgebildet ist.

5. Rotorblattsystem (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aussparung (40) wenigstens eine schräg zu der angrenzenden Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) angeordnete Seitenfläche (42) aufweist, die insbesondere als Anlage- oder Gleitfläche für den Vortexgenerator (21), insbesondere für eine zur Seitenfläche (42) wenigstens abschnittsweise formkomplementäre Gegenfläche am Vortexgenerator (21), ausgebildet ist.

6. Rotorblattsystem (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aussparung (40) in einer Richtung längs der Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) asymmetrisch ausgebildet ist.

7. Rotorblattsystem (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aussparung (40) eine Basisfläche (41) aufweist, an der eine Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) zur Befestigung des Vortexgenerators (21) in der Aussparung (40) angeordnet ist.

8. Rotorblattsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rotorblattsystem (1) wenigstens einen ersten Vortexgenerator (21) und einen zweiten Vortexgenerator (21) umfasst, die bestimmungsgemäß nebeneinander am Rotorblatt (10) angeordnet sind oder werden, wobei die Vortexgeneratoren (21), insbesondere die Grundkörper (22) der Vortexgeneratoren (21), jeweils eine Stoßkante (23) für den jeweils anderen Vortexgenerator (21) aufweisen, wobei die Stoßkante (23) des ersten Vortexgenerators (21) und die Stoßkante (23) des zweiten Vortexgenerators (21) wenigstens abschnittsweise formkomplementär zueinander ausgebildet sind.

9. Rotorblattsysteem (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Vortexgenerator (21) und der zweite Vortexgenerator (21) an den jeweiligen Stoßkanten (23) miteinander, insbesondere lösbar, verbindbar ausgebildet sind.

10. Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) für ein Rotorblattsysteem (1) einer Windenergieanlage mit einem Rotorblatt (10), das eine Oberfläche (12) aufweist, und mit einem Vortexgenerator (21), der einen Grundkörper (22) und einen mit dem Grundkörper (22) verbundenen Flügel (20) aufweist, insbesondere für ein Rotorblattsysteem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Vortexgenerator (21) bestimmungsgemäß mittels der Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) lösbar an dem Rotorblatt (10) befestigt ist oder wird, so dass der Flügel (20) des Vortexgenerators (21) an der Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) angeordnet ist oder wird.

11. Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) für eine formschlüssige Verbindung zwischen dem Vortexgenerator (21), insbesondere dem Grundkörper (22) des Vortexgenerators (21), und dem Rotorblatt (10) ausgebildet ist.

12. Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) eine schmelzbare Verbindungsschicht (56) umfasst, wobei eine Schmelztemperatur eines Materials der Verbindungsschicht (56) geringer ist als eine Schmelztemperatur eines Materials des Rotorblattes (10) und eine Schmelztemperatur eines Materials des Vortexgenerators (21).

13. Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) eine doppelseitig klebende, insbesondere selbstklebende, oder verklebte Zwischenschicht (52) umfasst.

14. Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) ferner eine Dichtungsvorrichtung (62, 64, 66) zwischen dem Vortexgenerator (21) und dem Rotorblatt (10) umfasst.

15. Rotorblattsysteem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rotorblattsysteem (1) eine Befestigungseinrichtung (46; 52, 54, 56) nach einem der Ansprüche 10 bis 14 umfasst.

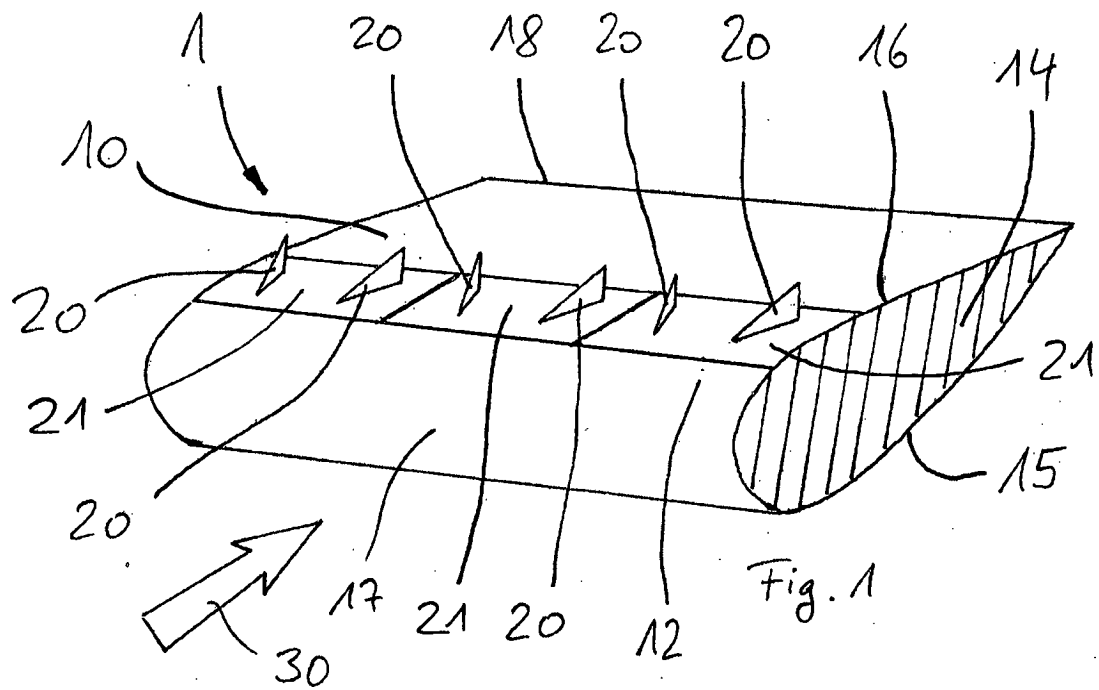
16. Rotorblatt (10) eines Rotorblattsystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder 15.

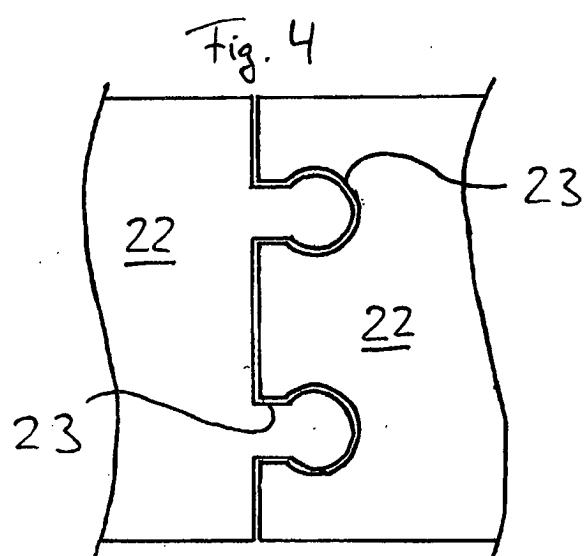
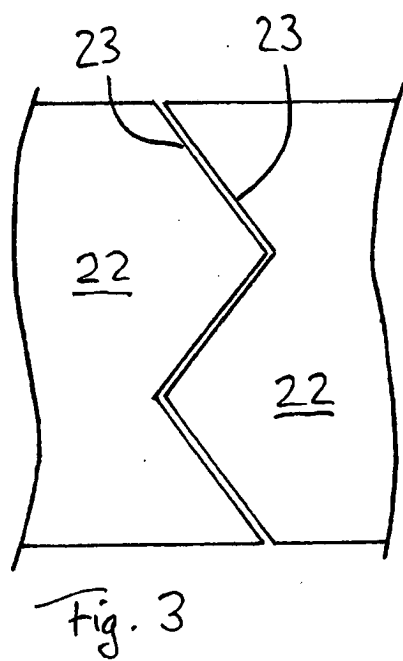
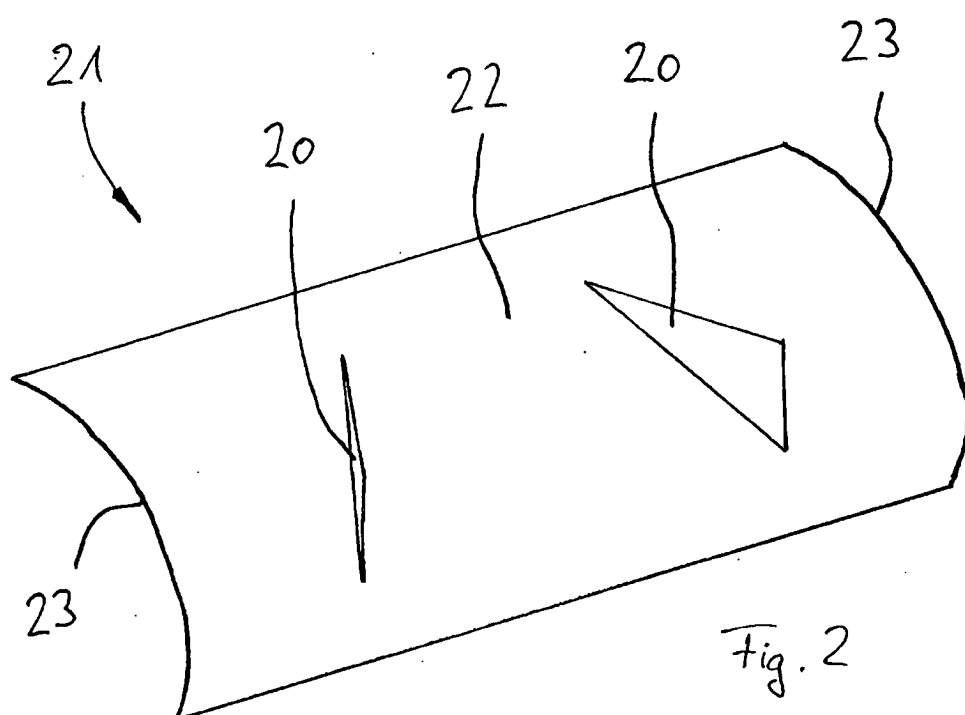
17. Vortexgenerator (21) eines Rotorblattsystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder 15.

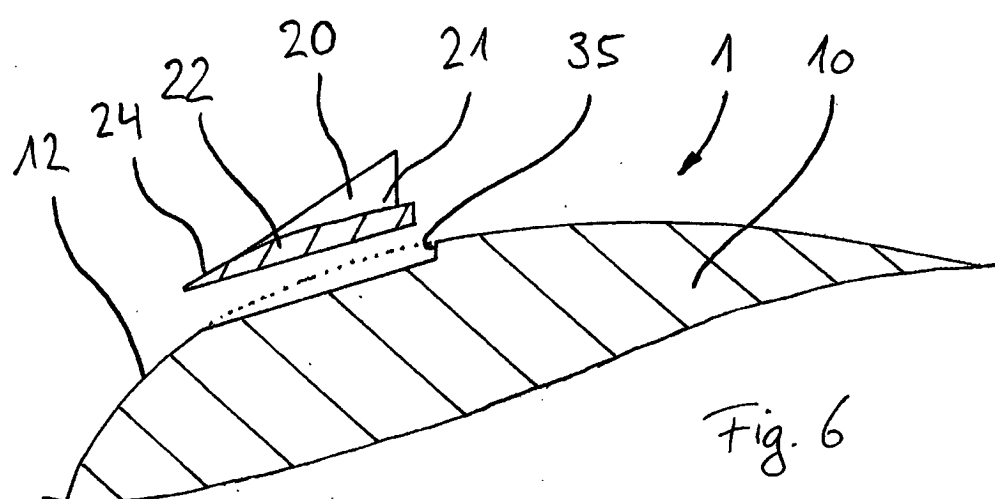
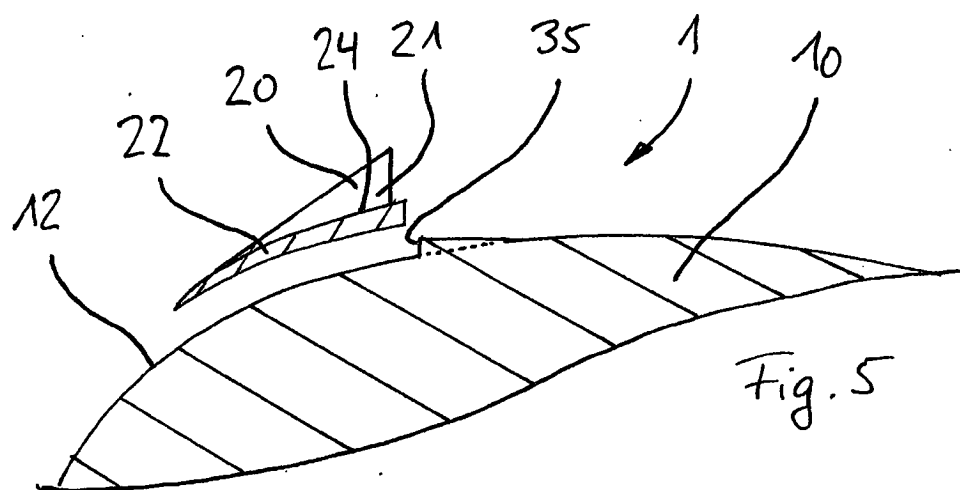
18. Vortexgenerator (21) für ein Rotorblatt (10) einer Windenergieanlage, insbesondere Vortexgenerator (21) eines Rotorblattsystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder 15, wobei der Vortexgenerator (21) einen Flügel (20), der bestimmungsgemäß an einer Oberfläche (12) des Rotorblattes (10) angeordnet ist oder wird, umfasst, wobei der Flügel (20) lösbar mit dem Rotorblatt (10) oder einem Grundkörper (22) des Vortexgenerators (21) verbunden ist oder wird, wobei insbesondere eine formschlüssige Verbindung zwischen dem Rotorblatt (10) oder dem Grundkörper (22) des Vortexgenerators (21) einerseits und dem Flügel (20) andererseits vorgesehen ist.

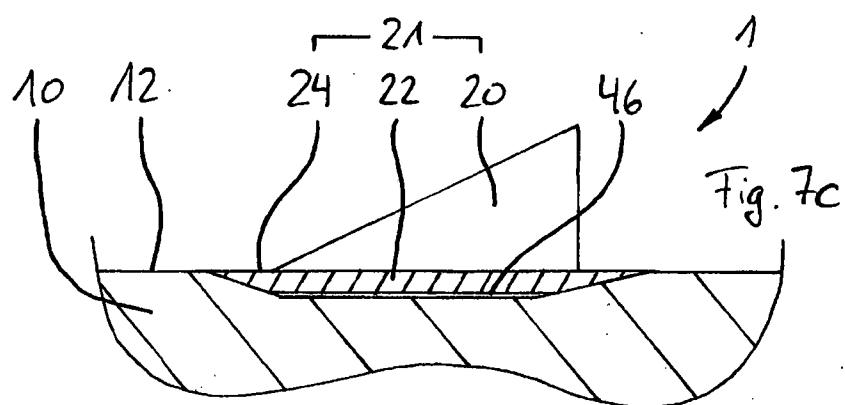
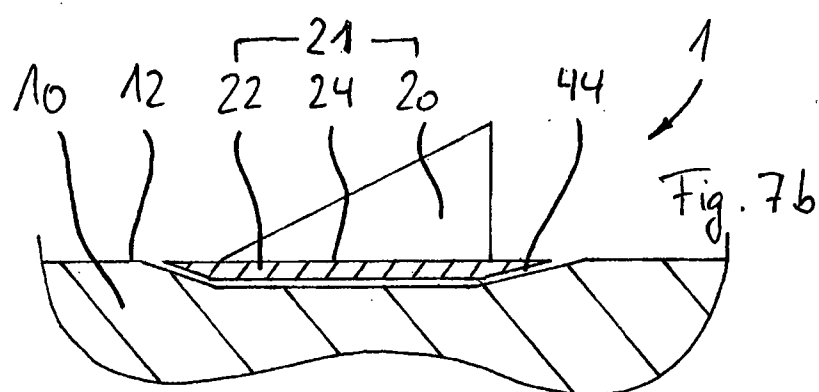
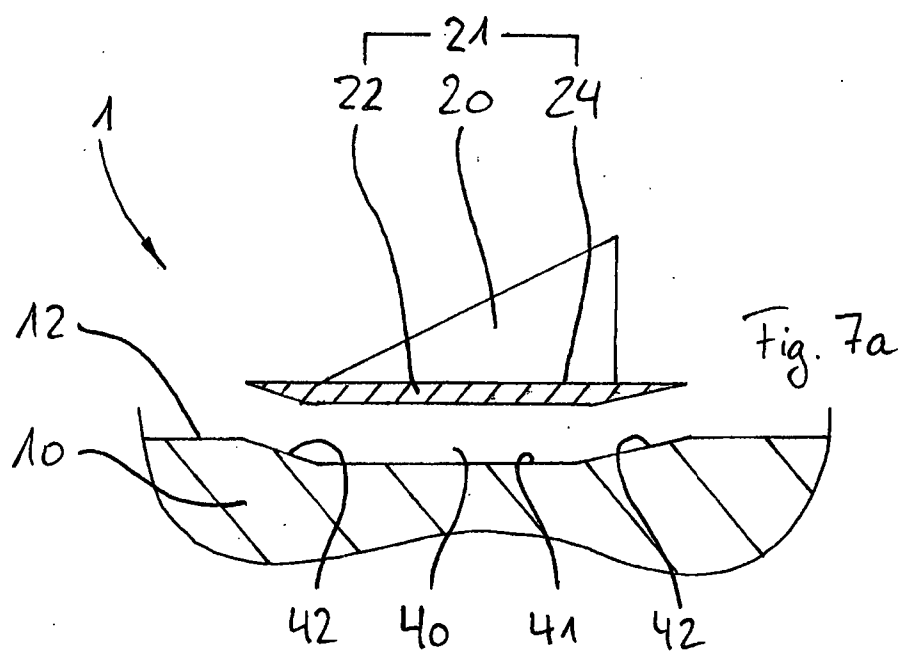
Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

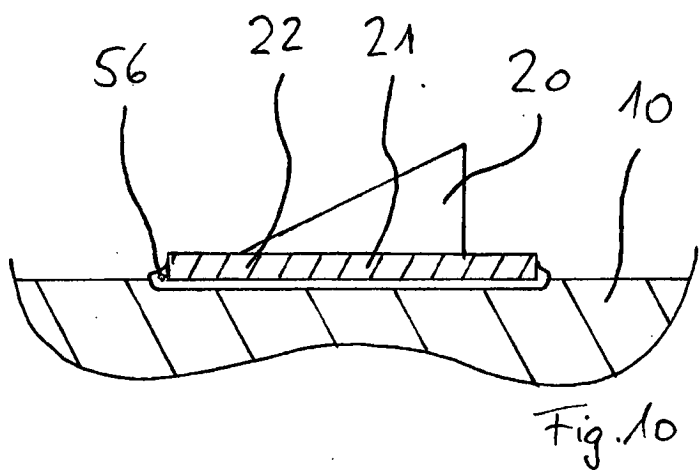
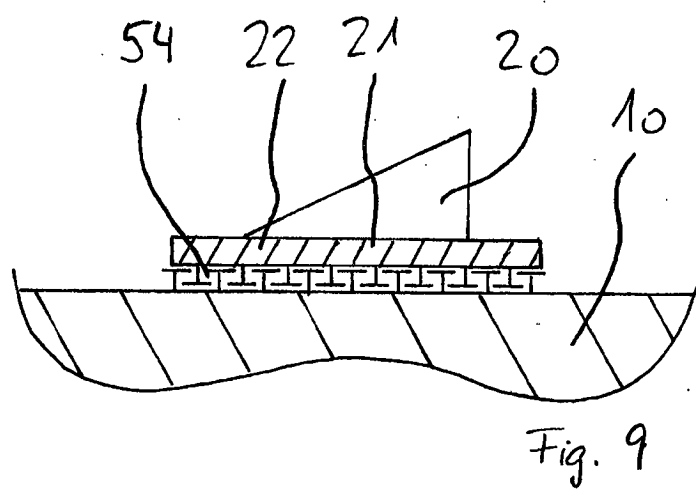
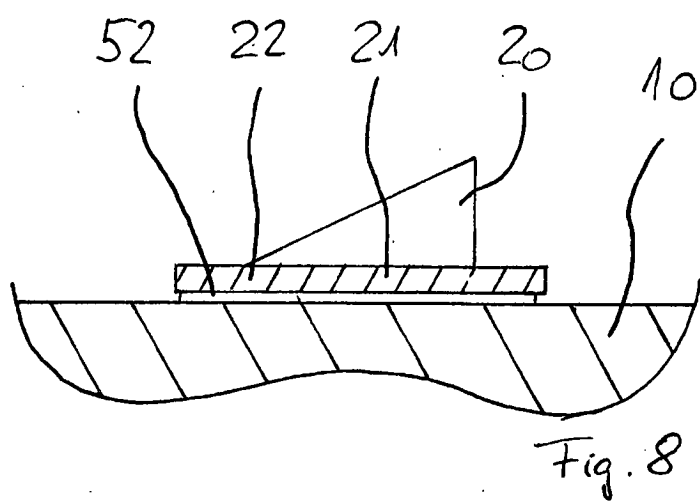
Anhängende Zeichnungen

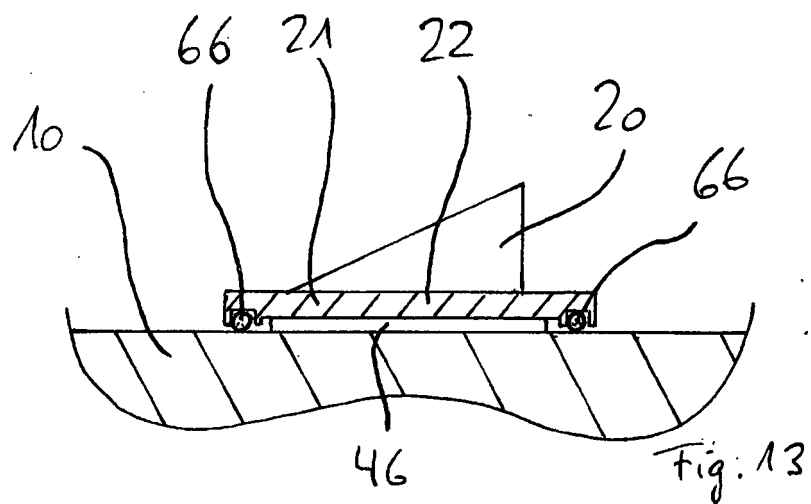
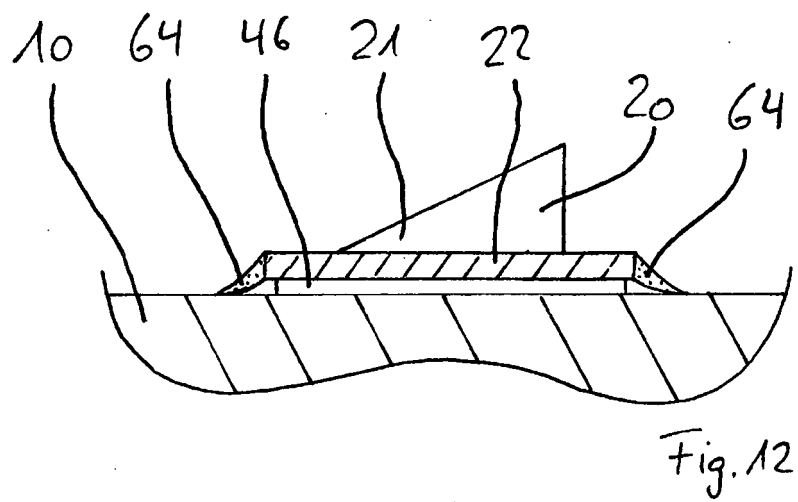
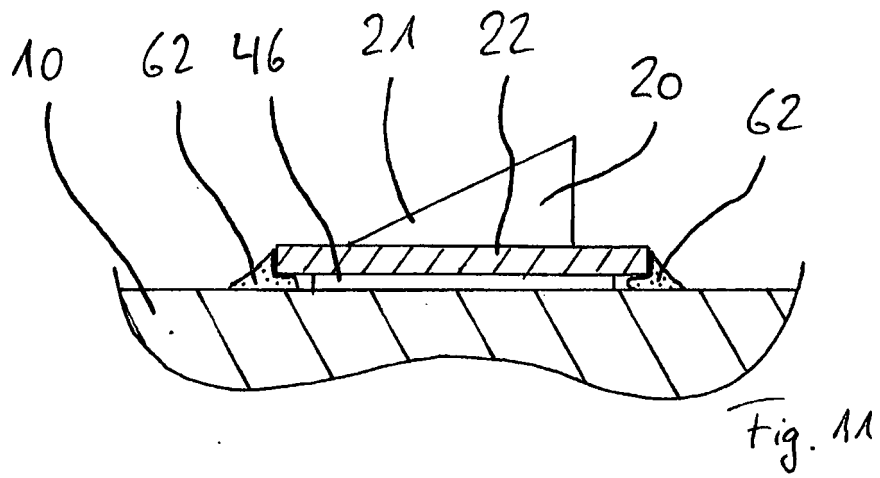


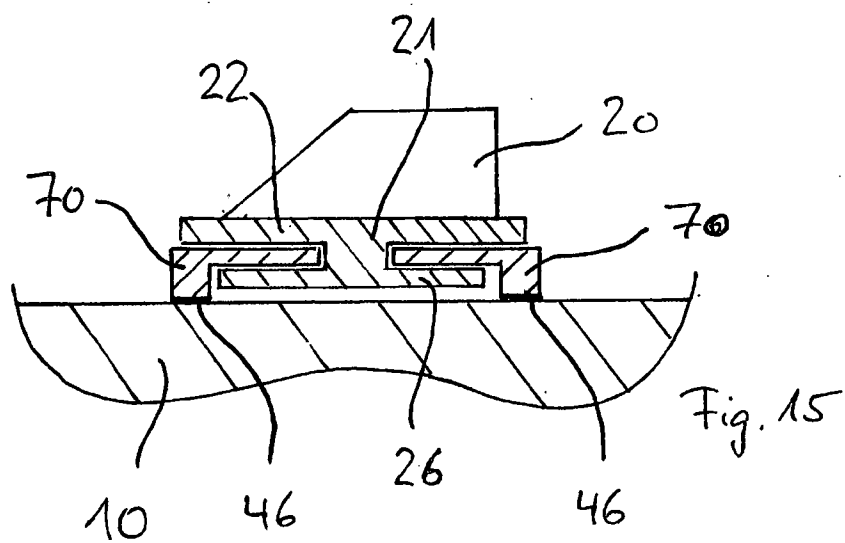
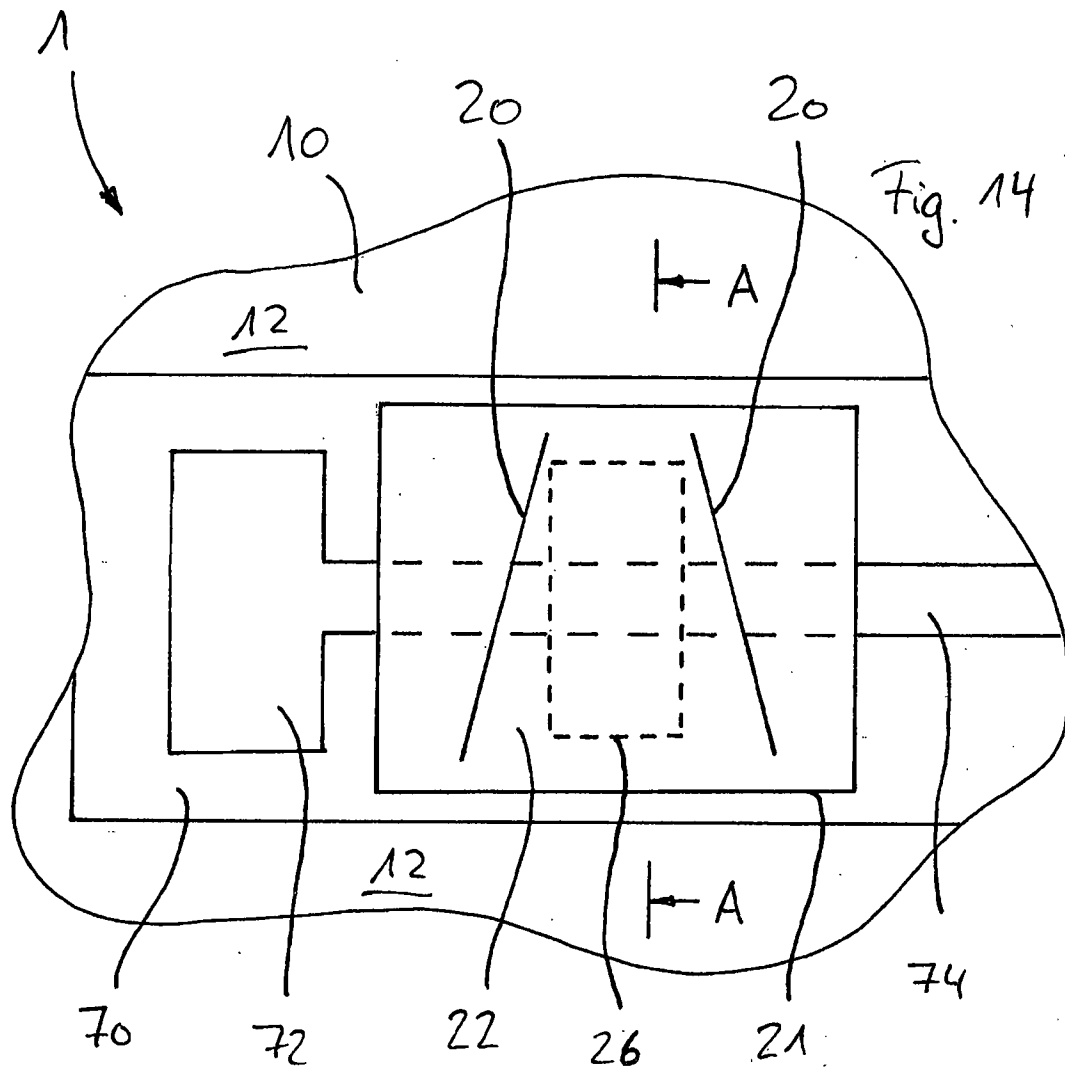












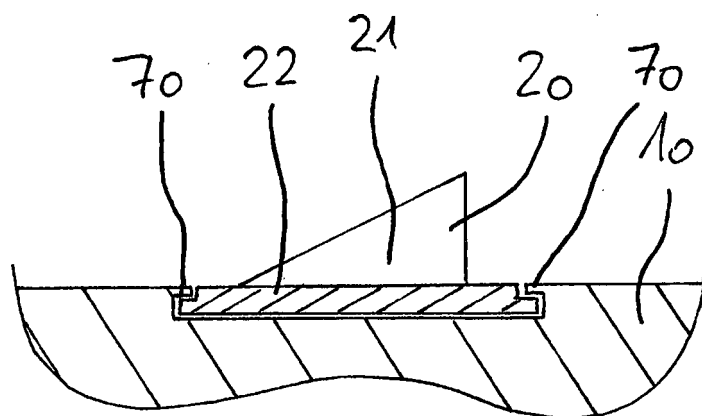


Fig. 16

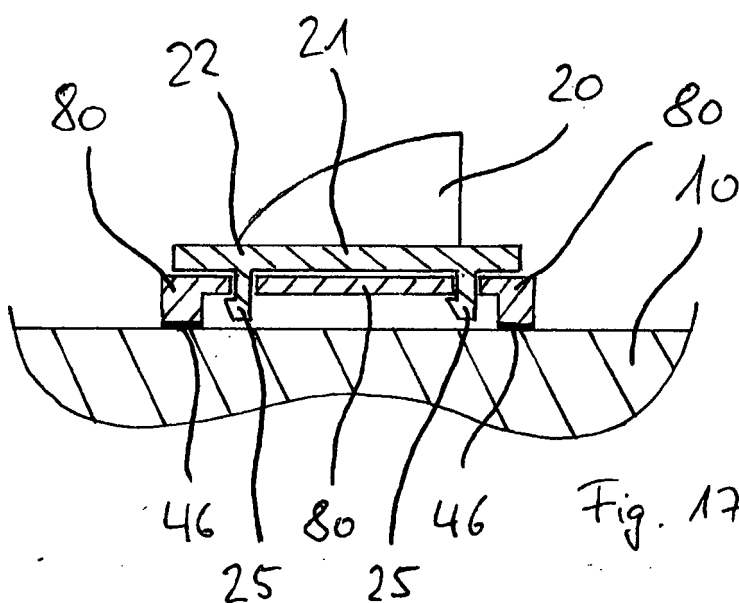


Fig. 17