



(10) **DE 10 2006 034 831 B4** 2011.03.31

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 034 831.1**
(22) Anmeldetag: **27.07.2006**
(43) Offenlegungstag: **01.02.2007**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **31.03.2011**

(51) Int Cl.⁸: **F03D 1/06 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
11/193,696 **29.07.2005** **US**

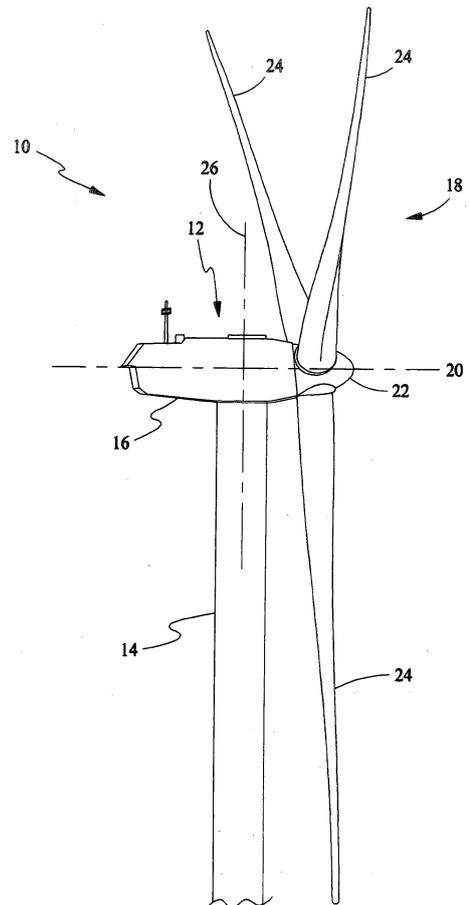
(73) Patentinhaber:
General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:
Zimmermann & Partner, 80331 München

(72) Erfinder:
**Driver, Howard Daniel, Greer, S.C., US; Herr,
Stefan, Greenville, S.C., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen von Windenergie mit vermindertem Geräusch der Windenergieanlage**



(57) Hauptanspruch: Profil-Hinterkanten-Kappe (50) für ein Rotorblatt (24), welches eine ursprüngliche Profil-Hinterkante (42) beinhaltet, wobei die Profil-Hinterkanten-Kappe einen Körper (52) umfasst, der konfiguriert ist, an zumindest zwei zumindest hinsichtlich ihrer Größe und/oder Form voneinander verschiedenen Rotorblättern angebracht zu werden, so dass der Körper einen ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich (46) des Blattes zumindest teilweise bedeckt, wobei der Körper einen Körperkantenbereich (54) zum Bilden eines neuen Profil-Hinterkanten-Bereichs des Blattes aufweist, wenn der Körper an dem Blatt angebracht ist.

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	101 04 662	A1
WO	97/01 709	A1
WO	00/73 651	A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Rotorblätter, die als Rotorblätter für Windenergieanlagen geeignet sind, sowie Rotoren und Windenergieanlagen, die solche Rotorblätter verwenden.

[0002] Aus der DE 101 04 662 A1, der WO 97/01709 A1 und der WO 00/73651 A1 sind verschiedene Bauformen von Rotorblättern bekannt.

[0003] Einige bekannte Rotorblätter von Windenergieanlagen können, insbesondere bei hohen Rotor-drehzahlen, beträchtliche Geräusche entwickeln die Personen und/oder Einrichtungen wie beispielsweise Ansiedlungen, die nahe der Windenergieanlage gelegen sind, stören können. Als Folge davon können zuständige Behörden, die die Verantwortung für die Erteilung einer Aufstellgenehmigung tragen, eine solche Genehmigung aufgrund der Geräuschentwicklung verweigern. Beispielsweise ist in einigen Gegenden der Welt die Genehmigung einer Windkraftanlage auch aufgrund der Geräuscheinwirkung auf die Umwelt durch die Windenergieanlage beeinflusst.

[0004] Ein Beispiel für Geräusche, die von bekannten Rotorblättern von Windenergieanlagen emittiert werden, sind Geräusche, die von den Profil-Hinterkanten der Rotorblätter aufgrund der Wechselwirkung zwischen Grenzschichtluft und der Profil-Hinterkante emittiert wird. Im Allgemeinen erzeugt eine größere Dicke der Profil-Hinterkante einen höheren Geräuschpegel. Jedoch kann die Herstellung und der Transport von Rotorblättern mit verminderter Dicke der Profil-Hinterkante schwierig sein, ohne beispielsweise die Profil-Hinterkante zu beschädigen. Daher beinhalten einige bekannte Rotorblätter ein separates Profil-Hinterkanten-Teil, das die Profil-Hinterkante bedeckt und ihre Dicke vermindert. Das separate Profil-Hinterkanten-Teil kann nach dem Transport des Rotorblattes zur Windenergieanlage auf dem Blatt montiert werden. Jedoch schließen bekannte separate Profil-Hinterkanten-Teile nicht bündig mit einer äußeren Oberfläche des Rotorblattes ab. Daher kann, obwohl das separate Profil-Hinterkanten-Teil die Dicke des Rotorblattes vermindern kann, eine Naht zwischen dem separaten Profil-Hinterkanten-Teil und der äußeren Oberfläche das Geräusch aufgrund einer Wechselwirkung von Grenzschicht-Luft mit der Naht erhöhen. Einige bekannte Rotorblätter verwenden maßgeschneiderte Profil-Hinterkanten-Teile, die jedoch lediglich mit der speziellen Blattform, für die sie entworfen wurden, zusammenpassen und daher die Gesamtkosten einer Gruppe von Windkraftanlagen, die verschieden geformte Rotorblätter aufweisen, erhöhen können.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Geräusche von Rotorblättern, insbesondere von

Windenergieanlagen, auf kostengünstige Weise zu reduzieren.

[0006] Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 und 18, sowie durch das Verfahren nach Anspruch 21.

[0007] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung beinhaltet eine Profil-Hinterkanten-Kappe für ein Rotorblatt einen Körper, der so konfiguriert ist, dass er an zumindest zwei zumindest hinsichtlich ihrer Größe und/oder Form voneinander verschiedenen Blättern montierbar ist, so dass der Körper zumindest teilweise einen ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich des Rotorblattes bedeckt. Der Körper weist einen Körperkanten-Bereich auf, um einen neuen Profil-Hinterkanten-Bereich des Rotorblattes zu bilden, wenn der Körper an dem Blatt montiert ist.

[0008] Gemäß einem anderen Aspekt beinhaltet eine Profil-Hinterkanten-Kappe für ein Rotorblatt einen Körper, der so konfiguriert ist, dass er an dem Rotorblatt montierbar ist, so dass der Körper zumindest teilweise einen ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich des Rotorblattes bedeckt. Der Körper beinhaltet einen Körperkantenbereich zum Bilden eines neuen Profil-Hinterkanten-Bereichs des Rotorblattes, wenn der Körper an dem Blatt montiert ist. Der Körper beinhaltet weiterhin zumindest eine Dicke zwischen ungefähr 1 mm und ungefähr 100 mm, einen Elastizitäts-Modul von zwischen ungefähr 0,5 GPa und ungefähr 5 GPa oder ein Polymer.

[0009] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung beinhaltet ein Rotorblatt einen Körper mit einem Profil-Vorderkanten-Bereich und einem ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich sowie eine an dem Körper montierte Profil-Hinterkanten-Kappe. Die Profil-Hinterkanten-Kappe bedeckt zumindest teilweise den ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich. Die Profil-Hinterkanten-Kappe beinhaltet einen Kantenbereich, der einen neuen Profil-Hinterkanten-Bereich des Körpers bildet, und weiterhin zumindest eine Dicke zwischen ungefähr 1 mm und ungefähr 100 mm, einen Elastizitäts-Modul zwischen ungefähr 0,5 GPa und ungefähr 5 GPa oder ein Polymer.

[0010] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung beinhaltet ein Verfahren das Bereitstellen einer Profil-Hinterkanten-Kappe für ein Rotorblatt, wobei die Profil-Hinterkanten-Kappe zumindest eine Dicke zwischen ungefähr 1 mm und ungefähr 100 mm, einen Elastizitäts-Modul zwischen 0,5 GPa und ungefähr 5 GPa oder ein Polymer umfasst, sowie die Montage der Profil-Hinterkanten-Kappe an dem Blatt, so dass die Profil-Hinterkanten-Kappe zumindest teilweise einen Profil-Hinterkanten-Bereich des Rotorblattes bedeckt.

[0011] **Fig. 1** zeigt eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform einer Windkraftanlage.

[0012] **Fig. 2** zeigt eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Rotorblattes zur Verwendung mit der in **Fig. 1** gezeigten Windkraftanlage.

[0013] **Fig. 3** zeigt eine perspektivische Ansicht eines beispielhaften Rotorblattes, wie es in **Fig. 2** gezeigt ist, mit einer beispielhaften Ausführungsform einer Profil-Hinterkanten-Kappe, die daran montiert ist.

[0014] **Fig. 4** zeigt eine perspektivische Ansicht der beispielhaften Profil-Hinterkanten-Kappe, wie sie in **Fig. 3** gezeigt ist.

[0015] **Fig. 5** zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie 5-5 in **Fig. 3** des beispielhaften Rotorblattes und der in **Fig. 3** gezeigten beispielhaften Profil-Hinterkanten-Kappe.

[0016] **Fig. 6** zeigt eine perspektivische Ansicht einer anderen beispielhaften Ausführungsform einer Profil-Hinterkanten-Kappe.

[0017] In den verschiedenen Ansichten der Zeichnungen bezeichnen übereinstimmende Bezugszeichen übereinstimmende Teile.

[0018] Im Folgenden wird der Begriff "Rotorblatt" in der Bedeutung verwendet, dass er einen beliebigen Gegenstand bezeichnet, der eine reaktive Kraft bereitstellt, wenn er relativ zu einem umgebenden Fluid bewegt ist. Im Folgenden wird der Begriff "Kante" in der Bedeutung verwendet, dass er eine Seite bezeichnet, die durch den Schnitt zweier Dinge (z. B. Seiten, Oberflächen etc.) gebildet wird. Eine "Kante" kann gemäß der hier verwendeten Bedeutung auch eine gekrümmte Oberfläche beinhalten. Im Folgenden wird der Begriff "Krümmung" in der Bedeutung verwendet, dass er sich auf einen Winkel einer elastischen Achse relativ zu einer Blattwinkelachse eines Rotorblattes bezieht, wobei die "elastische Achse" sich auf einen Ort von Punkten bezieht, die ein Torsionszentrum oder ein Biegezentrum an einem jeweiligen Schnitt des Rotorblattes in Spannweitenrichtung definieren. Im Folgenden wird der Begriff "Profil-Hinterkante" in der Bedeutung verwendet, dass er eine Seite bezeichnet, die durch den Schnitt einer Überdruckseite und einer Unterdruckseite eines Rotorblattes gebildet wird. Im Folgenden wird der Begriff "Windkraftanlage" in der Bedeutung verwendet, dass er einen beliebigen Gegenstand betrifft, der Rotationsenergie aus Windenergie erzeugt und, genauer gesagt, kinetische Energie des Windes in mechanische Energie umwandelt. Im Folgenden wird der Begriff "Windgenerator" in der Bedeutung verwendet, dass er eine Windkraftanlage bezeichnet, die elektrische

Leistung aus von Windenergie erzeugter Rotationsenergie erzeugt und, genauer gesagt, mechanische Energie, die aus kinetischer Energie des Windes umgewandelt wurde, in elektrische Leistung umwandelt. Im Folgenden wird der Begriff "Windmühle" in der Bedeutung verwendet, dass er eine Windkraftanlage bezeichnet, die aus Windenergie erzeugte Rotationsenergie verwendet und, genauer gesagt, aus kinetischer Energie des Windes umgewandelte mechanische Energie verwendet, um einen vorbestimmten anderen Zweck als das Erzeugen elektrischer Leistung erfüllt wie etwa, aber nicht darauf beschränkt, das Pumpen eines Fluids und/oder das Mahlen einer Substanz.

[0019] Mit Bezug auf die Zeichnungen und genauer gesagt auf **Fig. 1** wird eine beispielhafte Ausführungsform einer Windkraftanlage in ihrer Gesamtheit durch das Bezugszeichen **10** bezeichnet. Die hier beschriebene und gezeigte Windkraftanlage **10** beinhaltet einen Windgenerator (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **12** bezeichnet) zum Erzeugen elektrischer Leistung aus Windenergie. Jedoch kann die Windkraftanlage **10** gemäß einigen Ausführungsformen zusätzlich oder alternativ zum Windgenerator **12** jede beliebige Art von Windkraftanlagen beinhalten, wie etwa, aber nicht darauf beschränkt, eine Windmühle (nicht gezeigt). Darüber hinaus beinhaltet die hier beschriebene und gezeigte Windkraftanlage **10** eine Bauform mit horizontaler Achse. Jedoch kann gemäß einigen Ausführungsformen die Windkraftanlage **10** zusätzlich oder alternativ zu der Bauform mit horizontaler Achse eine Bauform mit vertikaler Achse (nicht gezeigt) beinhalten. Obwohl lediglich eine Windkraftanlage **10** in **Fig. 1** gezeigt ist, können gemäß einigen Ausführungsformen mehrere Windkraftanlagen **10** zusammen gruppiert sein, was manchmal auch als "Windpark" bezeichnet wird.

[0020] Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist in manchen Ausführungsbeispielen der Windgenerator **12** auf einem Turm **14** (von dem lediglich ein Teil in **Fig. 1** gezeigt ist) angebracht, jedoch beinhaltet in manchen Ausführungsformen die Windkraftanlage **10** zusätzlich oder alternativ zu dem auf dem Turm angebrachten Windgenerator **12** einen nahe dem Boden und/oder einer Wasseroberfläche angeordneten Windgenerator (und/oder andere Arten von Windkraftanlagen). Die Höhe des Turms **14** kann auf Grundlage von im Stand der Technik bekannten Faktoren und Bedingungen gewählt werden. Der Windgenerator **12** beinhaltet einen Körper (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **16** bezeichnet), der manchmal auch als "Gondel" bezeichnet wird, sowie einen Rotor (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **18** bezeichnet), der an dem Körper **16** zur Drehung um eine Drehachse **20** befestigt ist. Der Rotor **18** beinhaltet eine Nabe **22** und mehrere Rotorblätter **24** (manchmal auch als "Flügel" bezeichnet), die von der Nabe **22** radial auswärts verlaufen, um Windenergie in Rotations-Ener-

gie umzuwandeln. Der hier beschriebene und gezeigte Rotor **18** weist drei Rotorblätter **24** auf. Jedoch kann der Rotor **18** eine beliebige Anzahl von Rotorblättern **24** aufweisen. Ein jeweiliges der Rotorblätter **24** kann eine beliebige Länge aufweisen (unabhängig davon, ob hier beschrieben). Beispielsweise sind das eine oder die mehreren Blätter **24** in einigen Ausführungsformen ungefähr 0,5 Meter lang, während das eine oder die mehreren Blätter **24** gemäß manchen Ausführungsformen ungefähr 50 Meter lang sind. Andere Beispiele von Blattlängen beinhalten 10 Meter oder weniger, ungefähr 20 Meter, ungefähr 37 Meter und ungefähr 40 Meter. Noch andere Beispiele beinhalten Blätter, die zwischen 50 und 100 Meter lang sind. Darüber hinaus kann der Rotor **18** unabhängig davon, wie die Blätter **24** in [Fig. 1](#) gezeigt sind, Rotorblätter beliebiger Form, beliebigen Typs und/oder beliebiger Bauweise aufweisen, unabhängig davon, ob eine solche Form, ein solcher Typ und/oder eine solche Bauweise hier beschrieben und/oder gezeigt ist. Ein Beispiel eines anderen Typs, einer anderen Form und/oder Bauweise der Blätter **24** des Rotors **18** ist ein Rotor mit Luftführung (nicht gezeigt), der eine Turbine (nicht gezeigt) aufweist, die in einer Luftführung (nicht gezeigt) aufgenommen ist. Ein anderes Beispiel eines anderen Typs, einer anderen Form und/oder Bauweise der Blätter **24** des Rotors **18** ist eine Darrieus-Windkraftanlage, die manchmal auch als "Schneebesen"-Turbine bezeichnet wird. Ein weiteres Beispiel eines anderen Typs, einer anderen Form und/oder Bauweise der Blätter **24** des Rotors **18** ist eine Savonius-Windkraftanlage. Noch ein anderes Beispiel eines anderen Typs, einer anderen Form und/oder Bauweise der Blätter **24** des Rotors **18** ist eine herkömmliche Windmühle zum Pumpen von Wasser, wie etwa, aber nicht darauf beschränkt, ein vierblättriger Rotor mit hölzernen Blenden und/oder Stoffsegeln. Darüber hinaus kann gemäß manchen Ausführungsformen die Windkraftanlage **10** eine Windkraftanlage sein, bei der der Rotor **18** im Allgemeinen windwärts ausgerichtet ist, um Windenergie aufzunehmen, und/oder kann eine Windkraftanlage sein, bei der der Rotor **18** im Allgemeinen windabwärts gewandt ist, um Windenergie aufzunehmen. Natürlich braucht bei keiner dieser Ausführungsformen der Rotor **18** genau windwärts und/oder genau windabwärts ausgerichtet zu sein, sondern kann allgemein mit einem beliebigen Winkel (der variabel sein kann) bezüglich der Windrichtung ausgerichtet sein, um Energie daraus zu entnehmen.

[0021] Der Windgenerator **12** beinhaltet einen elektrischen Generator (nicht gezeigt), der an dem Körper **16** angebracht und mit dem Rotor **18** zusammenwirkend verbunden ist, um aus der durch den Rotor **18** erzeugten Rotations-Energie elektrische Leistung zu erzeugen. Die allgemeine Betriebsweise des elektrischen Generators zum Erzeugen elektrischer Leistung aus der Rotations-Energie des Rotors **18** ist im

Stand der Technik bekannt und wird daher im Weiteren nicht mehr genauer beschrieben.

[0022] Gemäß machen Ausführungsformen kann die Windkraftanlage **10** ein oder mehrere Steuergeräte (nicht gezeigt) beinhalten, die an dem Körper **16** angebracht und mit einigen oder allen Komponenten des Windgenerators **12** zusammenwirkend verbunden sind, um allgemein den Betrieb des Windgenerators **12** und/oder einiger oder aller Komponenten davon (unabhängig davon, ob solche Komponenten hier beschrieben und/oder gezeigt sind), zu steuern. Beispielsweise kann das Steuergerät für eine übergreifende Systemüberwachung und -steuerung verwendet werden, was beispielsweise eine Blatteinstellwinkel- und Drehzahlregelung, eine Bremsanwendung für die Hochgeschwindigkeitswelle und die Windrichtungsnachführung, eine Motoranwendung für eine Windrichtungsnachführung und eine Pumpe sowie eine Fehlerüberwachung beinhaltet. Alternative verteilte oder zentralisierte Steuerungs-Architekturen können gemäß manchen Ausführungsformen verwendet werden. Gemäß manchen Ausführungsformen kann der Windgenerator **12** eine an dem Körper **16** angebrachte Bremse (nicht gezeigt) zum Bremsen der Drehung des Rotors **18** beinhalten, um beispielsweise die Erzeugung elektrischer Leistung durch den elektrischen Generator zu vermindern. Weiterhin kann der Windgenerator **12** gemäß manchen Ausführungsformen einen Windnachführungs-Antrieb (nicht gezeigt) zum Drehen des Windgenerators **12** um eine Drehachse **26** beinhalten, um den Gierwinkel des Rotors **18** zu ändern, und, genauer gesagt, die Richtung, in die der Rotor **18** schaut, zu ändern, um beispielsweise einen Winkel zwischen der vom Rotor **18** eingenommenen Richtung und der Windrichtung einzustellen. Darüber hinaus kann gemäß manchen Ausführungsformen der Windgenerator **12** einen Windmesser (nicht gezeigt) zur Messung der Windgeschwindigkeit beinhalten. Gemäß manchen Ausführungsbeispielen kann der Windmesser mit dem Steuergerät zusammenwirkend verbunden sein, um Messdaten an das Steuergerät zu senden, damit sie verarbeitet werden. Gemäß manchen Ausführungsformen beinhaltet der Windgenerator **12** eine Windfahne (nicht gezeigt) zum Messen der Windrichtung. Gemäß manchen Ausführungsformen kann die Windfahne mit dem Steuergerät und/oder dem Windnachführungsantrieb zusammenwirkend verbunden sein, um einen Gierwinkel des Rotors **18** zu verändern. In manchen Ausführungsformen beinhaltet der Windgenerator **12** einen variablen Blatteinstellwinkel-Antrieb (nicht gezeigt) zur Steuerung des Blatteinstellwinkels der Rotorblätter **24**. Der variable Blatteinstellwinkel-Antrieb kann mit dem Steuergerät zusammenwirkend verbunden sein, um dadurch gesteuert zu werden. Gemäß manchen Ausführungsbeispielen sind die Blatteinstellwinkel der Blätter **24** durch den Blatteinstellwinkel-Antrieb einzeln gesteuert. Die allgemeine Be-

triebsweise der Windkraftanlage **10** und genauer gesagt, des Windgenerators **12** ist im Stand der Technik bekannt und wird daher im Weiteren nicht genauer beschrieben.

[0023] Bezugnehmend auf [Fig. 2](#) beinhaltet eine beispielhafte Ausführungsform eines Rotorblattes **24** einen Körper (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **28** bezeichnet), der entlang einer zentralen Achse **30** zwischen einer Blattwurzel (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **32** bezeichnet), die an der Nabe **22** ([Fig. 1](#)) montiert ist, und einer Spitze (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **34** bezeichnet) verläuft. Der Körper **28** beinhaltet eine Überdruckseite **36** und eine Unterdruckseite **38**, die jeweils zwischen einer Profil-Vorderkante (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **40** bezeichnet) und einer Profil-Hinterkante (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **42** bezeichnet und manchmal auch als "ursprüngliche Profil-Hinterkante" bezeichnet) verlaufen. Eine jeweilige der Profil-Vorderkante **40** und der Profil-Hinterkante **42** sind durch einen Schnitt zwischen der Überdruckseite **36** und der Unterdruckseite **38** gebildet. Im Allgemeinen benachbart zur Profil-Vorderkante **40** angeordnete Bereiche des Körpers **28** bilden im Allgemeinen einen Profil-Vorderkanten-Bereich (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **44** bezeichnet) des Körpers **28**, und im Allgemeinen benachbart zur Profil-Hinterkante **42** angeordnete Bereiche des Körpers **28** bilden im Allgemeinen ein Profil-Hinterkanten-Bereich (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **46** bezeichnet und manchmal auch als "ursprünglicher Profil-Hinterkanten-Bereich" bezeichnet) des Körpers **28**.

[0024] Bezugnehmend auf die [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) ist eine beispielhafte Ausführungsform einer Profil-Hinterkanten-Kappe (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **50** bezeichnet) auf einem Rotorblatt **24** ([Fig. 3](#) und [Fig. 5](#)) montiert. Die Profil-Hinterkanten-Kappe **50** beinhaltet einen Körper (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **52** bezeichnet), der am Blatt **24** montiert ist und zumindest teilweise den Profil-Hinterkanten-Bereich **46** ([Fig. 3](#) und [Fig. 5](#)) des Blattes **24** bedeckt, um beispielsweise einen neuen Profil-Hinterkanten-Bereich des Blattes **24** aus einem Kantenbereich (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **54** bezeichnet) des Körpers **52** der Profil-Hinterkanten-Kappe **50** zu bilden. Wie im Weiteren noch genauer erläutert wird, kann der neue Profil-Hinterkanten-Bereich des Blattes **24** verglichen mit der Dicke des ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereichs **46** des Blattes **24** eine verminderte Dicke aufweisen. Eine solche verminderte Dicke vermag die Reduktion des vom Blatt **24** während seines Betriebs emittierten Lärms zu erleichtern, wie weiter unten noch genauer erläutert wird.

[0025] Der Körper **52** der Profil-Hinterkanten-Kappe **50** beinhaltet eine Überdruckseite **56** und eine Un-

terdruckseite **58**. Die Überdruckseiten **56** und/oder Unterdruckseiten **58** können im Folgenden auch als erste und/oder zweite Seiten bezeichnet werden. Die Überdruckseite **56** des Körpers **52** ist auf der Überdruckseite **36** des Blattes **24** ([Fig. 3](#) und [Fig. 5](#)) angebracht, und die Unterdruckseite **58** des Körpers **52** ist auf der Unterdruckseite **38** des Blattes **24** ([Fig. 3](#) und [Fig. 5](#)) angebracht. Obwohl die Überdruckseite **56** und die Unterdruckseite **58** des Körpers **52** am Blatt **24** auf andere Arten, Weisen, Wege, Konfigurationen und/oder andere Mittel angebracht werden können, sind die Überdruckseite **56** und/oder die Unterdruckseite **58** des Körpers **52** auf den Über- bzw. Unterdruckseiten **36** und **38** des Blattes **24** gemäß der beispielhaften Ausführungsform jeweils unter Verwendung eines geeigneten Klebers **60** ([Fig. 3](#) und [Fig. 4](#)) angebracht. Beispielsweise ist gemäß manchen Ausführungsformen ein geeigneter Kleber auf einer inneren Oberfläche **62** der Überdruckseite **56** und/oder einer inneren Oberfläche **64** der Unterdruckseite **58** aufgebracht. Dieser Kleber kann beispielsweise mit einem Abdeckbogen (nicht gezeigt) abgedeckt sein, wobei der Abdeckbogen vor dem Anbringen der Kappe **50** am Blatt **24** entfernt wird, so dass der Kleber freigelegt wird.

[0026] In der hier gezeigten beispielhaften Ausführungsform überspannt die Profil-Hinterkanten-Kappe **50** im Allgemeinen einen Großteil der Länge des Blattes **24**. Jedoch ist die Kappe **50** nicht auf die hier gezeigte Größe, Form und/oder Anordnung beschränkt. Stattdessen kann die Kappe **50** von jeder Größe, jeder Form und/oder an jedem Bereich des Blattes **24** angeordnet sein, solange sie zumindest teilweise den ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich **46** des Blattes **24** bedeckt. Beispielsweise überspannt gemäß manchen Ausführungsformen die Kappe **50** nicht einen Großteil der Länge des Blattes **24**. Gemäß manchen Ausführungsbeispielen kann ein Teil oder die gesamte Kappe **50** den ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich **46** des Blattes **24** in der Nähe der Spitze **34** ([Fig. 3](#)) überdecken, um die Verminderung von Lärm, der durch das Blatt **24** nahe der Blattspitze **34** erzeugt wird, zu vermindern.

[0027] Eine Kante (im Allgemeinen durch das Bezugszeichen **66** bezeichnet) des Körpers **52** wird durch einen Schnitt zwischen der Überdruckseite **56** und der Unterdruckseite **58** gebildet. Der Körper **52** überdeckt zumindest teilweise die Profil-Hinterkante **42** des Blattes **24**, so dass eine Kante **66** eine neue Profil-Hinterkante des Blattes **24** bildet. Gemäß manchen Ausführungsformen beinhaltet die Kante **66** eine im Allgemeinen "spitze" Seite, wie in den [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) gezeigt ist. Das heißt, die Überdruckseite **56** und die Unterdruckseite **58** des Körpers **52** laufen in einem spitzen Winkel zusammen. Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, kann die Kante **66** gemäß manchen Ausführungsformen eine gekrümmte Oberfläche aufweisen. Die in [Fig. 6](#) gezeigte gekrümmte Oberfläche

kann auch als „stumpfe“ Kante **66** beschrieben werden. Das heißt, die Überdruckseite **56** und die Unterdruckseite **58** des Körpers **52** laufen in einem stumpfen Winkel zusammen bzw. die Kante **66** ist abgerundet. Es sollte beachtet werden, dass selbst eine im Allgemeinen „spitze“ Seite eine gewisse Krümmung bzw. Abrundung aufweisen kann, ohne jedoch eine „stumpfe“ Kante zu bilden.

[0028] Der Körper **52** der Profil-Hinterkanten-Kappe **50** kann in jeder beliebigen Art, Weise, Weg, Konfiguration und/oder durch beliebige Mittel hergestellt sein. Beispielsweise ist gemäß manchen Ausführungsformen eine Form des Körpers **52** unter Verwendung eines Lasers, Wassers und/oder einer Schneidform zugeschnitten. Gemäß manchen Ausführungsbeispielen wird der Körper **52** aus einer einheitlichen Lage eines Materials hergestellt, wobei durch Sicken oder Bördeln die Kante **66** gebildet wird. Gemäß manchen Ausführungsbeispielen wird der Körper **52** aus zwei oder mehreren getrennten Materiallagen hergestellt, die vorgeschritten und dann unter Verwendung beispielsweise eines geeigneten Klebers miteinander verklebt werden. Gemäß manchen Ausführungsformen können solche zwei oder mehrere getrennte Material-Lagen allgemein in der Nähe der Kante **66** des Körpers **52** miteinander verklebt werden. Beispielsweise kann die Verklebung zwischen den getrennten Lagen die Ausbildung der Kante **66** erleichtern.

[0029] Der Körper **52** kann ein beliebiges Material mit einer oder mehreren der hier mit Bezug darauf beschriebenen Eigenschaften (wie etwa, aber nicht darauf beschränkt, Dicke, Elastizitäts-Modul etc.) aufweisen. Obwohl der Körper **52** andere Materialien beinhalten kann, beinhaltet der Körper **52** gemäß einigen Ausführungsformen ein Polymer.

[0030] Beispielsweise und obwohl Körper **52** andere Polymere beinhalten kann, beinhaltet der Körper **52** gemäß einigen Ausführungsbeispielen ein Polyimid wie etwa, aber nicht darauf beschränkt, Dupont Kapton®, das von der Firma Dupont High Performance Materials, Circlevill, Ohio, erhältlich ist. Darüber hinaus und obwohl Körper **52** andere Polymere beinhalten kann, beinhaltet der Körper **52** gemäß manchen Ausführungsformen Polyester. Weiterhin und obwohl Körper **52** andere Polymere beinhalten kann, beinhaltet der Körper **52** gemäß einigen Ausführungsformen Polyesterterephthalat (PET). Darüber hinaus und obwohl Körper **52** andere Polymere beinhalten kann, beinhaltet der Körper **52** Polyetheretherketon (PEEK).

[0031] Obwohl Körper **52** auch eine andere Dicke aufweisen kann, beinhaltet der Körper **52** in manchen Ausführungsformen eine Dicke t (Fig. 4) von zwischen ungefähr 1 mm und ungefähr 100 mm. In den beispielhaften Ausführungsformen ist die Dicke t des

Körpers **52** im Allgemeinen über den Körper **52** hinweg gleichmäßig. Mit anderen Worten schwankt die Materialdicke des Körpers **52** nur innerhalb der Fertigungstoleranzen. Gemäß manchen anderen Ausführungsformen weist der Körper **52** keine im Allgemeinen über ihn hinweg gleichförmige Dicke t auf. Beispielsweise ist der Körper **52** in manchen Ausführungsformen im Allgemeinen nahe der Kante **66** dicker ausgebildet. Mit anderen Worten kann in diesen Ausführungsbeispielen die Materialdicke des Körpers **52** auf eine festgelegte Weise sowohl in Längsrichtung als auch in Sehnenrichtung des Körpers **52** variieren.

[0032] Obwohl der Körper **52** andere Werte für das Elastizitäts-Modul beinhalten kann, weist Körper **52** in manchen Ausführungsformen ein Elastizitäts-Modul zwischen ungefähr 0,5 GPa und ungefähr 5 GPa auf. In manchen Ausführungsbeispielen beinhaltet Körper **52** ein Elastizitäts-Modul, das im Allgemeinen über den Körper **52** hinweg gleichförmig ist. In manchen Ausführungsformen weist der Körper **52** kein über ihn hinweg gleichförmiges Elastizitäts-Modul auf.

[0033] Wie oben beschrieben und Bezug nehmend auf Fig. 5, kann der neue Profil-Hinterkanten-Bereich des Blattes **24**, der aus dem Kantenbereich **54** der Kappe **50** gebildet ist, verminderte Dicken T_1 verglichen mit Dicken T_2 des ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereichs **46** des Blattes **24** aufweisen. Beispielsweise ist in der beispielhaften Ausführungsform die Dicke T_1 des neuen Profil-Hinterkanten-Bereichs des Blattes **24**, der aus dem Kantenbereich **54** der Kappe **50** gebildet ist, zwischen der Überdruckseite **56** und der Unterdruckseite **58** definiert. Die Dicken T_2 des ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereichs **46** des Blattes **24** sind beispielsweise zwischen der Überdruckseite **36** und der Unterdruckseite **38** in der beispielhaften Ausführungsform definiert. Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, sind die Dicken T_1 , die entlang einer allgemeinen Sehnenlänge des neuen Profil-Hinterkanten-Bereichs des Blattes **24**, der vom Kantenbereich **54** der Kappe **50** gebildet ist, genommen sind, jeweils geringer als die Dicken T_2 , die entlang einer allgemeinen Sehnenlänge des ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereichs **46** des Blattes **24** genommen sind. Daher ist eine Querschnittsfläche des neuen Profil-Hinterkanten-Bereichs des Blattes **24**, der vom Kantenbereich **54** der Kappe **50** gebildet ist, geringer als eine Querschnittsfläche des ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereichs **46** des Blattes **24**. Eine beliebige der Dicken T_1 und der Dicken T_2 (unabhängig davon, ob hier gezeigt), kann im Weiteren als eine erste und/oder eine zweite Dicke bezeichnet werden. In diesem Zusammenhang wird darauf verwiesen, dass natürlich die Dicke T_1 des Körpers **52** in dem Bereich, in dem er außen an dem Blatt **24** angebracht ist, größer sein muß als die Dicke T_2 des ursprünglichen Profil-Hinterkantenbereichs. Dies ist aber bei der oben beschriebenen

Dickenrelation nicht gemeint, und der Fachmann wird insbesondere anhand von [Fig. 5](#) leicht erkennen, welche Bedeutung die obige Dickenrelation hat. Insbesondere wird der Fachmann dabei erkennen, dass die oben beschriebene Dickenrelation für Schnitte des ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereichs **46** des Blattes **24** bzw. des Kantenbereichs **54** gilt, die bezüglich ihres Abstands von der ursprünglichen Profil-Hinterkante bzw. der neuen Profil-Hinterkante in Sehnenlänge vergleichbar beabstandet sind.

[0034] Durch das Bereitstellen einer verminderten Dicke des Profil-Hinterkanten-Bereichs des Blattes **24** vermindert die Profil-Hinterkanten-Kappe **50** den vom Blatt **24** während seines Betriebs emittierten Lärm, wie etwa, aber nicht darauf beschränkt, den durch einen Profil-Hinterkanten-Bereich des Blattes **24** emittierten Lärm. Beispielsweise kann die verminderte Dicke der Kante **66** der Profil-Hinterkanten-Kappe **50** den Anteil der Abrissströmung stromabwärts des Blattes **24** vermindern und kann daher beispielsweise den manchmal so bezeichneten "Stumpfe-Profil-Hinterkante-Lärm" vermindern.

[0035] Der Körper **52** der Profil-Hinterkanten-Kappe **50** ist so konfiguriert, dass er auf Blätter **24** von unterschiedlicher Größe und/oder Form angebracht werden kann, wie etwa, aber nicht darauf beschränkt, gekrümmte Blätter, gerade Blätter, verwundene Blätter etc. Aufgrund der Dicke, des Elastizitäts-Moduls, des Materialtyps und/oder anderer Eigenschaften (unabhängig, ob hierin beschrieben) des Körpers **52** weist dieser eine Flexibilität auf, die dem Körper **52** erlaubt, mit einer Vielzahl unterschiedlich großer und/oder geformter Profil-Hinterkanten-Bereiche **46** von Blättern **24** zusammen zu passen, um dadurch einen neuen Profil-Hinterkanten-Bereich des Blattes **24** durch den Kantenbereich **54** der Kappe **50** zu bilden. Darüber hinaus und z. B. zusätzlich oder alternativ zu einer allgemeinen Flexibilität der Seiten **56** und **58** kann die Passung der Kappe **50** zu einer Mehrzahl verschieden großer und/oder geformter Profil-Hinterkanten-Bereiche **46** von Blättern **24** durch die Veränderung eines Winkels zwischen den Seiten **56** und **58** durch Biegen der Kappe **50** um die Ecke **66** der Kappe **50** erleichtert werden. Weiterhin und beispielsweise kann die Passung der Kappe **50** an eine Vielzahl unterschiedlich großer und/oder geformter Profil-Hinterkanten-Bereiche **46** von Blättern **24** durch eine Position der Kappe **50** bezüglich des Blattes **24** wie etwa, aber nicht darauf beschränkt, einen Anteil, um den die Seiten **56** und/oder **58** die Seiten **36** und/oder **38** jeweils überlappen, erleichtert werden. Die Dicke, das Elastizitäts-Modul, der Materialtyp und/oder andere Eigenschaften (unabhängig davon, ob hierin beschrieben) des Körpers **52** können in einigen Ausführungsformen so gewählt sein, dass sie die Bereitstellung der hier beschriebenen Flexibilität erleichtern, während sie weiterhin genügende Festigkeit aufrecht erhalten, um zu verhindern, dass die Seiten **56** und/

oder **58** beulen, vibrieren und/oder sich allgemein unter Windlasten verformen. Gemäß mancher Ausführungsformen stützen ein oder mehrere Träger (nicht gezeigt) die Seite **56** und/oder die Seite **58**, um zu verhindern, dass die Seite **56** und die Seite **58**, beulen, vibrieren und/oder sich allgemein unter Windlasten verformen. Beispielsweise kann in einigen Ausführungsformen ein Schaum zwischen die Kappe **50** und den ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich **46** des Blattes **24** eingespritzt sein, um zumindest teilweise einen dazwischen gebildeten Hohlraum auszufüllen, um die Seite **56** und/oder die Seite **58** zu stützen.

[0036] Die Anpassung der Kappe **50** an eine Vielzahl verschieden großer und/oder geformter Profil-Hinterkanten-Bereiche **46** von Blättern **24** kann die Verringerung der Gesamtkosten einer Gruppe von Windkraftanlagen mit unterschiedlich großen und/oder geformten Blättern **24** erleichtern, da keine maßgeschneiderten Profil-Hinterkanten-Teile für jeweilige unterschiedlich große und/oder geformte Blätter **24** gefertigt werden müssen. Darüber hinaus kann die Anpassung an eine Vielzahl verschieden großer und/oder geformter Profil-Hinterkanten-Bereiche **46** die Anzahl und Verfügbarkeit von Profil-Hinterkanten-Teilen, die neue Profil-Hinterkanten-Bereiche auf an Windkraftanlagen angeordneten Rotorblättern erzeugen, erleichtert werden. Zusätzlich können die hier beschriebenen Dicken und Materialtypen des Körpers **52** die Verringerung der Kosten eines Blattes **24** und/oder des Gewichts eines Blattes **24** erleichtern und/oder können die Erhöhung der aerodynamischen Effizienz der Blätter **24** erleichtern. Weiterhin erleichtern die hier beschriebenen Dicken des Körpers **52** die Verminderung einer zwischen dem Körper **52** und dem Blatt **24** erzeugten Naht, wodurch möglicherweise die Menge des vom Blatt **24** nahe und aufgrund der Naht erzeugten Geräuschs vermindert wird.

[0037] Ausführungsbeispiele von Verfahren, Kappen und Rotorblättern gemäß der vorliegenden Erfindung sind vorliegend mit Bezug auf eine Windkraftanlage und genauer gesagt, einen Windgenerator beschrieben und gezeigt worden. Jedoch können Ausführungsbeispiele (unabhängig davon, ob hierin beschrieben und/oder gezeigt) von Verfahren, Kappen und Rotorblättern gemäß der vorliegenden Erfindung nicht auf Windgeneratoren oder Windkraftanlagen im Allgemeinen beschränkt sein. Stattdessen sind Ausführungsformen (unabhängig davon, ob hier beschrieben und/oder gezeigt) der Verfahren, Kappen und Rotorblätter gemäß der vorliegenden Erfindung auf einen beliebigen Gegenstand anwendbar, der ein oder mehrere Rotorblätter aufweist.

[0038] Beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurden hierin beschrieben und/oder gezeigt. Die Ausführungsbeispiele sind nicht auf die speziellen hier gezeigten Ausführungsformen be-

schränkt, sondern stattdessen können Komponenten und Schritte eines jeden Ausführungsbeispiels unabhängig und getrennt von anderen Komponenten und Schritten, die hier beschrieben wurden, verwendet werden. Die jeweiligen Komponenten und Schritte eines jeweiligen Ausführungsbeispiels können auch in Kombination mit den Komponenten und/oder Schritten eines anderen Ausführungsbeispiels (unabhängig davon, ob hier beschrieben und/oder gezeigt) verwendet werden.

Patentansprüche

1. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) für ein Rotorblatt (24), welches eine ursprüngliche Profil-Hinterkante (42) beinhaltet, wobei die Profil-Hinterkanten-Kappe einen Körper (52) umfasst, der konfiguriert ist, an zumindest zwei zumindest hinsichtlich ihrer Größe und/oder Form voneinander verschiedenen Rotorblättern angebracht zu werden, so dass der Körper einen ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich (46) des Blattes zumindest teilweise bedeckt, wobei der Körper einen Körperkantenbereich (54) zum Bilden eines neuen Profil-Hinterkanten-Bereichs des Blattes aufweist, wenn der Körper an dem Blatt angebracht ist.
2. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß Anspruch 1, wobei der Körperkantenbereich (54) konfiguriert ist, um an dem Blatt angebracht zu werden, so dass der Körper (52) zumindest teilweise die ursprüngliche Profil-Hinterkante (42) bedeckt, und wobei der Körperkantenbereich eine Körperkante (66) zum Bilden einer neuen Profil-Hinterkante des Blattes (24) aufweist, wenn der Körper an dem Blatt angebracht ist.
3. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß Anspruch 2, wobei die Körperkante (66) eine gekrümmte Oberfläche aufweist.
4. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß Anspruch 2, wobei die Körperkante (66) einen spitzen Winkel bildet.
5. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß Anspruch 2, wobei die Körperkante (66) einen stumpfen Winkel bildet.
6. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Körperkante (66) abgerundet ist.
7. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei der Körper (52) aus einer einheitlichen Material-Lage hergestellt ist und gebildet oder gesickt wurde, um die Körperkante (66) zu bilden.
8. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei der Körper (52) aus zwei getrennten Material-Lagen hergestellt ist.
9. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) nach Anspruch 8, wobei die zwei getrennten Material-Lagen allgemein benachbart zur Körperkante (66) des Körperkantenbereichs (54) miteinander verklebt sind.
10. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Körperkantenbereich (54) eine erste Dicke (T_1) aufweist, die zwischen einer Überdruckseite (56) des Körperkantenbereichs und einer Unterdruckseite (58) des Körperkantenbereichs definiert ist und geringer ist als eine zweite Dicke (T_2) des ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereichs (46) des Blattes, wobei die zweite Dicke (T_2) zwischen einer Überdruckseite (36) des Blattes (2) und einer Unterdruckseite (38) des Blattes definiert ist.
11. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Körper (52) ein Polymer umfasst.
12. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß Anspruch 11, wobei der Körper (52) ein Polyimid umfasst.
13. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß Anspruch 11, wobei der Körper (52) Polyester umfasst.
14. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß Anspruch 11, wobei der Körper (52) Polyesterterephtholat umfasst.
15. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß Anspruch 11, wobei der Körper (52) Polyetheretherketon umfasst.
16. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Körper (52) eine Dicke zwischen ungefähr 1 mm und ungefähr 100 mm aufweist.
17. Profil-Hinterkanten-Kappe (50) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Körper (52) ein Elastizitäts-Modul zwischen ungefähr 0,5 GPa und ungefähr 5 GPa aufweist.
18. Rotorblatt (24) umfassend: einen Körper (28) mit einem Profil-Vorderkanten-Bereich (44) und einem ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich (46); und eine Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17.
19. Rotorblatt (24) nach Anspruch 18, wobei eine Überdruckseite (56) der Profil-Hinterkanten-Kappe (50) mit einer Überdruckseite (36) des Blattes (24)

verklebt ist und eine Unterdruckseite (58) der Profil-Hinterkanten-Kappe (50) mit einer Unterdruckseite (38) des Blattes (24) verklebt ist.

20. Rotorblatt (24) nach Anspruch 18 oder 19, wobei ein zwischen der ursprünglichen Profil-Hinterkante (42) des Blattes (24) und der Überdruckseite (56) und der Unterdruckseite (58) der Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gebildeter Hohlraum mit einem Schaum ausgefüllt ist.

21. Verfahren zum Nachrüsten eines Rotorblattes mit einer Profil-Hinterkanten-Kappe, umfassend die Schritte:

Bereitstellen eines Rotorblatts (24) mit einem Profil-Vorderkanten-Bereich (44) und einem ursprünglichen Profil-Hinterkanten-Bereich (46);

Bereitstellen einer Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17; und

Befestigen der einen Profil-Hinterkanten-Kappe (50) an dem Rotorblatt (24) so dass der ursprüngliche Profil-Hinterkanten-Bereich (46) zumindest teilweise bedeckt ist.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Schritt des Befestigens die Schritte umfaßt:

Verkleben einer Überdruckseite (56) der Profil-Hinterkanten-Kappe (50) mit einer Überdruckseite (36) des Blattes (24) und

Verkleben einer Unterdruckseite (58) der Profil-Hinterkanten-Kappe (50) mit einer Unterdruckseite (38) des Blattes (24).

23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, weiterhin umfassend den Schritt des Einbringens eines Schaums in einen zwischen der ursprünglichen Profil-Hinterkante (46) des Blattes (24) und der Überdruckseite (56) und der Unterdruckseite (58) der Profil-Hinterkanten-Kappe (50) gebildeten Hohlraum.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

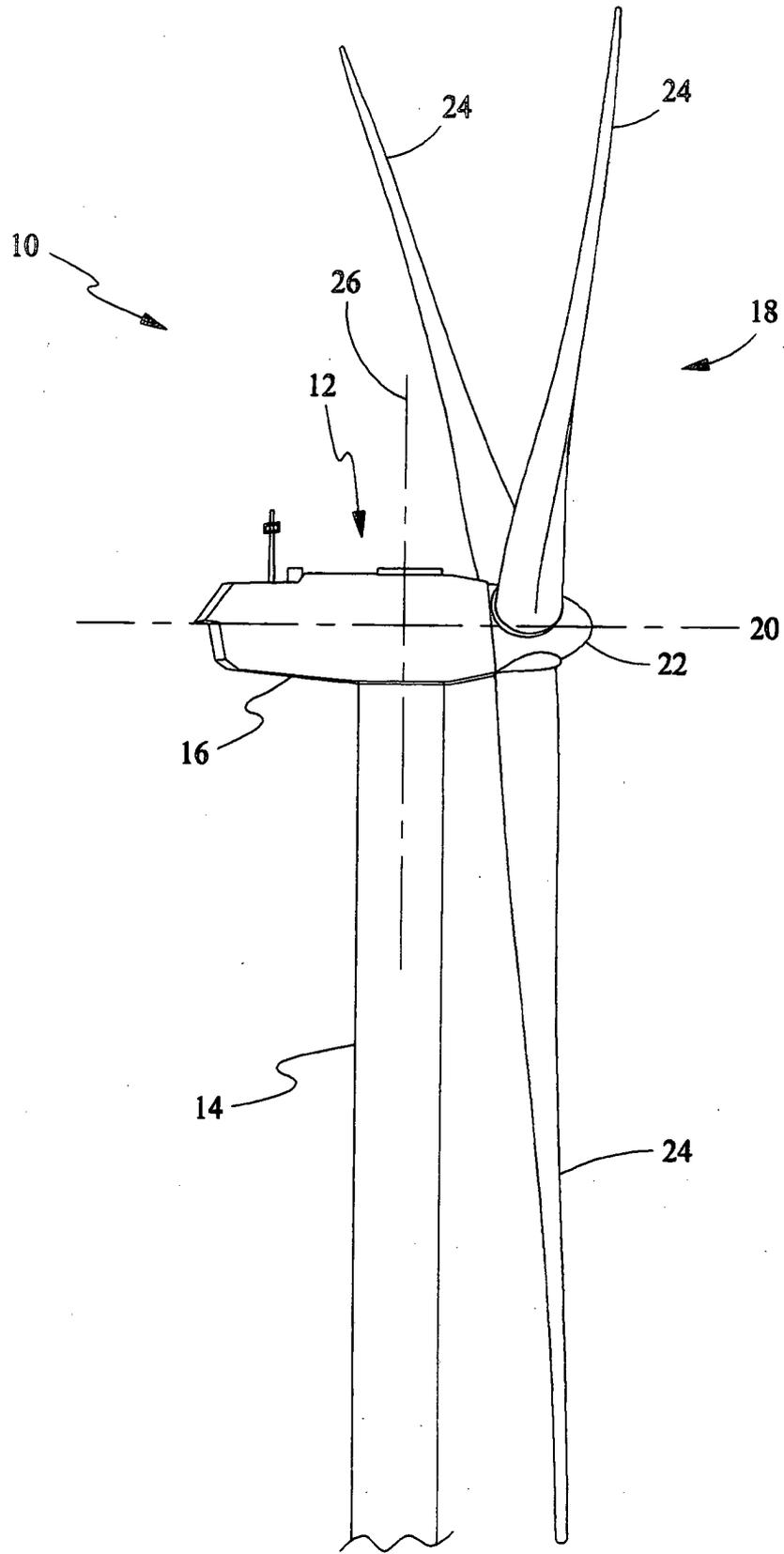


FIG. 1

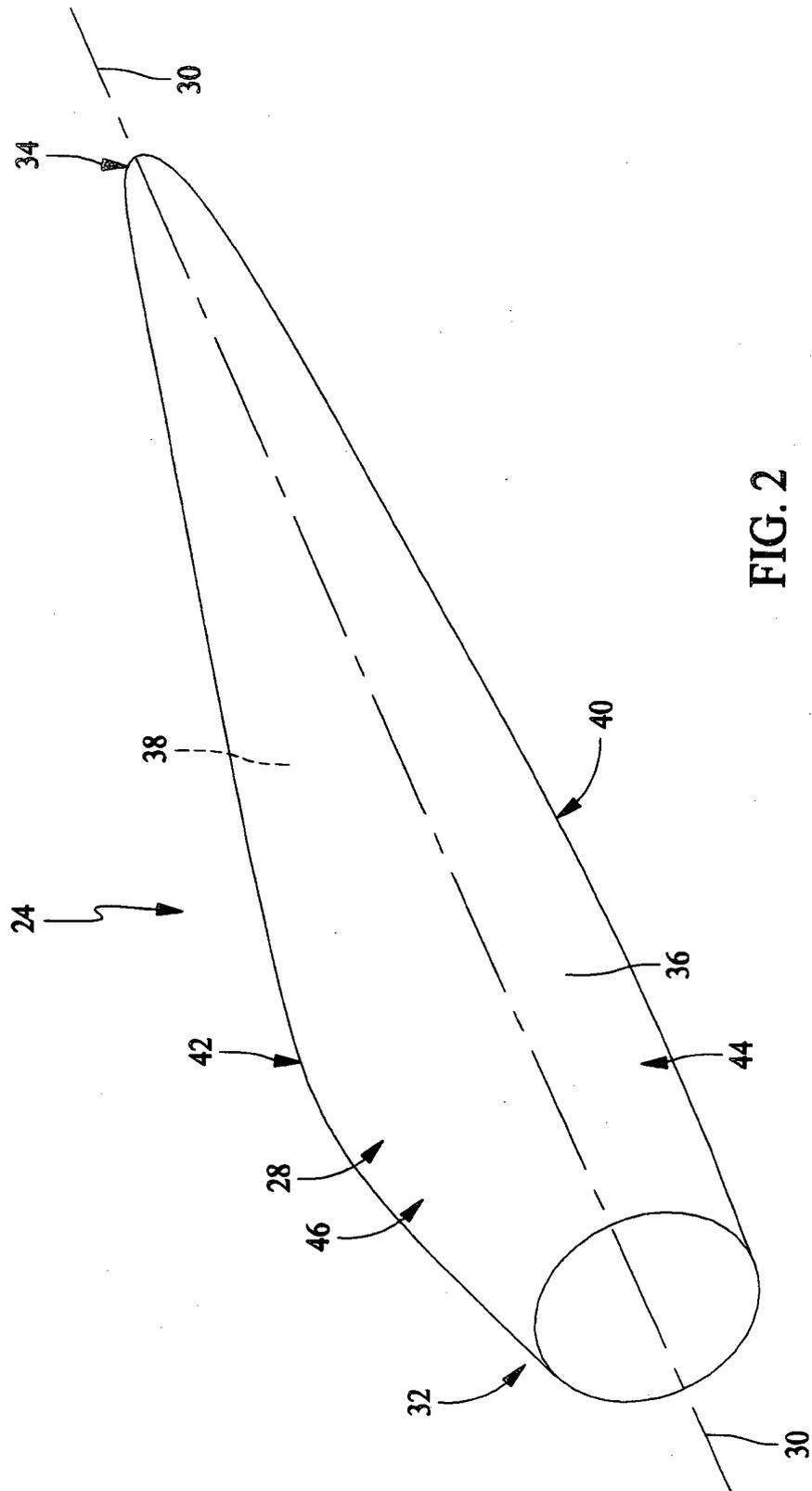


FIG. 2

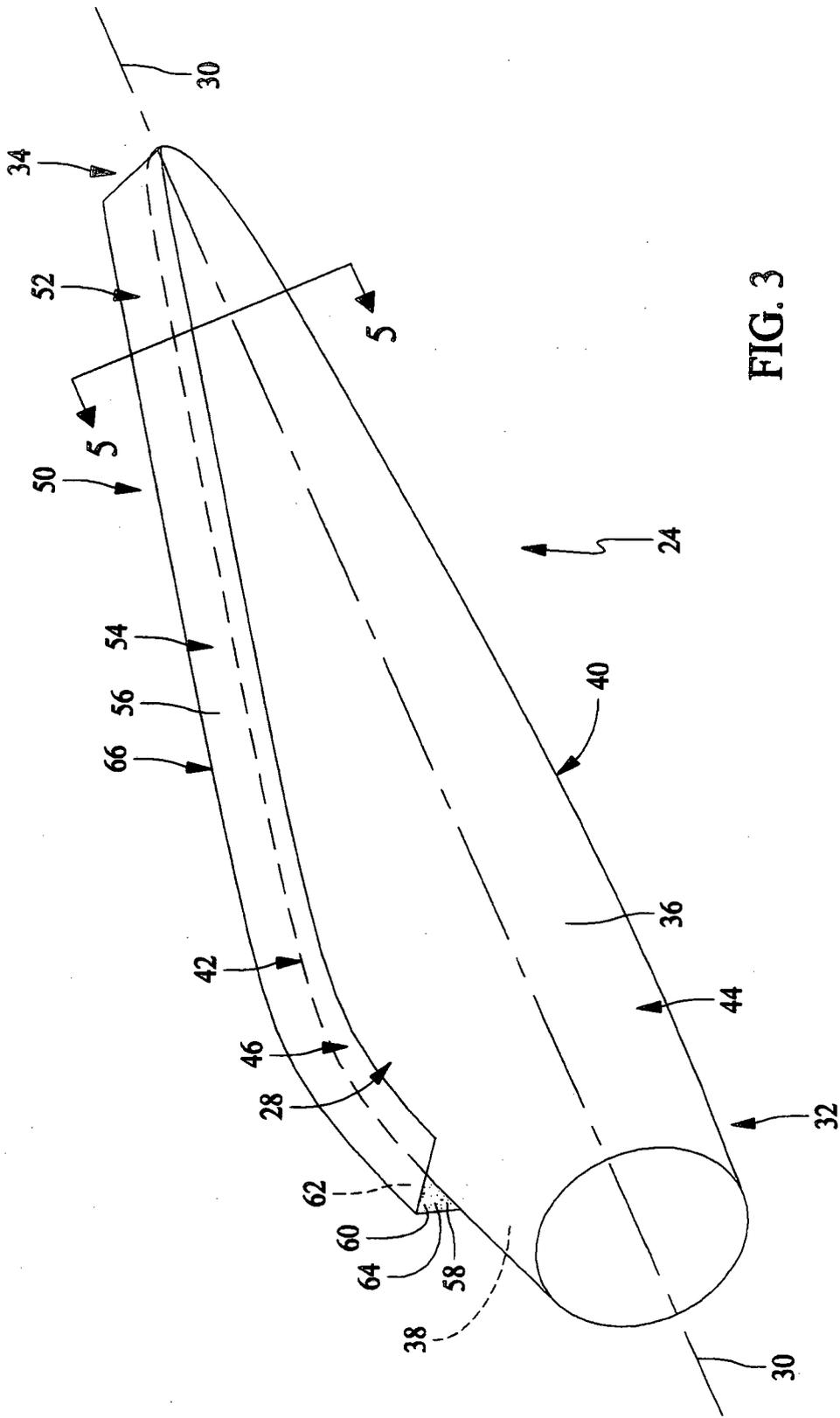


FIG. 3

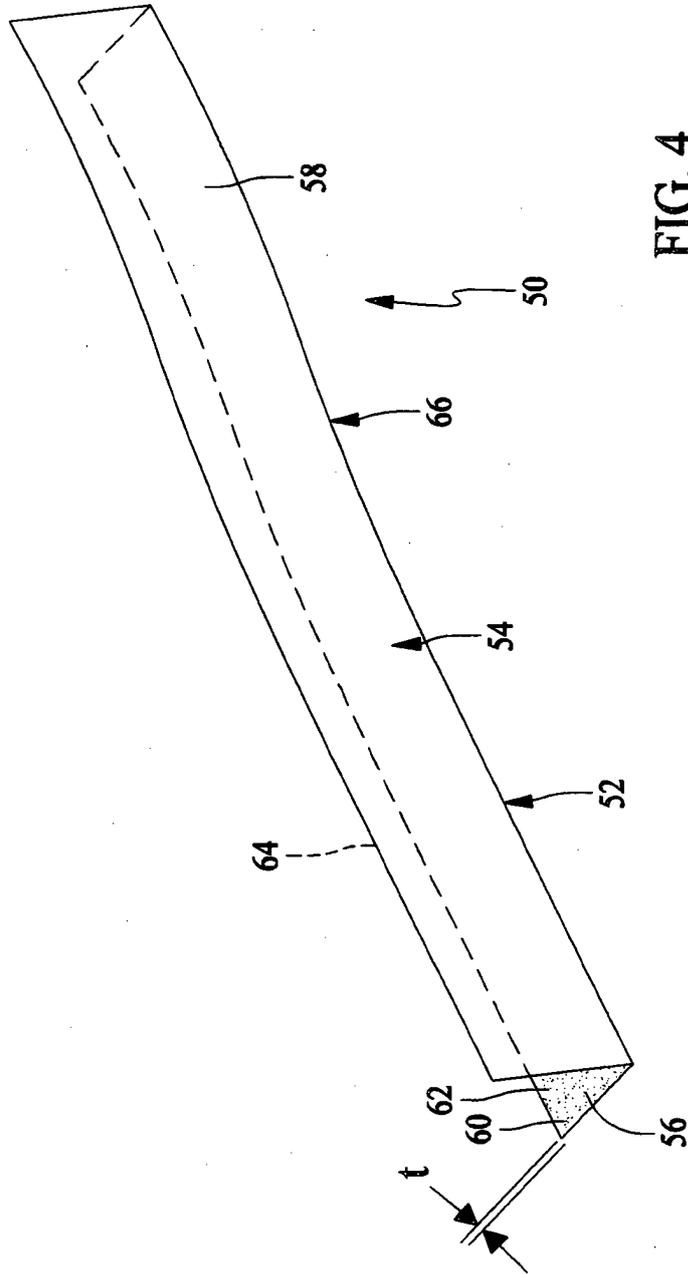


FIG. 4

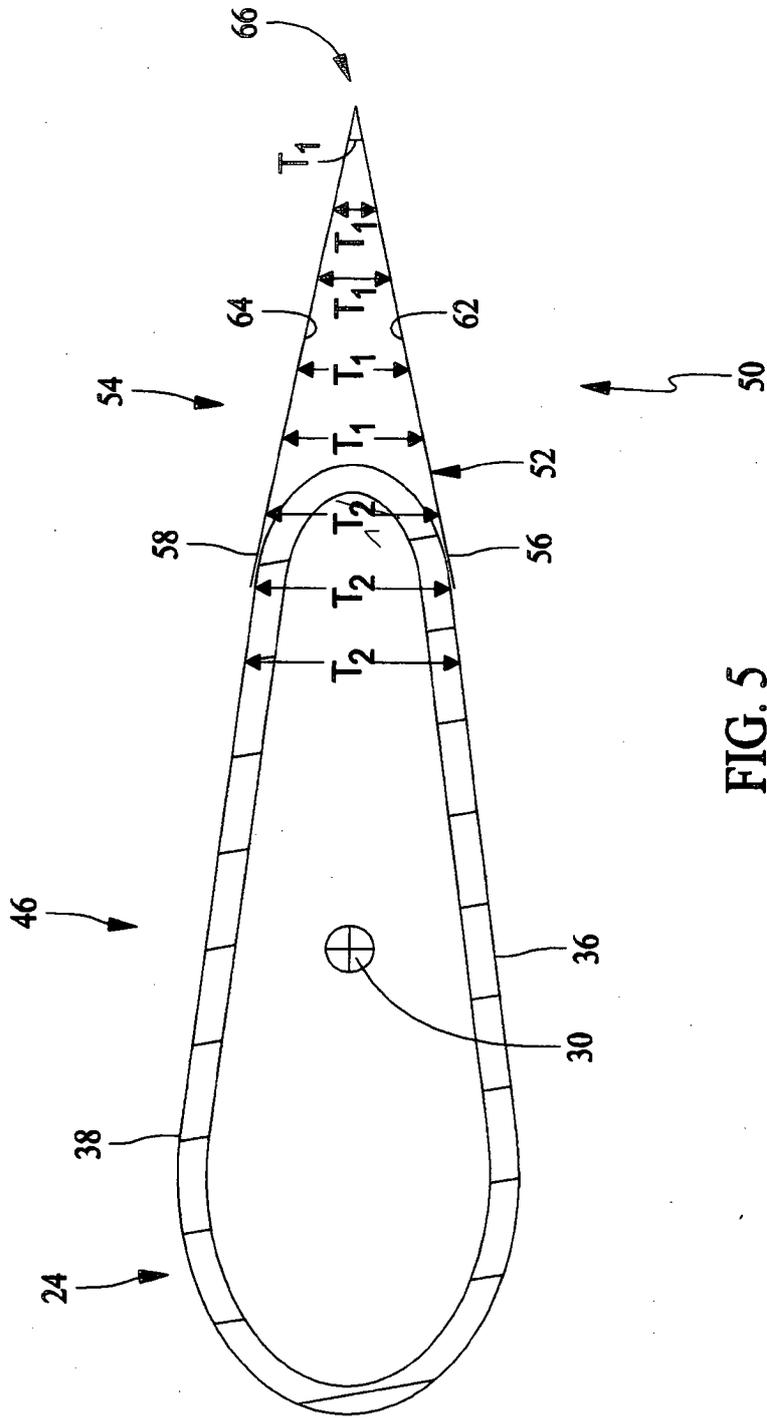


FIG. 5

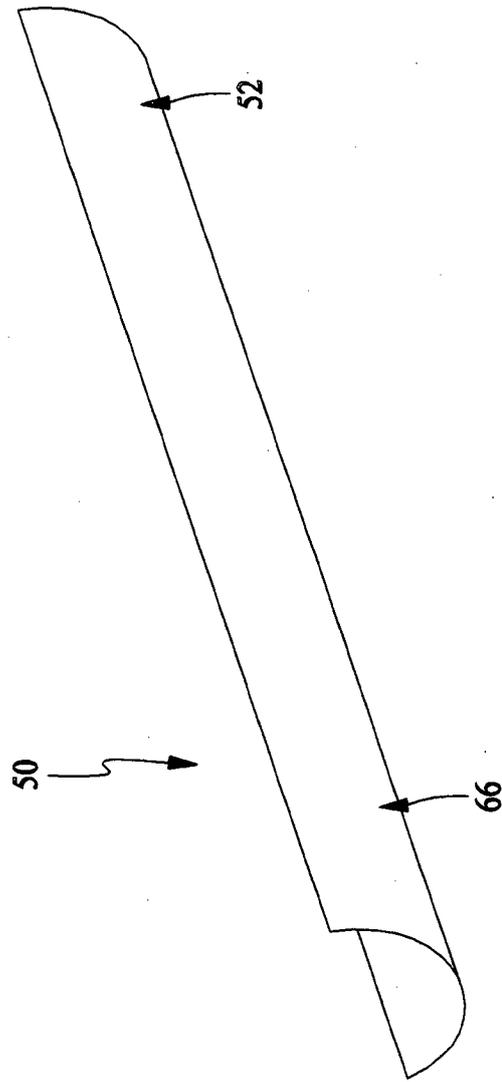


FIG. 6