



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2005 001 391 T2 2008.02.21**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 695 813 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 001 391.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 004 010.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.02.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.08.2006**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **13.06.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.02.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B29C 70/44 (2006.01)**
F03D 1/06 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

Vestas Wind Systems A/S, Ringkøbing, FI

(74) Vertreter:

Samson & Partner, Patentanwälte, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IS, IT, LI, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, TR**

(72) Erfinder:

**Bech, Anton, 6950 Ringkøbing, DK; Valsgaard,
Poul, 6950 Ringkøbing, DK**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts, eine Produktionsanlage von Windturbinenblättern und Verwendung hiervon**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung, wie im Oberbegriff des Anspruchs 28 angegeben, ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts, Windturbinenblätter sowie deren Verwendungen.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Eine auf dem Fachgebiet bekannte Windturbine umfasst üblicherweise einen Windturbinenturm und eine oben auf dem Turm angeordnete Windturbinengondel. Ein Windturbinenrotor, umfassend drei Windturbinenblätter, ist mit der Gondel durch eine langsam laufende Welle verbunden, die sich aus der Vorderseite der Gondel heraus erstreckt, wie in [Fig. 1](#) dargestellt.

[0003] In den vergangenen Jahren hat sich die Entwicklung von massenproduzierten Windturbinen dahin bewegt, sie sowohl im Hinblick auf Ausgangsleistung und Abmessungen größer und größer zu machen. Dieser Prozess ruft nach besseren und preiswerteren Komponenten und Herstellungsverfahren, und insbesondere auf dem Gebiet von massenproduzierten Windturbinenblättern ist diese Entwicklung tiefgreifend gewesen, weil das durchschnittliche massenproduzierte Windturbinenblatt über die vergangenen Jahre hinweg seine Länge mehr als verdoppelt hat.

[0004] Auf dem Fachgebiet bekannte Windturbinenblätter werden typischerweise aus Fiberglas hergestellt, das durch Metall-, Holz- oder Kohlenstofffasern verstärkt wird. Die Blätter werden typischerweise hergestellt, indem man zwei Blatthälften in zwei unabhängigen Formen formt. Wenn die Blatthälften ausgehärtet sind, werden die Verbindungsoberflächen mit einem Kleber versehen, und die Hälften werden aufeinandergelegt. Um sicherzustellen, dass die Hälften fest zusammengepresst werden, während der Kleber härtet, wird ein Druck auf die Formen aufgebracht, entweder indem man die obere Form mit Hilfe von Druckluft- oder Hydraulikzylindern nach unten auf die untere Form presst, oder durch Verwendung von großen Klammern oder mit Hilfe von Riemen, welche die beiden Formen oder Blatthälften umgeben.

[0005] Ein Beispiel von Verfahren aus dem Stand der Technik ist im Dokument WO 2004/043679 angegeben.

[0006] Sämtliche dieser Verfahren haben einen ernststen Nachteil, weil der Druck nur an gewissen Punkten aufgebracht wird, wodurch man die Stöße bzw. Verbindungsstellen zwischen den beiden Blatt-

hälften mit einer wellenartigen Form versieht, wie in [Fig. 2B](#) dargestellt. Diese wellenartige Form ist unerwünscht, weil sie die aerodynamischen Eigenschaften der Blätter beeinträchtigt, und die Stöße werden mit einer eingebauten Schwächung versehen, weil die Stöße über die Länge des Blatts hinweg nicht dieselbe Festigkeit besitzen.

[0007] Wenn Klammern, Riemen oder dergleichen verwendet werden, um die Druckkraft bereitzustellen, wird es außerdem schwierig und zeitaufwändig, diese Kraft zu regulieren, um sicherzustellen, dass die richtige Menge an Druck aufgebracht wird, um ein Blatt mit einem starken und gleichförmigen Stoß zu erzeugen.

[0008] Ein Ziel der Erfindung ist es, eine Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung und ein einfaches und schnelles Windturbinenblatt-Herstellungsverfahren bereitzustellen, die sicherstellen, dass die Stöße zwischen den zwei Blatthälften im Wesentlichen gleichförmig werden.

[0009] Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, eine Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung und ein Windturbinenblatt-Herstellungsverfahren bereitzustellen, wo die Druckkraft auf die Blattteile in einer einfachen und schnellen Weise reguliert werden kann.

Die Erfindung

[0010] Die Erfindung stellt ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts bereit. Das Verfahren umfasst die Schritte: Erzeugen von wenigstens einem ersten Teil, das wenigstens ein erstes Windturbinenblattteil in wenigstens einer ersten Fixiereinheit umfasst, Erzeugen von wenigstens einem zweiten Teil, das wenigstens ein zweites Windturbinenblattteil in wenigstens einer zweiten Fixiereinheit umfasst, Positionieren des wenigstens einen ersten Teils im Kontakt mit, oder in enger Nähe von, dem wenigstens einen zweiten Teil, und Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck, wobei das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil und das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil gegeneinander gedrückt werden und/oder wenigstens eines der Windturbinenblattteile gegen das wenigstens eine andere gedrückt wird.

[0011] Hierdurch ist es möglich, ein Windturbinenblatt in einer einfachen und schnellen Weise herzustellen, welche das Blatt mit im Wesentlichen gleichförmigen Stößen versieht.

[0012] Die Verwendung eines Drucks unter Atmosphärendruck oder eines Teilvakuums ist vorteilhaft, weil sie Mittel bereitstellt, um die wenigstens zwei Teile durch eine Kraft gegeneinander zu drücken, die

ununterbrochen und durchgehend über die gesamte Länge der Windturbinenblattteile verläuft. Außerdem kann die Druckkraft mühelos reguliert werden, da ein Teilvakuum leicht einzustellen ist, indem man die Wirkung der Mittel zum Erzeugen des Drucks unter Atmosphärendruck reguliert.

[0013] Mit dem Begriff "gegeneinander ... drücken" soll verstanden werden, dass alle Teile direkt oder indirekt unter dem Einfluss des Teilvakuums stehen, und dass dieser Einfluss die einzelnen Teile gegen die anderen Teile drückt.

[0014] Mit dem Begriff "Drücken von wenigstens einem ... gegen das wenigstens eine andere" soll verstanden werden, dass wenigstens eines der Teile direkt oder indirekt unter dem Einfluss des Teilvakuums steht, und dass dieser Einfluss dieses wenigstens eine Teil gegen das andere Teil oder die anderen Teile drückt.

[0015] Ein Aspekt der Erfindung stellt ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts bereit, bei dem das Verfahren den Schritt eines Positionierens von einem oder mehreren Verstärkungselementen auf dem wenigstens einen ersten Windturbinenblattteil und/oder auf dem wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteil einschließt.

[0016] Es ist vorteilhaft, das Windturbinenblatt mit einem Verstärkungselement in Form von z.B. einem Träger, einem Steg oder einem Gitternetzwerk zu versehen, weil ein oder mehr das erste Windturbinenblattteil und das zweite Windturbinenblattteil quer verbindende Elemente für eine sehr gewichtseffiziente Weise des Verstärkens des Blatts sorgen. Außerdem können das eine oder die mehreren Verstärkungselemente dazu beitragen, dass das Blatt seine Form beibehält.

[0017] Im Allgemeinen kann gesagt werden, dass es umso vorteilhafter ist, dass die Druckkraft gleichmäßig verteilt werden kann und dass sie leicht reguliert werden kann, je komplizierter die Windturbinenblätterstruktur ist, z.B. in Form von vielen und/oder komplizierten Verstärkungselementen.

[0018] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil, das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil und ein oder mehrere Verstärkungselemente entsprechende Kontaktflächen umfassen.

[0019] Es ist vorteilhaft, das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil, das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil und das eine oder die mehreren Verstärkungselemente mit entsprechenden Kontakt-

flächen zu versehen, weil dies die Teile mit Oberflächen versieht, die zum Befestigen der Teile aneinander geeignet sind.

[0020] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem sich die Kontaktflächen entlang von einem oder mehreren der Folgenden erstrecken: vorderer Rand, hinterer Rand, Spitzenrand und Wurzel.

[0021] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem das Verfahren den Schritt eines Aufbringens von Klebmitteln auf sämtliche oder einige der Kontaktflächen einschließt, bevor das wenigstens eine erste Teil in enger Nähe von dem wenigstens einen zweiten Teil positioniert wird.

[0022] Es ist vorteilhaft, die Kontaktflächen mit Klebmitteln zu versehen, wie natürlichem oder künstlichem Harz, bevor die Teile zusammengelegt werden, weil der Kleber auf einer freien und freiliegenden Oberfläche gleichmäßiger und kontrollierter verteilt werden kann.

[0023] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der Druck unter Atmosphärendruck in wenigstens einem Hohlraum erzeugt wird, der von dem wenigstens einen ersten Teil und dem wenigstens einen zweiten Teil gebildet wird.

[0024] Das Erzeugen des Teilvakuums in einem von dem ersten Teil und dem zweiten Teil gebildeten Hohlraum ist vorteilhaft, weil das Teilvakuum in oder nahe bei den Blattteilen erzeugt werden kann, die das Teilvakuum zusammendrücken soll. Außerdem ermöglicht es, dass die durch das Teilvakuum erzeugten Druckkräfte durchgehend und ununterbrochen über die Längserstreckung der Windturbinenblattteile verlaufen.

[0025] Unter dem Begriff "Hohlraum" soll eine Öffnung oder ein hohler Raum verstanden werden. Der Hohlraum braucht nicht notwendigerweise an allen Seiten oder Enden verschlossen werden, was bedeutet, dass das Wort Hohlraum auch Spalte, Einkerbungen, Rinnen, Nuten und Kanäle umfasst.

[0026] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der wenigstens eine Hohlraum ganz oder teilweise von der wenigstens einen ersten Fixiereinheit und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit gebildet wird.

[0027] Es ist vorteilhaft, den Hohlraum, in dem das

Teilvakuum erzeugt werden soll, durch die Fixiereinheiten zu bilden, da dies für einen wohldefinierten Hohlraum sorgt.

[0028] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der wenigstens eine Hohlraum aus wenigstens zwei getrennten Hohlräumen besteht, die sich z.B. entlang von wenigstens einem Stoß von dem vorderen Rand und entlang von wenigstens einem Stoß von dem hinteren Rand der Windturbinenblattteile erstrecken.

[0029] Die Anbringung eines Hohlräume auf jeder Seite der Blattteile ist vorteilhaft, weil sie für eine einfache Weise zum Verteilen des Teilvakuums sorgt, so dass die Druckkräfte in der Nähe von dort, wo sie benötigt werden, aufgebracht werden, nämlich den Kontaktflächen.

[0030] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem sich der wenigstens eine Hohlraum im Wesentlichen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile erstreckt.

[0031] Es ist vorteilhaft, wenn man den Hohlraum sich über die ganze Länge der Blattteile erstrecken lässt, weil es ermöglicht, dass die durch das Teilvakuum erzeugten Druckkräfte die Blattteile über die ganze Länge der Windturbinenblattteile beeinflussen.

[0032] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem das Verfahren den Schritt eines Abdichtens des wenigstens einen Hohlräume einschließt, bevor der Druck unter Atmosphärendruck erzeugt wird.

[0033] Wenn der wenigstens eine Hohlraum z.B. als Schlitz ausgebildet wird, ist es vorteilhaft, ihn abzudichten, um einen geschlossenen Raum zu schaffen, in dem ein Teilvakuum erzeugt werden kann.

[0034] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem das Abdichten ein Versehen des wenigstens einen Hohlräume mit einem oder mehreren Dichtmitteln einschließt.

[0035] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem das Abdichten ein Verstopfen von wenigstens einem Ende des wenigstens einen Hohlräume und ein direktes oder indirektes Verbinden von wenigstens einer Vakuumpumpe mit dem wenigstens einen anderen Ende des wenigstens einen Hohlräume einschließt.

[0036] Wenn der wenigstens eine Hohlraum z.B. als Kanal ausgebildet ist, ist es vorteilhaft, ein Ende dieses Kanals abzudichten, indem man das Ende des Kanals mit einem Stopfen versieht, und das andere Ende zu verwenden, um es mit einem Teilvakuum-Erzeugungsmittel zu verbinden, wie z.B. einer Vakuumpumpe, einer Vakuum-Injektionspumpe oder einem Tank, in dem ein Vakuum aufrechterhalten wird.

[0037] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem die Hohlräume in einer Richtung senkrecht zur Längserstreckung der Windturbinenblattteile und parallel zu einer Linie durch den vorderen Rand und den hinteren Rand der Windturbinenblattteile eine Erstreckung von zwischen 10 mm bis 1000 mm, vorzugsweise 50 mm bis 500 mm und am besten zwischen 100 mm bis 350 mm aufweisen.

[0038] Eine vorteilhafte Beziehung zwischen Größe und Funktion der Fixiereinheiten wird erzielt, indem man die Hohlräume mit der Breite in dem genannten Bereich herstellt.

[0039] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem das Erzeugen des Drucks unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlräume zu einem Teilvakuum von zwischen 0,1 bar bis 0,95 bar, vorzugsweise zwischen 0,3 bar bis 0,9 bar und am besten zwischen 0,6 bar bis 0,85 bar führt, wobei 0 bar absolutes Vakuum ist und 1 bar ungefähr Atmosphärendruck ist.

[0040] Je höher der Grad des Vakuums ist, das bereitgestellt werden muss, um eine gewisse Druckkraft auf die Windturbinenblattteile zu erzielen, um so mehr Energie wird benötigt und um so mehr Zeit wird benötigt. Der vorliegende Druckbereich sorgt für eine vorteilhafte Beziehung zwischen Zeit/Energie und Funktion.

[0041] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der Druck unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlräume zu einer Druckkraft auf der Oberfläche von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen von zwischen 1.000 N bis 10.000.000 N, vorzugsweise zwischen 10.000 N bis 3.000.000 N und am besten zwischen 100.000 N bis 1.000.000 N führt.

[0042] Die Erfahrung hat gelehrt, dass es vorteilhaft ist, ein Windturbinenblatt mit einem Druck innerhalb der vorliegenden Bereiche zu versehen, z.B. während des Härtens eines die Windturbinenblattteile verbindenden Klebers.

[0043] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der wenigstens eine Hohlraum von denjenigen Teilen der wenigstens einen ersten Fixiereinheit und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit gebildet wird, die das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil und das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil umgeben.

[0044] Es ist vorteilhaft, den Hohlraum in den Fixiereinheiten, in denen die Windturbinenblattteile platziert werden, zu nutzen, um ein Teilvakuum zu erzeugen, weil keine zusätzlichen Hohlräume erzeugt werden brauchen. Außerdem ermöglicht es ein Teilvakuum in diesem Hohlraum, eine Druckkraft über die gesamte Oberfläche der Windturbinenblattteile zu verteilen, was vorteilhaft ist, wenn z.B. eine Druckkraft von z.B. einem Träger in der Mitte der Blattteile benötigt wird.

[0045] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem die wenigstens eine erste Fixiereinheit und die wenigstens eine zweite Fixiereinheit weiter wenigstens zwei getrennte Hohlräume bilden, die sich z.B. entlang von wenigstens einem Stoß von dem vorderen Rand und entlang von wenigstens einem Stoß von dem hinteren Rand der Windturbinenblattteile erstrecken.

[0046] Es ist vorteilhaft, die Fixiereinheiten mit weiteren Hohlräumen zu versehen, weil dies die Möglichkeit von sogar noch mehr angestrebten Druckkräften ermöglicht.

[0047] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem das Erzeugen des Drucks unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlraums zu einem Teilvakuum von zwischen 0,1 bar bis 0,95 bar, vorzugsweise zwischen 0,5 bar bis 0,99 bar und am besten zwischen 0,8 bar bis 0,98 bar führt, wobei 0 bar absolutes Vakuum ist und 1 bar ungefähr Atmosphärendruck ist.

[0048] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der Druck unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlraums zu einer Druckkraft auf der Oberfläche von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen von zwischen 1.000 N bis 10.000.000 N, vorzugsweise zwischen 10.000 N bis 3.000.000 N und am besten zwischen 100.000 N bis 1.000.000 N führt.

[0049] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines

Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der wenigstens eine Hohlraum von dem wenigstens einen ersten Windturbinenblattteil und dem wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteil gebildet wird.

[0050] Es ist vorteilhaft, den wenigstens einen Hohlraum im Inneren der Windturbinenblattteile zur Erzeugung eines Teilvakuaums zu nutzen, weil die auf dem Gebiet bekannten Windturbinenblätter hohl und im Wesentlichen luftdicht oder leicht abdichtbar sind, wodurch keine weiteren Hohlräume in den Fixiereinheiten oder anderes benötigt werden.

[0051] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem sich der wenigstens eine Hohlraum im Wesentlichen über die gesamte Länge von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen erstreckt.

[0052] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der wenigstens eine Hohlraum in, oder in enger Nähe von, den Kontaktflächen angeordnet ist.

[0053] Die Erzeugung eines Teilvakuaums im Inneren z.B. von einer oder mehreren, in die Kontaktflächen eingebetteten Nuten ist vorteilhaft, weil die von dem Teilvakuum gelieferte Druckkraft sehr zielgerichtet ist, was sicherstellt, dass keine anderen Teile der Blätter oder der Fixiereinheiten durch die Druckkraft beeinflusst werden, und dadurch mögliche, durch die Kraft erzeugte Schäden an diesen Teilen verhindert.

[0054] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der Druck unter Atmosphärendruck eine Druckkraft liefert, die ununterbrochen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile verläuft.

[0055] Indem man die Druckkraft ununterbrochen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile verlaufen lässt, wird die wellenartige Form des Stoßes zwischen den Blattteilen vermieden, da die Druckkraft nicht nur an gewissen Punkten aufgebracht wird.

[0056] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem die Druckkraft weiter über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile gleichförmig ist.

[0057] Es ist vorteilhaft, die Druckkraft über die ganze Längserstreckung der Blattteile gleichförmig zu machen, da der Stoß theoretisch überall gleichförmig sein sollte, indem man überall dieselbe Druckkraft aufbringt.

[0058] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem das Verfahren den Schritt eines Formens des wenigstens einen ersten Windturbinenblattteils und des wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteils um wenigstens einen Fixierrand auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit herum einschließt.

[0059] Das Formen der Blattteile um wenigstens einen Fixierrand herum ist vorteilhaft, weil es die Ränder der Blattteile fixiert und dadurch die Kontaktflächenposition konstant hält, was sowohl den Prozess des Hinzufügens von Kleber und den Prozess eines Erzeugens eines Teilvakuums vereinfacht.

[0060] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem der wenigstens eine Fixierrand auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit oder auf der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit in einem spitzen Winkel hergestellt wird, und der wenigstens eine andere Fixierrand auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit oder auf der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit im Wesentlichen rechteckig hergestellt wird.

[0061] Das Herstellen von wenigstens einem Fixierrand in einem spitzen Winkel ist vorteilhaft, weil es dazu beiträgt, eine Blattteileposition in der Fixiereinheit aufrechtzuerhalten, insbesondere während des Handhabungsvorgangs, wenn das Blattteil ein oberes Teil ist, das auf einem entsprechenden unteren Teil positioniert werden soll. Das Herstellen von wenigstens einem anderen Fixierrand mit rechteckiger Form ist vorteilhaft, wenn dieser Rand ein Teil einer Fixiereinheit ist, die ein unteres Blattteil enthält, weil es eine unbehinderte Entnahme des fertiggestellten Blatts oder Abschnitts eines Blatts ermöglicht.

[0062] Ein Aspekt der Erfindung sieht ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts vor, bei dem wenigstens eine von der wenigstens einen ersten Fixiereinheit und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit eine Form ist, in der die wenigstens einen ersten und zweiten Windturbinenblattteile geformt werden.

[0063] Es ist vorteilhaft, Formen als Fixiereinheiten zu verwenden, da es den Herstellungsprozess vereinfacht, indem die Handhabung verringert wird.

[0064] Die Erfindung sieht weiter eine Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung vor, umfassend wenigstens ein erstes Teil, das wenigstens eine erste Fixiereinheit einschließt, die zum Fixieren von wenigstens einem ersten Windturbinenblattteil angepasst ist, wenigstens ein zweites Teil, das wenigstens eine zweite Fixiereinheit umfasst, die zum Fixieren von

wenigstens einem zweiten Windturbinenblattteil angepasst ist, und Mittel zum Positionieren des wenigstens einen ersten Teils im Kontakt mit oder in enger Nähe von dem wenigstens einen zweiten Teil. Die Herstellungseinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie weiter Mittel zum Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck umfasst, der das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil und das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil gegeneinander drückt und/oder wenigstens eines von den Windturbinenblattteilen gegen das wenigstens eine andere drückt.

[0065] Hierdurch wird eine vorteilhafte Vorrichtung gemäß der Erfindung erzielt.

[0066] Die Verwendung von Mitteln, wie einer Vakuumpumpe, zum Absaugen von Luft, um einen Druck unter Atmosphärendruck zu erzeugen, ist vorteilhaft, weil es einfach ist, die Wirkung von z.B. einer Vakuumpumpe zu regulieren, und es dadurch einfach ist, die Kraft zu regulieren, welche die Blattteile zusammendrückt.

[0067] Es sollte betont werden, dass der Begriff "Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung" auch Einrichtungen zum Herstellen von Abschnitten eines Windturbinenblatts einschließt.

[0068] Bei einem Aspekt der Erfindung umfasst die Einrichtung Mittel zum Positionieren von einem oder mehreren Verstärkungselementen auf dem wenigstens einen ersten Windturbinenblattteil und/oder auf dem wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteil.

[0069] Wenn das Windturbinenblatt mit einem oder mehreren Verstärkungselementen versehen werden soll, ist es vorteilhaft, die Einrichtung mit Mitteln zur Handhabung dieser Elemente auszustatten.

[0070] Bei einem Aspekt der Erfindung umfassen das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil, das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil und ein oder mehrere Verstärkungselemente entsprechende Kontaktflächen.

[0071] Bei einem Aspekt der Erfindung erstrecken sich die Kontaktflächen entlang von einem oder mehreren der folgenden: vorderer Rand, hinterer Rand, Spitzenrand und Wurzel.

[0072] Bei einem Aspekt der Erfindung umfasst die Einrichtung Mittel zum Aufbringen eines Klebers auf sämtliche oder einige der Kontaktflächen.

[0073] Wenn die Kontaktflächen mit einem Kleber versehen werden sollen, ist es vorteilhaft, die Einrichtung mit Mitteln zum Aufbringen dieses Klebers auszustatten.

[0074] Bei einem Aspekt der Erfindung bilden das wenigstens eine erste Teil und das wenigstens eine zweite Teil wenigstens einen Hohlraum, wenn sie im Kontakt mit oder in enger Nähe voneinander positioniert sind.

[0075] Bei einem Aspekt der Erfindung bilden die wenigstens eine erste Fixiereinheit und die wenigstens eine zweite Fixiereinheit ganz oder teilweise wenigstens einen Hohlraum, wenn sie im Kontakt mit oder in enger Nähe voneinander positioniert sind.

[0076] Bei einem Aspekt der Erfindung erstreckt sich der wenigstens eine Hohlraum im Wesentlichen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile.

[0077] Bei einem Aspekt der Erfindung besteht der wenigstens eine Hohlraum aus wenigstens zwei getrennten Hohlräumen, die sich z.B. entlang von wenigstens einem Stoß von dem vorderen Rand und entlang von wenigstens einem Stoß von dem hinteren Rand der Windturbinenblattteile erstrecken.

[0078] Bei einem Aspekt der Erfindung umfasst die Einrichtung Mittel zum Abdichten des wenigstens einen Hohlräume.

[0079] Bei einem Aspekt der Erfindung umfassen die Mittel zum Abdichten einen oder mehrere Stopfen zum Verstopfen von wenigstens einem Ende des wenigstens einen Hohlräume und wenigstens eine Vakuumpumpe zum Verbinden mit dem wenigstens einen anderen Ende des wenigstens einen Hohlräume.

[0080] Bei einem Aspekt der Erfindung weisen die Hohlräume in einer Richtung senkrecht zur Längserstreckung der Windturbinenblattteile und parallel zu einer Linie durch den vorderen Rand und den hinteren Rand der Windturbinenblattteile eine Erstreckung von zwischen 10 mm bis 1000 mm, vorzugsweise 50 mm bis 500 mm und am besten zwischen 100 mm bis 350 mm auf.

[0081] Bei einem Aspekt der Erfindung sind die Mittel zum Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck imstande, im Inneren des wenigstens einen Hohlräume ein Teilvakuum von zwischen 0,1 bar bis 0,95 bar, vorzugsweise zwischen 0,3 bar bis 0,9 bar und am besten zwischen 0,6 bar bis 0,85 bar zu erzeugen, wobei 0 bar absolutes Vakuum und 1 bar ungefähr Atmosphärendruck ist.

[0082] Bei einem Aspekt der Erfindung umfasst die Einrichtung Mittel zum Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlräume, was zu einer Druckkraft auf der Oberfläche von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen von zwischen 1.000 N bis 10.000.000 N, vorzugsweise zwischen 10.000 bis 3.000.000 N und am bes-

ten zwischen 100.000 N bis 1.000.000 N führt.

[0083] Bei einem Aspekt der Erfindung wird der wenigstens eine Hohlraum von den Teilen der wenigstens einen ersten Fixiereinheit und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit gebildet, die das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil und das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil umgeben.

[0084] Bei einem Aspekt der Erfindung bilden die wenigstens eine erste Fixiereinheit und die wenigstens eine zweite Fixiereinheit weiter wenigstens zwei getrennte Hohlräume, die sich z.B. entlang von wenigstens einem Stoß von dem vorderen Rand und entlang von wenigstens einem Stoß von dem hinteren Rand der Windturbinenblattteile erstrecken.

[0085] Bei einem Aspekt der Erfindung sind die Mittel zum Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck imstande, im Inneren des wenigstens einen Hohlräume ein Teilvakuum von zwischen 0,1 bar bis 0,995 bar, vorzugsweise zwischen 0,5 bar bis 0,99 bar und am besten zwischen 0,8 bar bis 0,98 bar zu erzeugen, wobei 0 bar absolutes Vakuum ist und 1 bar ungefähr Atmosphärendruck ist.

[0086] Bei einem Aspekt der Erfindung umfasst die Einrichtung Mittel, um im Inneren des wenigstens einen Hohlräume einen Druck unter Atmosphärendruck zu erzeugen, der zu einer Druckkraft auf der Oberfläche von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen von zwischen 1.000 N bis 10.000.000 N, vorzugsweise zwischen 10.000 N bis 3.000.000 N und am besten zwischen 100.000 N bis 1.000.000 N führt.

[0087] Bei einem Aspekt der Erfindung wird der wenigstens eine Hohlraum von dem wenigstens einen ersten Windturbinenblattteil und dem wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteil gebildet.

[0088] Bei einem Aspekt der Erfindung erstreckt sich der wenigstens eine Hohlraum im Wesentlichen über die gesamte Länge von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen.

[0089] Bei einem Aspekt der Erfindung ist der wenigstens eine Hohlraum in, oder in enger Nähe von, den Kontaktflächen angeordnet.

[0090] Bei einem Aspekt der Erfindung liefert das Mittel zum Bereitstellen eines Drucks unter Atmosphärendruck eine Druckkraft, die ununterbrochen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile verläuft.

[0091] Bei einem Aspekt der Erfindung ist die Druckkraft weiter über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile gleichförmig.

[0092] Bei einem Aspekt der Erfindung sind die wenigstens eine erste Fixiereinheit und die wenigstens eine zweite Fixiereinheit mit wenigstens einem Fixierrand zum Herumformen von wenigstens einem Rand des wenigstens einen ersten Windturbinenblattteils und des wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteils versehen.

[0093] Bei einem Aspekt der Erfindung wird der wenigstens eine Fixierrand auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit oder auf der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit in einem spitzen Winkel hergestellt, und der wenigstens eine andere Fixierrand auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit oder auf der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit wird im Wesentlichen rechteckig hergestellt.

[0094] Bei einem Aspekt der Erfindung ist wenigstens eine von der wenigstens einen ersten Fixiereinheit und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit eine Form, in der die wenigstens einen ersten und zweiten Windturbinenblattteile geformt werden.

[0095] Die Erfindung sieht weiter ein Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts vor, bei dem das Windturbinenblatt aus kohlenstofffaserverstärktem Holz, einem Glasfaser- und Harz-Verbundwerkstoff oder einem beliebigen anderen Material hergestellt wird, das sich zur Herstellung von großen Windturbinenblättern eignet.

[0096] Die Erfindung sieht weiter die Verwendung einer Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung vor, wo das Windturbinenblatt aus kohlenstofffaserverstärktem Holz, einem Glasfaser- und Harz-Verbundwerkstoff oder einem beliebigen anderen Material hergestellt wird, das sich zur Herstellung von großen Windturbinenblättern eignet.

Figuren

[0097] Die Erfindung wird im Folgenden mit Bezugnahme auf die Figuren beschrieben, in denen

[0098] [Fig. 1](#) eine große moderne Windturbine zeigt,

[0099] [Fig. 2A](#) ein Windturbinenblatt von der Seite gesehen zeigt,

[0100] [Fig. 2B](#) einen Abschnitt eines Windturbinenblatts von der Seite gesehen zeigt,

[0101] [Fig. 3](#) ein Windturbinenblatt von vorne gesehen zeigt,

[0102] [Fig. 4](#) einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils und eines zweiten Teils, nebeneinander gelegt, von der Wurzel des Blattes gesehen zeigt,

[0103] [Fig. 5](#) einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils und eines zweiten Teils, übereinander gelegt, von der Wurzel des Blattes gesehen zeigt,

[0104] [Fig. 6](#) einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils und eines zweiten Teils, die zusätzliche Hohlräume umfassen, von der Wurzel des Blattes gesehen zeigt,

[0105] [Fig. 7](#) einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils und eines zweiten Teils, von der Wurzel des Blattes gesehen zeigt,

[0106] [Fig. 8](#) einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils und eines zweiten Teils, die in einigen der Kontaktflächen eingebettete Nuten umfassen, von der Wurzel des Blattes gesehen zeigt, und

[0107] [Fig. 9](#) einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils und eines zweiten Teils, die Fixieränder umfassen, von der Wurzel des Blattes gesehen zeigt.

Ausführliche Beschreibung

[0108] [Fig. 1](#) zeigt eine moderne Windturbine **1**, umfassend einen Turm **2** und eine oben auf dem Turm **2** angeordnete Windturbinengondel **3**. Der Windturbinenrotor **4**, der drei Windturbinenblätter **5** umfasst, ist mit der Gondel **3** durch die langsam laufende Welle verbunden, die sich aus der Vorderseite der Gondel **3** heraus erstreckt.

[0109] [Fig. 2A](#) zeigt ein Windturbinenblatt **5** von der Seite gesehen. Wie dargestellt, wird ein auf dem Fachgebiet bekanntes Windturbinenblatt **5** aus zwei im Wesentlichen identischen Blatthälften hergestellt, die mittels eines Klebers in einem Stoß **6** verbunden werden. Um die beiden Blatthälften fest zusammengedrückt zu halten, während der Kleber härtet, besteht das bekannte Verfahren darin, einen Druck auf die Blatthälften aufzubringen, entweder mit Hilfe von Riemen, die um die Hälften herum festgezogen werden, mit Hilfe von hydraulischen oder pneumatischen Stellorganen oder anderen Verfahren, die einen Druck an einer Reihe von speziellen Punkten aufbringen.

[0110] [Fig. 2B](#) zeigt einen Abschnitt desselben Windturbinenblatts **5**, wie in [Fig. 2A](#) dargestellt, wobei die wellenartige Form des Stoßes **7** deutlich dargestellt ist.

[0111] Wenn Windturbinenblätter **5** unter Verwendung von traditionellen Herstellungsverfahren hergestellt werden, wird der Druck nicht gleichförmig, durchgehend oder ununterbrochen aufgebracht. Dies führt zu einem Stoß zwischen den beiden Blatthälften mit einer wellenartigen Form **7**.

[0112] [Fig. 3](#) zeigt ein Windturbinenblatt von vorne

gesehen. Das Windturbinenblatt **5** umfasst einen vorderen Rand **17**, einen hinteren Rand **18**, einen Spitzenrand **19** und eine Wurzel **20**. Das Blatt ist typischerweise hohl, abgesehen von einem oder mehreren Verstärkungselementen **16**, die sich im Wesentlichen über die gesamte Länge des Blatts **5** oder einen Teil der Länge des Blatts **5** erstrecken. Ein auf dem Gebiet bekanntes Windturbinenblatt **5** wird typischerweise aus einem Glasfaser- und Harz-Verbundwerkstoff hergestellt, der durch Kohlenstofffaser, kohlenstofffaserverstärktes Holz oder eine Kombination hiervon verstärkt wird.

[0113] **Fig. 4** zeigt einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils **8** und eines zweiten Teils **11**. Das erste Teil **8** umfasst ein erstes Windturbinenblattteil **9**, das in einer ersten Fixiereinheit **10** platziert ist, welche in diesem Fall die Form ist, in der das Blattteil **9** hergestellt wird. Das zweite Teil **11** umfasst gleichfalls ein zweites Windturbinenblattteil **12**, das in einer zweiten Fixiereinheit **13** platziert ist, welche ebenfalls die Form ist, in der das Blattteil **12** geformt wird.

[0114] Bei dieser Ausführungsform der Erfindung werden die zwei im Wesentlichen symmetrischen Teile **8, 11** während des Formens der Blattteile **9, 12** nebeneinander gelegt, wobei die äußeren Oberflächen der Blattteile **9, 12** nach unten weisen. Wenn die Blattteile **9, 12** ausgehärtet sind, werden die Kontaktflächen **15** mit einem Kleber versehen, und das zweite Teil **11** wird gedreht und oben auf dem ersten Teil **8** positioniert, z.B. mittels einer Art von Kran (wie einem Portalkran) oder einer spezialgefertigten Dreh- und Positioniereinrichtung. Der Kleber könnte auch auf den Kontaktflächen bereitgestellt werden, nachdem die Blattteile **9, 12** in Kontakt miteinander oder in enge Nähe voneinander gebracht worden sind.

[0115] Bei dieser Ausführungsform der Erfindung wird das zweite Teil **11** oben auf das erste Teil **8** gelegt, jedoch könnte bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung das erste Teil **8** oben auf das zweite Teil **11** gelegt werden, oder die beiden Teile **8, 11** könnten in z.B. einer vertikalen Position gegeneinander gelegt werden.

[0116] Bei dieser Ausführungsform der Erfindung dienen die Teile **8, 11** zum Formen eines ganzen Windturbinenblatts **5**. Da Windturbinen **1** jedoch größer und größer werden, werden die Windturbinenblätter **5** allmählich zu lang, um sie in einem Stück zu transportieren. Das Blatt **5** würde dann als Abschnitte hergestellt, die dann am Windturbinen-Montageort zusammengesetzt sind. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnten daher die Teile **8, 11** und die gesamte Herstellungseinrichtung zur Herstellung von Abschnitten von Windturbinenblättern **5** dienen.

[0117] **Fig. 5** zeigt das zweite Teil **11** oben auf das

erste Teil **8** gelegt, was bewirkt, dass die beiden Teile **8, 11** an den Kontaktflächen **15** auf den Blattteilen **9, 12** gegeneinander anliegen. Bevor das zweite Teil **11** auf das erste Teil **8** gelegt wird, werden zwei Verstärkungselemente **16** am ersten Blattteil **9** befestigt, z.B. mittels eines Klebers. Wenn das zweite Blattteil **12** oben auf das erste **9** gelegt worden ist, und die Verstärkungselemente **16** mit dem zweiten Blattteil **12** verbunden sind, bildet das Verstärkungselement **16** Querstreben, die das Blatt **5** steifer machen und dazu beitragen, dass das Blatt seine Form bewahrt.

[0118] Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnte das Blatt **5** mit mehr als zwei nebeneinander angeordneten Verstärkungselementen **16** versehen werden, z.B. drei, vier oder sechs Elementen, und alle oder einige der Elemente **16** könnten im Inneren des Blatts **5** platziert werden, nachdem die zwei Teile **8, 11** aufeinander gelegt worden sind, oder die Windturbinenblattteile **9, 12** könnten so stark gemacht werden, dass keine Verstärkungselemente **16** benötigt werden.

[0119] Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnte das Blatt **5** auch mit nur einem Verstärkungselement **16**, z.B. in Form eines Trägers, versehen werden. Dieser Träger könnte das Element sein, welches das gesamte Blatt **5** trägt, und die Blattteile **9, 12** könnten dann nur relativ dünne Schalen sein, die hauptsächlich vorgesehen sind, um dem Blatt seine aerodynamische Form zu verleihen.

[0120] Bei dieser Ausführungsform der Erfindung bilden die zwei Formteile **10, 13** einen Hohlraum **14a**, der die ganze Strecke um ihn herum im Wesentlichen geschlossen ist, außer an der Wurzel des Blatts **5**, wo Mittel zum Absaugen von Luft, wie eine Vakuumpumpe, mit den Formteilen **10, 13** verbunden werden können. Wenn im Inneren des Hohlraums **14** ein Teilvakuum erzeugt wird, wird die Luft außerhalb der beiden Formteile **10, 13** gegen die Formteile **10, 13** drücken. Diese Formteile **10, 13** werden dann gegen die gesamte äußere Oberfläche der Blattteile **9, 12** und insbesondere gegen die Kontaktflächen **15** sowohl am Stoß **6** von dem vorderen Rand **17** und dem hinteren Rand **18** drücken, aber auch an den Kontaktflächen **15** von den Verstärkungselementen **16**.

[0121] Da das Windturbinenblatt **5** nicht über die gesamte Länge des Blatts **5** gleichförmig ist, ist die vom Teilvakuum erzeugte Druckkraft ebenfalls nicht gleichförmig, da die Größe des Drucks definiert ist durch die Stärke des Vakuums multipliziert mit der projizierten Fläche, die von ihm betroffen ist. Aber obwohl die Last nicht gleichförmig ist, verläuft sie noch ununterbrochen über die gesamte Länge des Blatts **5**, und die Schwankung der Druckkraft ist verhältnismäßig gering und über verhältnismäßig große Strecken verteilt.

[0122] **Fig. 6** zeigt einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils **8** und eines zweiten Teils **11** von der Wurzel **20** des Blattes gesehen. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung bilden die Fixiereinheiten **10**, **13**, die in diesem Fall die Formen sind, in denen die Blattteile **9**, **12** hergestellt werden, einen Teil von zwei zusätzlichen Hohlräumen **14b**, die am vorderen Rand **17** und am hinteren Rand **18** auf der gesamten Länge des Blatts **5** entlang der Stöße **6** verlaufen. Dichtmittel **22**, wie eine Platte oder ein steifes Segeltuch, sind an diesen Hohlräumen **14b** vorgesehen, um die Seiten abzudichten, ein Stopfen ist vorgesehen, um das eine Ende des Hohlraums **14b** abzudichten, und mit dem anderen Ende sind Mittel zum Bereitstellen eines Teilvakuums verbunden. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnten die beiden zusätzlichen Hohlräume **14b** an einem Ende verbunden sein, so dass nur eine Öffnung verstopft werden braucht, wobei diese Öffnung am nächsten bei der Öffnung angeordnet ist, mit der die Pumpmittel verbunden werden sollen, z.B. im Wurzel-20-Ende des Blatts **5**.

[0123] Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnten die Fixiereinheiten **10**, **13** in einer Weise hergestellt werden, dass abgesehen von der Öffnung zum Verbinden mit z.B. einer Vakuumpumpe die Hohlräume **14b** vollständig abgedichtet wären, wenn die beiden Teile **8**, **11** im Kontakt miteinander gebracht worden sind.

[0124] Wenn Luft aus den Hohlräumen **14b** abgesaugt wird, werden die beiden Fixiereinheiten **10**, **13** während des Aushärtens des an den Kontaktflächen **15** vorgesehenen Klebers gegeneinander drücken und die benötigte Druckkraft erzeugen.

[0125] Bei dieser Ausführungsform der Erfindung sind die Hohlräume **14b** über die ganze Länge des Blatts **5** im Wesentlichen gleichförmig, wobei eine im Wesentlichen gleichförmige und ununterbrochene Druckkraft über die ganze Länge des Blatts **5** erzeugt wird, jedoch könnte bei einer anderen Ausführungsform die projizierte Fläche der Hohlräume **14b** über die Länge des Blatts **5** variieren, um eine an den spezifischen Bedarf angepasste variierende Last zu erzeugen.

[0126] **Fig. 7** zeigt einen vertikalen Querschnitt einer ähnlichen Ausführungsform der Erfindung, wie in **Fig. 6** dargestellt, von der Wurzel **20** des Blattes gesehen. Obwohl die Fixiereinheiten **10**, **13** einen Teil von zwei zusätzlichen Hohlräumen **14b** bilden, wird das Teilvakuum im Inneren des Teils der zwei die Blattteile **9**, **12** umgebenden Fixiereinheiten **10**, **13** erzeugt. Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnte das Teilvakuum in sowohl dem Teil der beiden, die Blattteile **9**, **12** umgebenden Fixiereinheiten **10**, **13** und in den zusätzlichen Hohlräumen **14b** erzeugt werden.

[0127] **Fig. 8** zeigt einen vertikalen Querschnitt eines ersten Teils **8** und eines zweiten Teils **11**, die Nuten **21** umfassen, die in die Kontaktflächen **15** des zweiten Windturbinenblatts **12** eingebettet sind, wie von der Wurzel **20** des Blattes **5** gesehen. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung wird das Teilvakuum im Inneren dieser Nuten **21** erzeugt, wobei die Druckkraft genau dort, wo sie benötigt wird, und unabhängig von Fixiereinheiten **10**, **13** oder deren Konstruktion bereitgestellt wird.

[0128] Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnte das Teilvakuum im Inneren des gesamten Hohlraums **14d** erzeugt werden, der vom ersten Windturbinenblattteil **9** und vom zweiten Windturbinenblattteil **12** gebildet wird.

[0129] **Fig. 9** zeigt einen Teil eines vertikalen Querschnitts eines ersten Teils **8** und eines zweiten Teils **11**, die Fixieränder **23**, **24** umfassen, von der Wurzel **20** des Blattes **5** gesehen. Um sicherzustellen, dass die Kontaktflächen **15** während des Aushärtens der Blattteile **9**, **12** und der nachfolgenden Handhabung ihre Position beibehalten, werden die Ränder der Blattteile **9**, **12** um Fixieränder **23**, **24** auf den Fixiereinheiten **10**, **13** herum geformt.

[0130] Das zweite Windturbinenblattteil **12** wird um einen spitzwinkligen Fixierand **23** auf der zweiten Fixiereinheit **13** herum geformt, um dazu beizutragen, das Blattteil **12** während einer Drehung und Positionierung auf dem ersten Teil **8** zu fixieren. Das erste Windturbinenblattteil **9** wird um einen rechteckigen Fixierand **24** auf der ersten Fixiereinheit **10** herum geformt, weil es ein rechteckiger Fixierand **24** leichter macht, das Blatt **5** aus der Fixiereinheit **10** zu entnehmen. Das überschüssige Material kann während des Verfahrens, bei dem man dem Blatt **5** seine endgültige Beschaffenheit verleiht, abgeschnitten werden.

[0131] Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung könnten beide Fixieränder **23**, **24** in einem spitzen Winkel hergestellt werden, oder beide könnten rechteckig sein.

[0132] Die Erfindung ist oben beispielhaft mit Bezugnahme auf spezifische Beispiele von Windturbinenblättern **5** und Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtungen veranschaulicht worden. Jedoch versteht sich, dass die Erfindung nicht auf die oben beschriebenen speziellen Beispiele begrenzt ist, sondern in einer Vielzahl von Abwandlungen innerhalb des Umfangs der Erfindung, wie in den Ansprüchen angegeben, ausgestaltet und verändert werden kann.

Bezugszeichenliste

1	Windturbine
2	Turm
3	Gondel
4	Rotor
5	Blatt
6	Stoß
7	Wellenartiger Stoß
8	Erstes Teil
9	Erstes Windturbinenteil
10	Erste Fixiereinheit
11	Zweites Teil
12	Zweites Windturbinenteil
13	Zweite Fixiereinheit
14a	Hohlraum, der von die Blatteile umgebenden Teilen der Fixiereinheiten gebildet wird
14b	Hohlraum, der von neben den Blatteilen her verlaufenden Teilen der Fixiereinheiten gebildet wird,
14c	Hohlraum, der von Nuten in den Kontaktflächen gebildet wird
14d	Hohlraum, der von den Blatteilen gebildet wird
15	Kontaktflächen
16	Verstärkungselement
17	Vorderer Rand
18	Hinterer Rand
19	Spitzenrand
20	Wurzel
21	Nut
22	Dichtmittel
23	Spitzwinkliger Fixierrand
24	Rechteckiger Fixierrand

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5), wobei das Verfahren die Schritte umfasst Erzeugen von wenigstens einem ersten Teil (8), das wenigstens ein erstes Windturbinenblattteil (9) in wenigstens einer ersten Fixiereinheit (10) umfasst, Erzeugen von wenigstens einem zweiten Teil (11), das wenigstens ein zweites Windturbinenblattteil (12) in wenigstens einer zweiten Fixiereinheit (13) umfasst, Positionieren des wenigstens einen ersten Teils (8) im Kontakt mit, oder in enger Nähe von, dem wenigstens einen zweiten Teil (11), und Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck, wobei das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil (9) und das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil (12) gegeneinander gedrückt werden und/oder wenigstens eines der Windturbinenblattteile gegen das wenigstens eine andere gedrückt wird.

2. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 1, bei dem das Verfahren

den Schritt eines Positionierens von einem oder mehreren Verstärkungselementen (16) auf dem wenigstens einen ersten Windturbinenblattteil (9) und/oder auf dem wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteil (12) einschließt.

3. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach den Ansprüchen 1 oder 2, bei dem das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil (9), das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil (12) und ein oder mehrere Verstärkungselemente (16) entsprechende Kontaktflächen (15) umfassen.

4. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 3, bei dem sich die Kontaktflächen (15) entlang von einem oder mehreren der Folgenden erstrecken: vorderer Rand (17), hinterer Rand (18), Spitzenrand (19) und Wurzel (20).

5. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 3 oder 4, bei dem das Verfahren den Schritt eines Aufbringens von Klebmitteln auf sämtliche oder einige der Kontaktflächen (15) einschließt, bevor das wenigstens erste Teil (8) in enger Nähe von dem wenigstens einen zweiten Teil (11) positioniert wird.

6. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Druck unter Atmosphärendruck in wenigstens einem Hohlraum (14a, 14b, 14c, 14d) erzeugt wird, der von dem wenigstens einen ersten Teil (8) und dem wenigstens einen zweiten Teil (11) gebildet wird.

7. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 6, bei dem der wenigstens eine Hohlraum (14a, 14b) ganz oder teilweise von der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) gebildet wird.

8. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 7, bei dem der wenigstens eine Hohlraum (14b) aus wenigstens zwei getrennten Hohlräumen (14b) besteht, die sich z.B. entlang von wenigstens einem Stoß (6) von dem vorderen Rand (17) und entlang von wenigstens einem Stoß (6) von dem hinteren Rand (18) der Windturbinenblattteile (9, 12) erstrecken.

9. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 8, bei dem sich der wenigstens

tens eine Hohlraum (14b) im Wesentlichen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile (9, 12) erstreckt.

10. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem das Verfahren den Schritt eines Abdichtens des wenigstens einen Hohlraums (14b) einschließt, bevor der Druck unter Atmosphärendruck erzeugt wird.

11. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 10, bei dem das Abdichten ein Versehen des wenigstens einen Hohlraums (14b) mit einem oder mehreren Dichtmitteln (22) einschließt.

12. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach den Ansprüchen 10 oder 11, bei dem das Abdichten ein Verstopfen von wenigstens einem Ende des wenigstens einen Hohlraums (14b) und ein direktes oder indirektes Verbinden von wenigstens einer Vakuumpumpe mit dem wenigstens einen anderen Ende des wenigstens einen Hohlraums (14) einschließt.

13. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der Ansprüche 7 bis 12, bei dem die Hohlräume (14b) in einer Richtung senkrecht zur Längserstreckung der Windturbinenblattteile (9, 12) und parallel zu einer Linie durch den vorderen Rand (17) und den hinteren Rand (18) der Windturbinenblattteile (9, 12) eine Erstreckung von zwischen 10 mm bis 1000 mm, vorzugsweise 50 mm bis 500 mm und am besten zwischen 100 mm bis 350 mm aufweisen.

14. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der Ansprüche 7 bis 13, bei dem das Erzeugen des Drucks unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlraums (14b) zu einem Teilvakuum von zwischen 0,1 bar bis 0,95 bar, vorzugsweise zwischen 0,3 bar bis 0,9 bar und am besten zwischen 0,6 bar bis 0,85 bar führt, wobei 0 bar absolutes Vakuum ist und 1 bar ungefähr Atmosphärendruck ist.

15. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der Ansprüche 7 bis 14, bei dem der Druck unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlraums (14b) zu einer Druckkraft auf der Oberfläche von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen (9, 12) von zwischen 1.000 N bis 10.000.000 N, vorzugsweise zwischen 10.000 N bis 3.000.000 N und am besten zwischen

100.000 N bis 1.000.000 N führt.

16. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 7, bei dem der wenigstens eine Hohlraum (14a) von denjenigen Teilen der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) gebildet wird, die das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil (9) und das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil (12) umgeben.

17. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 16, bei dem die wenigstens eine erste Fixiereinheit (10) und die wenigstens eine zweite Fixiereinheit (13) weiter wenigstens zwei getrennte Hohlräume (14b) bilden, die sich z.B. entlang von wenigstens einem Stoß (6) von dem vorderen Rand (17) und entlang von wenigstens einem Stoß (6) von dem hinteren Rand (18) der Windturbinenblattteile (9, 12) erstrecken.

18. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach den Ansprüchen 16 oder 17, bei dem das Erzeugen des Drucks unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlraums (14a, 14b) zu einem Teilvakuum von zwischen 0,1 bar bis 0,995 bar, vorzugsweise zwischen 0,5 bar bis 0,99 bar und am besten zwischen 0,8 bar bis 0,98 bar führt, wobei 0 bar absolutes Vakuum ist und 1 bar ungefähr Atmosphärendruck ist.

19. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, bei dem ein Druck unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlraums (14a, 14b) zu einer Druckkraft auf der Oberfläche von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen (9, 12) von zwischen 1.000 N bis 10.000.000 N, vorzugsweise zwischen 10.000 N bis 3.000.000 N und am besten zwischen 100.000 N bis 1.000.000 N führt.

20. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 6, bei dem der wenigstens eine Hohlraum (14c, 14d) von dem wenigstens einen ersten Windturbinenblattteil (9) und dem wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteil (12) gebildet wird.

21. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 20, bei dem sich der wenigstens eine Hohlraum (14c, 14d) im Wesentlichen über die gesamte Länge von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen (9, 12) erstreckt.

22. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 20, bei dem der wenigstens eine Hohlraum (14c) in, oder in enger Nähe von, den Kontaktflächen (15) angeordnet ist.

23. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Druck unter Atmosphärendruck eine Druckkraft liefert, die ununterbrochen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile (9, 12) verläuft.

24. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 23, bei dem die Druckkraft weiter über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile (9, 12) gleichförmig ist.

25. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Verfahren den Schritt des Formens des wenigstens einen ersten Windturbinenblattteils (9) und des wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteils (12) um wenigstens einen Fixiertrand (23, 24) auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) herum einschließt.

26. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach Anspruch 25, bei dem der wenigstens eine Fixiertrand (23, 24) auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) oder auf der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) in einem spitzen Winkel hergestellt wird, und der wenigstens eine andere Fixiertrand (23, 24) auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) oder auf der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) im Wesentlichen rechteckig hergestellt wird.

27. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) oder eines Abschnitts eines Windturbinenblatts (5) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem wenigstens eine von der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) eine Form ist, in der die wenigstens einen ersten und zweiten Windturbinenblattteile (9, 12) geformt werden.

28. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung, umfassend wenigstens ein erstes Teil (8), das wenigstens eine erste Fixiereinheit (10) umfasst, die zum Fixieren von wenigstens einem ersten Windturbinenblattteil (9) angepasst ist, wenigstens ein zweites Teil (11), das wenigstens eine zweite Fixiereinheit (13) umfasst, die zum Fixieren

von wenigstens einem zweiten Windturbinenblattteil (12) angepasst ist, und Mittel zum Positionieren des wenigstens einen ersten Teils (8) im Kontakt mit oder in enger Nähe von dem wenigstens einen zweiten Teil (11), dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellungs-Einrichtung weiter Mittel zum Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck umfasst, der das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil (9) und das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil (12) gegeneinander drückt und/oder wenigstens eines von den Windturbinenblattteilen (9, 12) gegen das wenigstens eine andere drückt.

29. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 28, bei der die Einrichtung Mittel zum Positionieren von einem oder mehreren Verstärkungselementen (16) auf dem wenigstens einen ersten Windturbinenblattteil (9) und/oder auf dem wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteil (12) umfasst.

30. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach den Ansprüchen 28 oder 29, bei der das wenigstens eine erste Windturbinenblattteil (9), das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil (12) und ein oder mehrere Verstärkungselemente (16) entsprechende Kontaktflächen (15) umfassen.

31. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 30, bei der sich die Kontaktflächen (15) entlang von einem oder mehreren der Folgenden erstrecken: vorderer Rand (17), hinterer Rand (18), Spitzenrand (19) und Wurzel (20).

32. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 30 oder 31, bei der die Einrichtung Mittel zum Aufbringen eines Klebers auf sämtliche oder einige der Kontaktflächen (15) umfasst.

33. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 32, bei der das wenigstens eine erste Teil (8) und das wenigstens eine zweite Teil (11) wenigstens einen Hohlraum (14a, 14b, 14c, 14d) bilden, wenn sie im Kontakt mit oder in enger Nähe von einander positioniert sind.

34. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 33, bei der die wenigstens eine erste Fixiereinheit (10) und die wenigstens eine zweite Fixiereinheit (13) ganz oder teilweise wenigstens einen Hohlraum (14a, 14b) bilden, wenn sie im Kontakt mit oder in enger Nähe von einander angeordnet sind.

35. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 34, bei der sich der wenigstens eine Hohlraum (14a, 14b) im Wesentlichen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile (9, 12) erstreckt.

36. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 35, bei der der wenigstens eine Hohlraum (14b) aus wenigstens zwei getrennten Hohlräumen (14b) besteht, die sich z.B. entlang von wenigstens einem Stoß (6) von dem vorderen Rand (17) und entlang von wenigstens einem Stoß (6) von dem hinteren Rand (18) der Windturbinenblattteile (9, 12) erstrecken.

37. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 36, bei der die Einrichtung Mittel zum Abdichten des wenigstens einen Hohlraums (14b) umfasst.

38. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 37, bei der die Mittel zum Abdichten einen oder mehrere Stopfen zum Verstopfen von wenigstens einem Ende des wenigstens einen Hohlraums (14b) und wenigstens eine Vakuumpumpe zum direkten oder indirekten Verbinden mit dem wenigstens einen anderen Ende des wenigstens einen Hohlraums (14b) umfassen.

39. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 38, bei der die Hohlräume (14b) in einer Richtung senkrecht zur Längserstreckung der Windturbinenblattteile (9, 12) und parallel zu einer Linie durch den vorderen Rand (17) und den hinteren Rand (18) der Windturbinenblattteile (9, 12) eine Erstreckung von zwischen 10 mm bis 1000 mm, vorzugsweise 50 mm bis 500 mm und am besten zwischen 100 mm bis 350 mm aufweisen.

40. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 39, bei der die Mittel zum Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck imstande sind, im Inneren des wenigstens einen Hohlraums (14b) ein Teilvakuum von zwischen 0,1 bar bis 0,95 bar, vorzugsweise zwischen 0,3 bar bis 0,9 bar und am besten zwischen 0,6 bar bis 0,85 bar zu erzeugen, wobei 0 bar absolutes Vakuum und 1 bar ungefähr Atmosphärendruck ist.

41. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 34 bis 40, bei der die Einrichtung Mittel zum Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck im Inneren des wenigstens einen Hohlraums (14b) umfasst, was zu einer Druckkraft auf der Oberfläche von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen (9, 12) von zwischen 1.000 N bis 10.000.000 N, vorzugsweise zwischen 10.000 N bis 3.000.000 N und am besten 100.000 N bis 1.000.000 N führt.

42. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 34, bei der wenigstens ein Hohlraum (14a) von denjenigen Teilen der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) gebildet wird, die das we-

nigstens eine erste Windturbinenblattteil (9) und das wenigstens eine zweite Windturbinenblattteil (12) umgeben.

43. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 42, bei der die wenigstens eine erste Fixiereinheit (10) und die wenigstens eine zweite Fixiereinheit (13) weiter wenigstens zwei getrennte Hohlräume (14b) bilden, die sich z.B. entlang von wenigstens einem Stoß (6) von dem vorderen Rand (17) und entlang von wenigstens einem Stoß (6) von dem hinteren Rand (18) der Windturbinenblattteile (9, 12) erstrecken.

44. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach den Ansprüchen 42 oder 43, bei der die Mittel zum Erzeugen eines Drucks unter Atmosphärendruck imstande sind, im Inneren des wenigstens einen Hohlraums (14a, 14b) ein Teilvakuum von zwischen 0,1 bar bis 0,995 bar, vorzugsweise zwischen 0,5 bar bis 0,99 bar und am besten zwischen 0,8 bar bis 0,98 bar zu erzeugen, wobei 0 bar absolutes Vakuum ist und 1 bar ungefähr Atmosphärendruck ist.

45. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 42 bis 44, bei der die Einrichtung Mittel umfasst, um im Inneren des wenigstens einen Hohlraums (14a, 14b) einen Druck unter Atmosphärendruck zu erzeugen, der zu einer Druckkraft auf der Oberfläche von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen von zwischen 1.000 N bis 10.000.000 N, vorzugsweise zwischen 10.000 N bis 3.000.000 N und am besten zwischen 100.000 N bis 1.000.000 N führt.

46. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 33, bei der der wenigstens eine Hohlraum (14c, 14d) von dem wenigstens einen ersten Windturbinenblattteil (9) und dem wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteil (12) gebildet wird.

47. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 46, bei der sich der wenigstens eine Hohlraum (14c, 14d) im Wesentlichen über die gesamte Länge von den wenigstens einen Windturbinenblattteilen (9, 12) erstreckt.

48. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 47, bei der der wenigstens eine Hohlraum (14c) in, oder in enger Nähe von, den Kontaktflächen (15) angeordnet ist.

49. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 48, bei der das Mittel zum Bereitstellen eines Drucks unter Atmosphärendruck eine Druckkraft liefert, die ununterbrochen über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile (9, 12) verläuft.

50. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung

nach Anspruch 49, bei der die Druckkraft weiter über die ganze Längserstreckung der Windturbinenblattteile (9, 12) gleichförmig ist.

51. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 50, bei der die wenigstens eine erste Fixiereinheit (10) und die wenigstens eine zweite Fixiereinheit (13) mit wenigstens einem Fixierrand (23, 24) zum Herumformen von wenigstens einem Rand des wenigstens einen ersten Windturbinenblattteils (9) und des wenigstens einen zweiten Windturbinenblattteils (12) versehen ist.

52. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach Anspruch 51, bei der der wenigstens eine Fixierrand (23, 24) auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) oder auf der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) in einem spitzen Winkel hergestellt ist, und der wenigstens eine andere Fixierrand (23, 24) auf der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) oder auf der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) im Wesentlichen rechteckig hergestellt ist.

53. Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 52, bei der wenigstens eine von der wenigstens einen ersten Fixiereinheit (10) und der wenigstens einen zweiten Fixiereinheit (13) eine Form ist, in der die wenigstens einen ersten und zweiten Windturbinenblattteile (9, 12) geformt werden.

54. Verfahren zur Herstellung eines Windturbinenblatts (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 27, bei dem das Windturbinenblatt (5) aus kohlenstofffaserverstärktem Holz, einem Glasfaser- und Harz-Verbundwerkstoff oder einem beliebigen anderen Material hergestellt wird, das sich zur Herstellung von großen Windturbinenblättern (5) eignet.

55. Verwendung einer Windturbinenblatt-Herstellungseinrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 53, wobei das Windturbinenblatt (5) aus kohlenstofffaserverstärktem Holz, einem Glasfaser- und Harz-Verbundwerkstoff oder einem beliebigen anderen Material hergestellt wird, das sich zur Herstellung von großen Windturbinenblättern (5) eignet.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

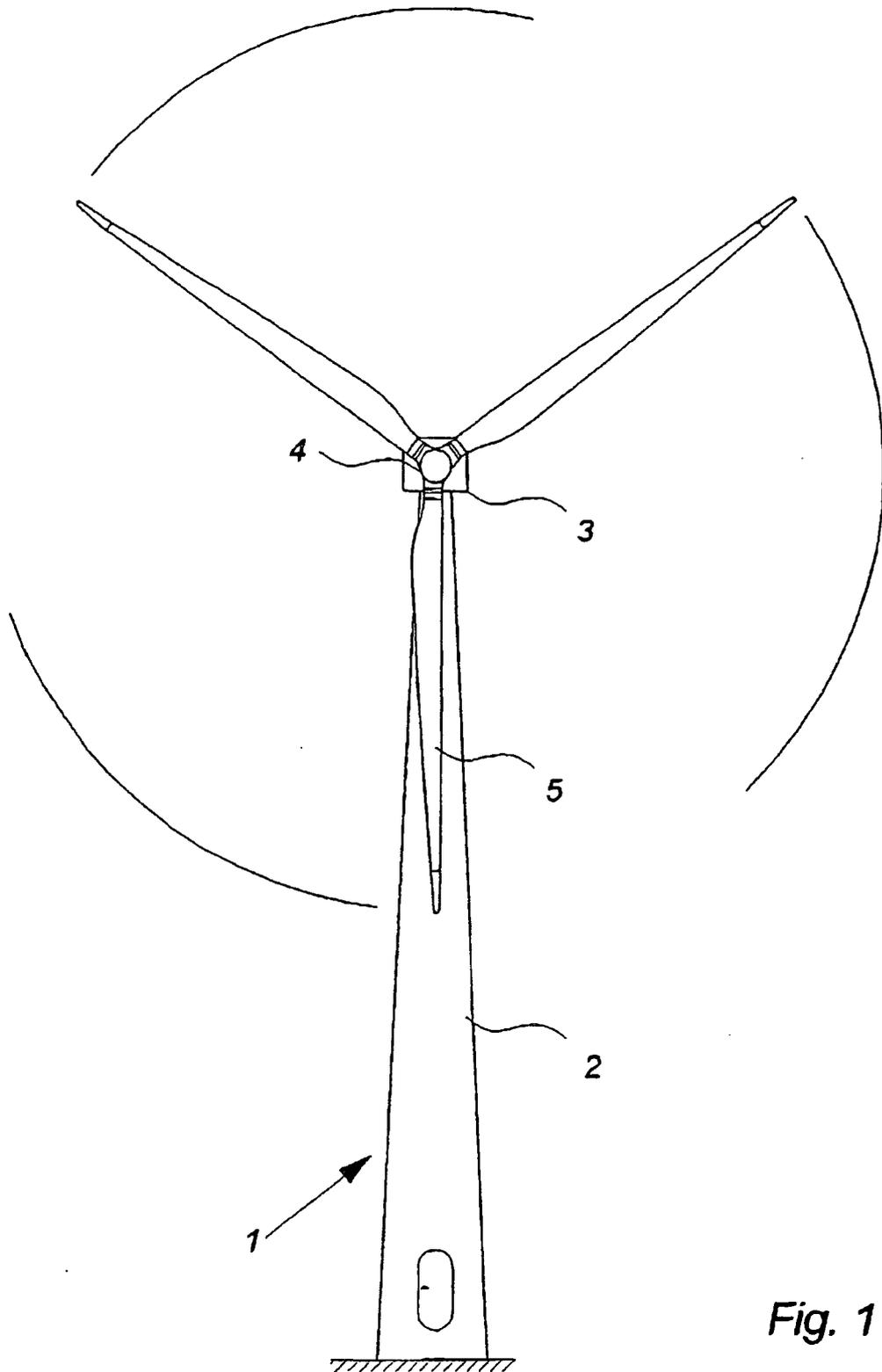
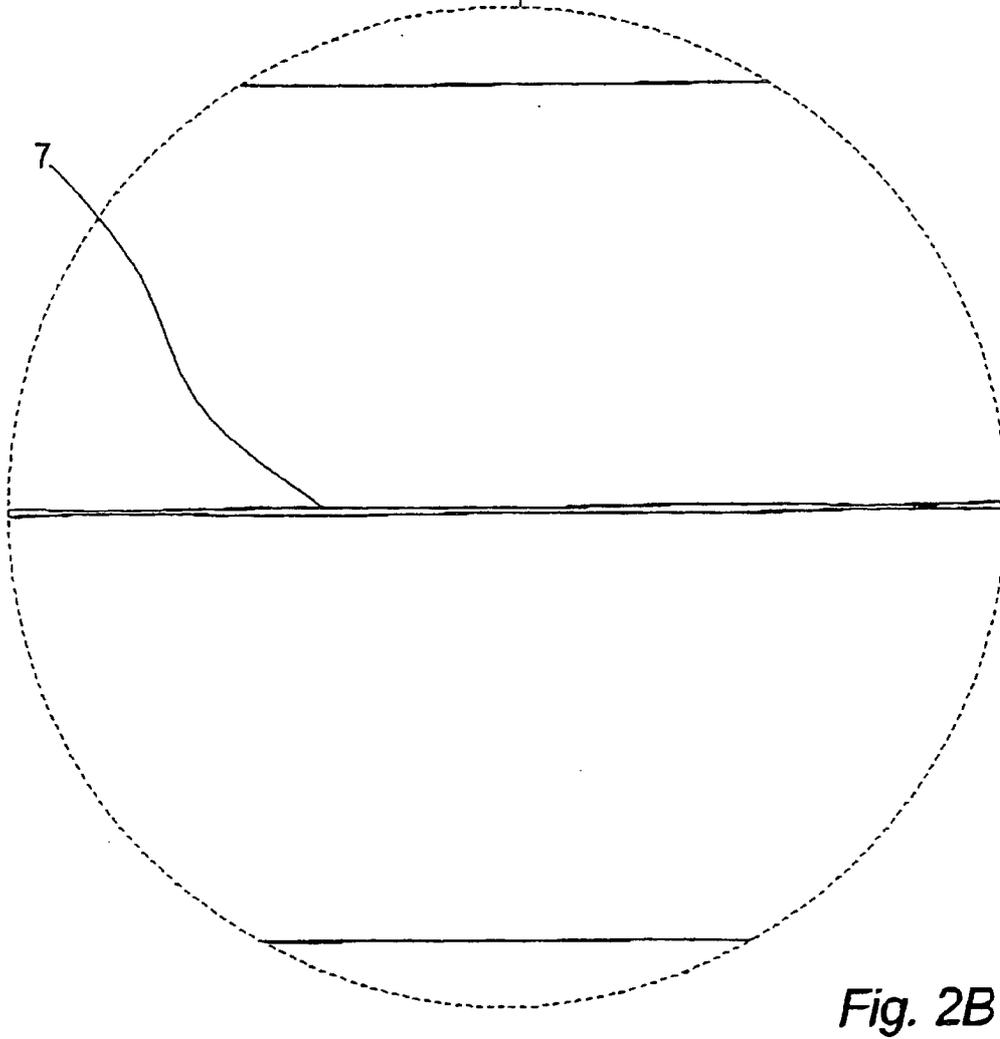
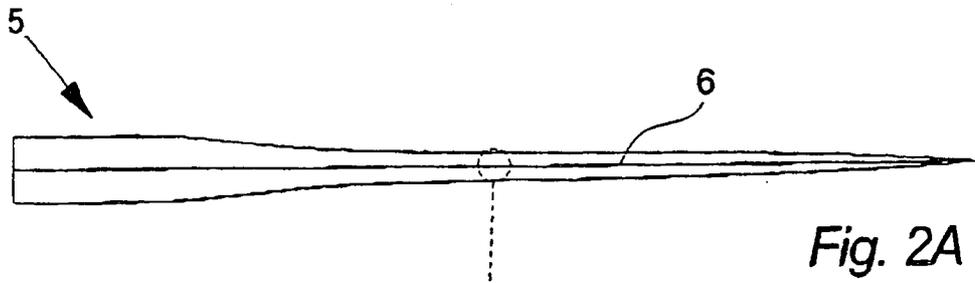


Fig. 1



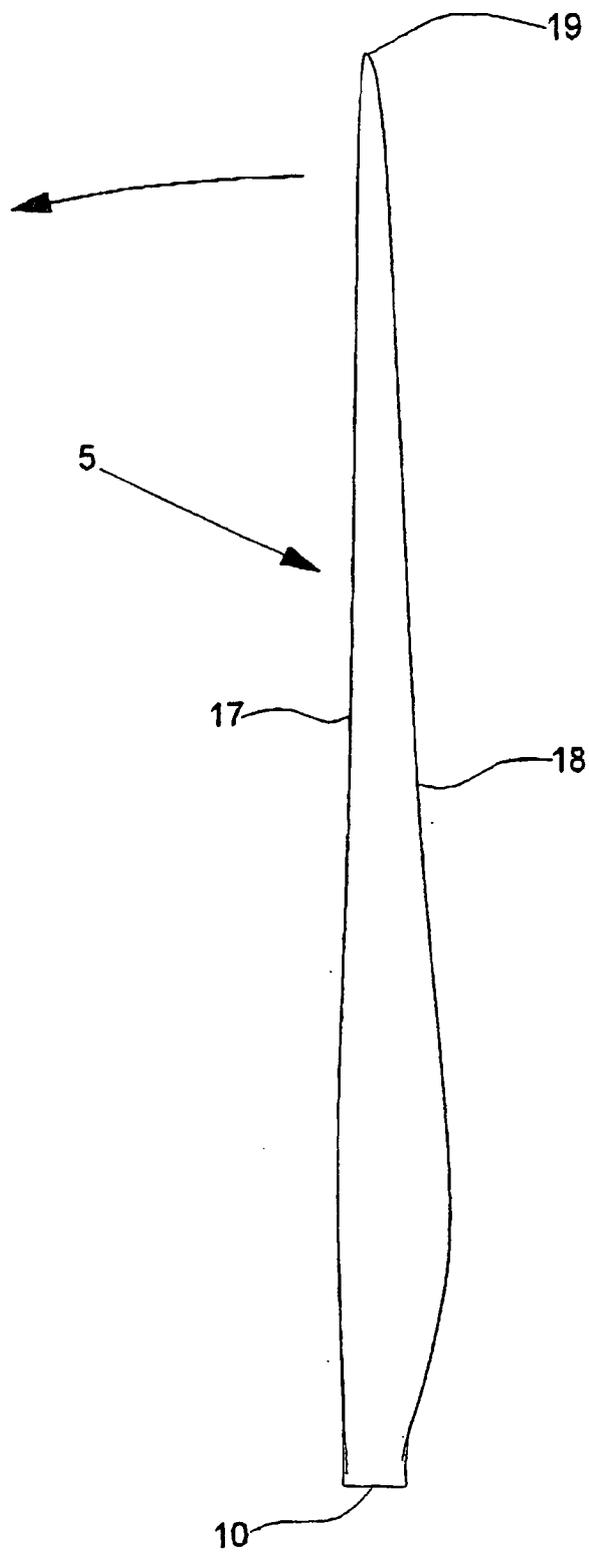


Fig. 3

