

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/194545 A1

WO 2017/194545 A1

Windenergieanlagen-Rotorblatt, und Windenergieanlagen mit selbigem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Windenergieanlagen-Rotorblatt mit einer Blattwurzel und einer Blattspitze, einem blattwurzelseitig angeordneten Flansch zur Befestigung des Rotorblatts an der Rotornabe, und einem Pitchlager zum Verstellen des Anstellwinkels des Rotorblatts und zur Aufnahme der Blattlasten.

- 5 Die Erfindung betrifft ferner eine Windenergieanlage mit einem Generator, vorzugsweise Synchrongenerator, einer Rotornabe, die mit dem Generator zu dessen Antrieb gekoppelt ist, und einem oder mehreren an der Rotornabe befestigten Rotorblättern zum Antrieb der Rotornabe.

- 10 Rotorblätter bzw. Rotorblattanordnungen der vorstehend bezeichneten Art sind allgemein bekannt. Unter der Blattlast werden die durch das Eigengewicht der Rotorblätter und durch die einwirkende Windlast verursachten Kräfte verstanden. Bei bekannten Rotorblattanordnungen sind üblicherweise die Pitchlager direkt an der Blattwurzel angeordnet, wobei das Pitchlager mit einem ersten Lagerring entweder direkt oder über einen Flansch mit der Rotornabe verbunden wird, und auf der anderen Seite mit einem
15 zweiten Lagerring mit dem Rotorblatt verbunden wird. Entweder über die Außenseite oder Innenseite des Pitchlagers, oder über ein weiteres Glied, wird das gesamte Rotorblatt direkt am Pitchlager hinsichtlich seines Anstellwinkels zum Wind verstellt.

Moderne Windenergieanlagen werden immer größer. Blattlängen gängiger Rotorblätter übersteigen mittlerweile deutlich die 50 Meter-Marke. Aufgrund der damit einhergehenden hohen Massen und aufgrund der hohen einwirkenden Kräfte auf die Rotorblätter sind auch die Pitchlager entsprechend hohen Lasten ausgesetzt. Dies umfasst sowohl radiale Kräfte, axiale Kräfte als auch Kippmomente. Hierdurch wird eine hohe Lagerreibung erzeugt. Zum Antrieb der Pitchbewegung sind aufgrund der hohen Reibung und der hohen Massen und abzufedernden Belastungen hohe Antriebskräfte notwendig.

Auch wird beobachtet, dass die Anbindung der Rotorblätter an die Rotornabe mit hohen Kosten verbunden ist, da für einen präzisen Sitz des Rotorblatts an der Nabe letztere präzise bearbeitet werden muss, was sich aufgrund der hohen Bauteilkomplexität der Rotornabe bisweilen als schwierig darstellt.

Ein weiteres Problem, das allgemein mit großen Windenergieanlagen einhergeht, ist der notwendige Freigang, also der horizontale Abstand zwischen der Rotationsebene der Rotorblätter und der Turmoberfläche der Windenergieanlagentürme. Da die meisten Türme abschnittsweise leicht konisch ausgebildet sind, ist die maximale Rotorblattlänge begrenzt.

Aufgrund der vorstehenden Erkenntnisse besteht Bedarf für Verbesserungen der bekannten Rotorblätter.

Der Erfindung lag demzufolge die Aufgabe zugrunde, die im Stand der Technik aufgefundenen, vorstehend benannten Nachteile möglichst weitgehend zu beheben. Insbesondere lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Rotorblattanordnung hinsichtlich der Pitchlagerbelastung zu verbessern, und ferner insbesondere eine Kostensenkung für die Rotorblattanordnungen und für die Windenergieanlagen mit solchen Rotorblattanordnungen insgesamt zu ermöglichen.

Die Erfindung löst die ihr zugrunde liegende Aufgabe bei einem Windenergieanlagen-Rotorblatt der eingangs bezeichneten Art, indem das Rotorblatt einen Träger aufweist, an welchem der Flansch ausgebildet ist, wobei das Pitchlager an dem Träger befestigt und von dem Flansch in Richtung der Blattspitze beabstandet ist. Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die auf das Pitchlager infolge der Windkraft wirkenden Kippmomente eine Hauptursache für auftretenden Lagerverschleiß sowie Lagerreibung und somit für die Notwendigkeit groß dimensionierter Pitchlager und Pitchantriebe sind. Diesem Ansatz

folgend zielt die Erfindung darauf ab, das auf das Pitchlager wirkende resultierende Kippmoment zu reduzieren. Die Erfindung erreicht dieses Ziel, indem das Pitchlager in Richtung der Blattspitze von dem Flansch beabstandet ist. Hierdurch wirken im Wesentlichen zwei Flächenmomente auf das Pitchlager; zum einen ein Flächenmoment, welches auf die Flächenkraft zurückzuführen ist, die sich vom Pitchlager aus in Richtung der Blattspitze erstreckt. Zum anderen wirkt auf das Pitchlager ein Gegenmoment in die andere Richtung, welches auf die Flächenkraft zwischen dem Pitchlager und der Blattwurzel zurückzuführen ist. Die beiden Momente kompensieren sich teilweise, so dass das resultierende Kippmoment, welches auf das Pitchlager einwirkt, im Vergleich zu konventionellen Lösungen, bei denen das Pitchlager am inneren Ende, blattwurzelseitig am Rotorblatt angeordnet ist, deutlich reduziert wird. Dies bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Es können aufgrund der geringeren resultierenden Kippmomente kleiner dimensionierte Pitchlager verwendet werden, was das Gewicht der vom Windenergieanlagenturm getragenen Gondel samt Rotorblättern reduziert. Aufgrund der kleineren Pitchlagergrößen müssen geringerer Lagerdrehwiderstand (Lagerreibung) und geringere Massen zum Verstellen des Anstellwinkels bewegt werden, wodurch auch kleiner dimensionierte Pitchantriebe verwendet werden können. Dies führt insgesamt zu einer Kostensenkung in der Fertigung und Anschaffung erfindungsgemäßer Windenergieanlagen-Rotorblätter und Windenergieanlagen.

Erfindungsgemäß weist der Träger zwischen dem Pitchlager und dem Flansch eine zu der Pitchachse derart abgewinkelte Trägerachse auf, dass die Pitchachse in einer Windenergieanlage montiertem Zustand des Rotorblatts weiter von einer Turmachse der Windenergieanlage beabstandet ist als der Flansch. Man kann davon sprechen, dass das Rotorblatt in einer solchen Ausführungsform in der Pitchebene einen Knick aufweist. Die Außenstruktur ragt infolge des Knicks weiter nach vorne von der Gondel vor, als es ein konventionelles Rotorblatt mit einem Konuswinkel an der Blattlagerebene tun würde. Hierdurch wird der Freigang zwischen den Rotorblättern und dem Turm der Windenergieanlage erhöht, was die Verwendung längerer Rotorblätter als bislang bekannt ermöglicht. Der Winkel zwischen der Pitchachse und der Trägerachse liegt vorzugsweise in einem Bereich von 1° bis 15° , weiter vorzugsweise in einem Bereich von 2° bis 10° und besonders bevorzugt in einem Bereich von 3° bis 5° .

Unter dem Träger wird erfindungsgemäß ein Strukturbauteil verstanden, welches beispielsweise zapfenförmig oder schaftförmig ausgebildet ist und vorzugsweise einen

wenigstens abschnittsweise polygonalen oder zylindrischen Querschnitt aufweist. Vorzugsweise ist der Träger wenigstens abschnittsweise kegelstumpfförmig ausgebildet.

Wenn im Rahmen der Erfindung von einem Abstand zwischen Flansch und Pitchlager gesprochen wird, so ist hierunter ein Abstand im Bereich von 0,5 m oder mehr zu verstehen. In bevorzugten Ausführungen beträgt der Abstand 5m oder mehr, besonders bevorzugt 10m oder mehr. Die Erfindung wird dadurch vorteilhaft weitergebildet, dass das Rotorblatt ferner eine Außenstruktur aufweist, an welcher die vom Wind umströmte aerodynamische Blattoberfläche ausgebildet ist, wobei die Außenstruktur mittels des Pitchlagers um eine Pitchachse drehbar an dem Träger gelagert ist. Dies ermöglicht es, den nicht bewegten, statisch an der Rotornabe befestigten Träger vollständig auf Stabilität hin auszulegen, da die aerodynamische Funktion vornehmlich von der Außenstruktur getragen wird. In Abhängigkeit der verwendeten Lagerung werden die Lasten in den Träger eingeleitet und in die Nabe weitergeleitet. Somit werden die Lasten auch von dem Träger getragen.

Alternativ oder zusätzlich kann aber auch der Träger an seiner Außenfläche aerodynamisch ausgebildet sein, sofern er im Betrieb vom Wind umströmt wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das Pitchlager ein einziges Lager auf, welches Axial-, Radial- und Biegebelastungen zwischen Außenstruktur und Träger aufnimmt. Ein solches Lager ist vorzugsweise als Momentenlager, oder als, insbesondere mehrreihiges, Vierpunktlager ausgebildet.

In einer alternativen bevorzugten Ausgestaltung weist das Pitchlager ein erstes Lager auf, welches zumindest Axialbelastungen, vorzugsweise zumindest Axialbelastungen und Radialbelastungen, besonders bevorzugt Axial-, Radialbelastungen und Kippmomente aufnimmt, und zusätzlich ein zweites Lager als Stützlager aufweist, welches Radiallasten aufnimmt. In Abhängigkeit des Lagerungskonzepts ist das zweite Lager, insbesondere bei einer Fest-Los-Lager-Lösung sowie bei einer Stützlagerung (O-Anordnung oder X-Anordnung) dazu eingerichtet, sowohl radiale als auch axiale Lasten aufzunehmen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das zweite Lager als Gleitfläche zur Aufnahme der radialen Lasten ausgebildet. Die Gleitfläche wird vorzugsweise an dem Träger und/oder an dem Blatt ausgebildet, beispielsweise durch die jeweilige Anbringung eines Streifens aus einer Kupferlegierung oder einem Weißmetall. Die mittlere Rauheit R_a der Gleitfläche liegt vorzugsweise in einem Bereich von $(R_a \leq 1,0 \text{ } \mu\text{m})$, bestimmt

beispielsweise nach ISO 25178:2009. In einer solchen Ausführungsform ist das erste Lager vorzugsweise ein Momentenlager oder Vierpunktlager, oder alternativ eine konventionelle Festlagerung oder Kombination aus Fest- und Loslagerung, während das zweite Lager als Stützlager beispielsweise ein Radiallager sein kann.

- 5 Wenn vorstehend von Ausführungsformen mit erstem und zweitem Lager gesprochen wird, ist das erste Lager dasjenige, welches von dem Flansch wie vorstehend definiert beabstandet ist. Das zweite Lager ist näher an der Blattwurzel angeordnet als das erste Lager. Vorzugsweise ist das zweite Lager in einem Abstand von weniger als 0,5m zu der Flanschebene angeordnet, besonders bevorzugt unmittelbar in der Flanschebene.
- 10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Rotorblatt eine Pitchebene auf, die in Richtung der Blattspitze von der Blattwurzel beabstandet ist, und das Rotorblatt entlang der Pitchebene in einen ungepitchten und einen gepitchten Teil unterteilt. Diese Ausführungsform erlaubt es einerseits, den Träger und die Außenstruktur nebeneinander anzuordnen, wobei der Träger, bezogen auf die Umlaufbewegung der Rotorblätter an der
- 15 Windenergieanlage radial innen, nabenseitig, angeordnet ist, und an ihm radial außerhalb davon die Außenstruktur über das Pitchlager montiert wird.

- In einer ersten bevorzugten Ausführungsform ist die Außenstruktur mit einem Innenring des Pitchlagers gekoppelt. In dieser Ausführung kann beispielsweise ein Wellenende an
- 20 der Außenstruktur befestigt sein, das von dem Pitchlager aufgenommen und innerhalb des Trägers gelagert wird. Das Wellenende wird vorzugsweise direkt oder mittels des Innenrings des Pitchlagers zum Verstellen des Pitchwinkels der Außenstruktur von einem motorischen Pitchantrieb angetrieben. Der Träger ist in dieser Ausgestaltung ein Hohlkörper, in den das Wellenende eingreift, und weist vorzugsweise einen Teil der
- 25 äußeren Oberfläche des Rotorblattes auf.

- In einer zweiten alternativen Ausführung ist die Außenstruktur mit einem Außenring des Pitchlagers gekoppelt. Diese Ausgestaltung ermöglicht es, zwischen der Außenstruktur und dem Träger einen Überlappungsbereich auszubilden, in dem der Träger innerhalb
- 30 der Außenstruktur angeordnet ist. In einer solchen Ausführungsform definiert das der Blattwurzel zugewandte Ende des Überlappungsbereichs dann die Pitchebene. In dem Überlappungsbereich ist die Außenstruktur quasi wie ein Gehäuse über den Träger gelegt und verdeckt diesen. Der Überlappungsbereich kann sich im Wesentlichen bis zur Blattwurzel hin erstrecken, wobei in einer solchen Ausführungsform das Blatt von außen
- 35 betrachtet wie ein konventionelles, an der Blattwurzel gepitchtes Lager funktioniert,

tatsächlich aber aufgrund der Momenten-Ausbalancierung deutlich geringere Reibung und somit geringere Pitchkräfte erfordert. Diese Ausführungsform hat noch einen weiteren Vorteil: Wenn der Träger ausreichend dimensioniert ist, dass er begehbar wird, kann das Rotorblatt zumindest bis zur Pitchebene von innen in montiertem Zustand
5 begangen werden. Aufgrund der Leichtbauweise ist dies bei konventionellen Rotorblättern, die häufig aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt sind, nicht immer möglich. Der Träger allerdings schirmt die mechanische Belastung, die durch ein Begehen verursacht würde, von der leichtgewichtig ausgelegten Außenstruktur ab.

10 Vorzugsweise ist die Außenstruktur mehrteilig ausgebildet und weist einen ersten Teil auf, der sich von dem Pitchlager, insbesondere dem ersten Lager des Pitchlagers, bis zur Blattspitze erstreckt, sowie einen zweiten Teil, der sich von dem Pitchlager, insbesondere dem ersten Lager des Pitchlagers, bis zu der Pitchebene erstreckt. Besonders bevorzugt sind der erste Teil und der zweite Teil der Außenstruktur mittels eines drehenden Rings,
15 insbesondere des Außenrings, des (ersten) Pitchlagers miteinander verbunden, beispielsweise indem sie an gegenüberliegenden Stirnseiten des Außenrings des Pitchlagers an dem Pitchlager befestigt sind. Besonders bevorzugt erstreckt sich der zweite Teil der Außenstruktur bis in die Nähe der Flanschebene.

20 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Rotorblatt eine nicht gepitchte Blattverkleidung auf, die sich zwischen der Blattwurzel und der Außenstruktur im wesentlichen bis zur Pitchebene erstreckt, insbesondere angrenzend an den Überlappungsbereich.

25 Eine solche Blattverkleidung kann vorzugsweise ebenfalls aerodynamisch optimiert ausgebildet sein, um für einen bestimmten Anström-Winkelbereich in montiertem Zustand des Rotorblatts einen möglichst verringerten Strömungswiderstand und möglichst wenig Turbulenzbildung zu gewährleisten. Die Blattverkleidung könnte auch strukturell mit dem Träger verbunden sein oder einteilig mit diesem ausgebildet.

30

Die Erfindung löst ferner die ihr zugrunde liegende Aufgabe bei einer Windenergieanlage der eingangs bezeichneten Art, indem die Rotorblätter nach einer der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen ausgebildet sind. Aufgrund der geringeren Belastungen der Pitchlager und der Pitchantriebe ist eine zuverlässige
35 Betriebsweise bei gleichzeitig reduzierten Kosten der Windenergieanlagen zu erwarten. Hinsichtlich der weiteren Vorteile und bevorzugten Ausführungen der erfindungsgemäßen

Windenergieanlagen wird auf die vorstehend Ausführungen zu den Rotorblättern verwiesen.

Die Windenergieanlage gemäß der Erfindung wird vorzugsweise weitergebildet, indem
5 jedem Rotorblatt ein Pitchantrieb mit einem Antriebsritzel zugeordnet ist, welches in eine Verzahnung eingreift.

Die Verzahnung ist vorzugsweise an der Außenstruktur oder einem an der Außenstruktur vorgesehenen Wellenende, oder unmittelbar an dem bewegten Lagerring des Lagers
10 beziehungsweise eines der Lager des Pitchlagers angeordnet. Vorzugsweise ist die Verzahnung an den Lagerring angeformt.

Die Verzahnung ist vorzugsweise entlang eines Winkelbereichs zwischen 60° und 270° ausgebildet, vorzugsweise zwischen 90° und 180° .

15 Weiter vorzugsweise weist die Verzahnung mehrere aneinandergereihte Segmente auf, die gemeinsam den vorstehenden Winkelbereich abdecken.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter
20 Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Figur 1 eine schematische Windenergieanlage in einem ersten Ausführungsbeispiel,

Figur 2a eine Teildarstellung der Windenergieanlage gemäß Figur 1 mit einem Rotorblatt gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

25 Figur 2b eine Teildarstellung der Windenergieanlage gemäß Figur 1 mit einem Rotorblatt gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Figur 3 eine erfindungsgemäße Windenergieanlage gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel mit einem erfindungsgemäßen Rotorblatt.

Figur 1 zeigt eine Windenergieanlage 100 mit einem Turm 102 und einer Gondel 104. An
30 der Gondel 104 ist eine Rotornabe 106 mit drei Rotorblättern 1 und einem Spinner 110 angeordnet. Der Rotor 106 wird in Betrieb durch den Wind in eine Drehbewegung versetzt und treibt dadurch einen Generator in der Gondel 104 an.

Figur 2a zeigt das Rotorblatt 1 gemäß Figur 1 in einer schematischen Teilschnittansicht. Das Rotorblatt 1 weist eine Blattwurzel 3 und eine Blattspitze 5 auf. Am blattwurzelseitigen Ende weist das Rotorblatt 1 einen Flansch 7 zur Befestigung an der Rotornabe 106 auf.

- 5 Das Rotorblatt 1 weist ein Pitchlager 9a auf. Das Pitchlager 9a ist in einem Abstand A_1 zu dem Flansch 7 beabstandet. Das Pitchlager 9a ist vorzugsweise als Momenten- oder (mehrruhiges) Vierpunktlager ausgebildet. Das Pitchlager 9a ist von einem Träger 11 mit einem inneren Lagerring befestigt. Der Träger 11 weist den Flansch 7 auf und ist fest an der Rotornabe 106 verankert. An seinem Außenring ist das Pitchlager 9a mit einer
- 10 Außenstruktur 13 fest verbunden, so dass die Außenstruktur 13 relativ zu dem Träger 11 mittels des Pitchlagers 9a drehbar gelagert ist. Das Pitchlager 9a definiert eine Pitchachse P, um die das Rotorblatt 1 bzw. dessen Außenstruktur 13 um den Winkel β im Anstellwinkel verstellbar ist.

- In einer bevorzugten Alternative weist die Pitchlagerung zusätzlich ein Stützlager 9b auf, welches in einem Abstand A_2 zum Flansch 7 am Träger 11 angeordnet ist, und die
- 15 Außenstruktur 13 zusätzlich abstützt.

- Die Außenstruktur 13 ist vorzugsweise als ein homogenes Teil ausgebildet, bei dem sich im Bereich 13b ein Überlappungsbereich zwischen dem Träger 11 und der Außenstruktur 13 ergibt. In einer bevorzugten Alternative ist die Außenstruktur 13 mehrteilig ausgebildet und weist einen ersten Teil 13a und einen zweiten Teil 13b auf, die entweder miteinander
- 20 oder jeweils mittels des Lagers 9a miteinander gekoppelt sind.

- Im Bereich einer Überlappung zwischen der Außenstruktur 13 und dem Träger 11 wandert die Pitchebene soweit in Richtung des Flansches 7 zur Blattwurzel 3 hin, wie die Überlappung ausgestaltet ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Figur 2a wäre die
- 25 Pitchebene bei einer angenommenen homogenen Außenstruktur 13, in der die Bereiche 13a und 13b rotieren, an der durch E_2 gekennzeichneten Stelle.

- Die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Pitchlagerung wird nachfolgend unter der Annahme erläutert, dass die Pitchlagerung ausschließlich das Pitchlager 9a aufweist: Auf das Rotorblatt wirkt einerseits im Bereich 13a der Außenstruktur die Kraft F_2 ein, und im
- 30 Bereich 13b die Kraft F_1 . Die Kraft F_1 hat einen Hebelarm l_1 zum Pitchlager 9a, während die Kraft F_2 einen Hebelarm l_2 zum Pitchlager 9a aufweist. Das resultierende Kippmoment M ergibt sich nach der Gleichung $M = F_2 \times l_2 - F_1 \times l_1$. Im Vergleich dazu wäre

das resultierende Kippmoment deutlich größer, wenn die Pitchlagerung direkt am Flansch 7 angeordnet wäre: Dann ergäbe sich das Moment aus der Summe der Kraft F_1 mal ihrem Abstand zum Flansch und der Summe F_2 mal ihrem Abstand zum Flansch 7. Es ist unmittelbar einleuchtend, dass jenes resultierende Moment um ein Windenergieanlage
5 Vielfaches größer wäre als das erfindungsgemäße resultierende Kippmoment.

Die Stabilität des Rotorblatts 1 wird durch die Verwendung des zusätzlichen Pitchlagers 9b zusätzlich verbessert.

Figur 2b zeigt eine zu Figur 2a alternative Ausgestaltung eines Rotorblattes 1' für eine Windenergieanlage 100'. In jener Ausführungsform, in der nur der Bereich 13a als
10 Außenstruktur fungiert, ist der Träger 11 nicht innenliegend, sondern außenliegend als Hohlkörper ausgebildet und fungiert vorzugsweise außen als Blattverkleidung 16 zwischen der Pitchebene E und der Blattwurzel. Die Außenstruktur 13a weist ein Wellenende 14 auf, welches drehbar in dem Träger 11 gelagert ist. Der Bereich 13a ist der gepitchte Teil des Rotorblattes, während zwischen Pitchebene E und dem Flansch 7
15 ein nicht gepitchter Teil 13c ausgebildet ist.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Figuren 2a,b entspricht die Pitchachse P in etwa einer Längsachse des Rotorblatts, die sich von der Mitte der Blattwurzel 3 bis zur Mitte der Blattspitze 5 hin erstreckt.

In dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel verhält sich dies etwas anders. In Figur
20 3 ist ebenfalls eine erfindungsgemäße Windenergieanlage 100'' dargestellt, allerdings mit einem von der Darstellung gemäß Figur 2 abweichenden Rotorblatt 1''. Das Rotorblatt 1'' weist ebenfalls eine Blattwurzel 3 und eine Blattspitze 5 auf. Ein Flansch 7 ist an einem Träger 11 ausgebildet und mit der Rotornabe 106 verbunden. Die Außenstruktur 13 des Rotorblattes 1'' ist ebenfalls um einen Winkel β um die Pitchachse P verstellbar. Das
25 Rotorblatt 1'' ist durch die (nicht dargestellte) Pitchlagerung in einer Pitchebene E in einen nicht gepitchten Teil 13a, und einen gepitchten Teil 13c unterteilt, wobei aufgrund der nichtvorhandenen Überlappung der nicht gepitchte Teil durch den Träger 11 charakterisiert wird, und der gepitchte Teil durch die Außenstruktur 13.

Der wesentliche Unterschied zu der Darstellung gemäß Figur 2 ist derjenige, dass der
30 Träger 11, der eine Trägerachse Z aufweist, mit der Trägerachse Z um einen Winkel α relativ zu der Pitchachse P abgewinkelt ist, so dass die Außenstruktur 13 und die Pitchachse P weiter von einer vertikalen Achse T des Turms 102 der Windenergieanlage

100' beabstandet sind als der Flansch 7 am blattwurzelseitigen Ende des Rotorblatts 1". Durch diesen Winkel α werden die Rotorblätter 1" von der vertikalen Achse T des Turms 102 der Windenergieanlage 100' weiter abgerückt, wodurch der Turmfreigang F bei gleichbleibender Rotorblattlänge erhöht, bzw. das Rotorblatt 1" bis zum Erreichen eines minimal vorgeschriebenen Turmfreigangs länger ausgeführt werden kann. Zudem wird
5 durch die erfindungsgemäße Bauform eine sehr kompakte Gondel- bzw. Maschinenhausgröße erreicht, angedeutet durch Bezugszeichen 104'.

Aus den vorstehenden Erörterungen ergibt sich, dass unter Befolgung der erfindungsgemäßen Aspekte eine in ihrer Funktion Belastungssituation verbesserte
10 Windenergieanlage erreicht werden kann.

Ansprüche

1. Windenergieanlagen-Rotorblatt (1, 1', 1''), mit
einer Blattwurzel und einer Blattspitze (5),
einem blattwurzelseitig angeordneten Flansch (7) zur Befestigung des Rotorblatts
5 an einer Rotornabe einer Windenergieanlage, und
einem Pitchlager (9b, 9a), zum Verstellen des Anstellwinkels (β) des Rotorblatts,
dadurch gekennzeichnet, dass das Rotorblatt einen ungepitchten Träger (11)
aufweist, an welchem der Flansch (7) ausgebildet ist, wobei das Pitchlager (9b, 9a)
an dem Träger (11) befestigt und von dem Flansch (7) in Richtung der Blattspitze
10 (5) beabstandet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Träger (11) zwischen dem Pitchlager (9a, b)
und dem Flansch (11) einen zu der Pitchachse (P) derart abgewinkelten Abschnitt
aufweist, dass die Pitchachse (P) in an der Windenergieanlage montiertem
Zustand des Rotorblatts weiter von einer Turmachse (T) der Windenergieanlage
15 (100') beabstandet ist als der Flansch (7).
2. Rotorblatt (1, 1', 1'') nach Anspruch 1,
wobei das Rotorblatt ferner eine Außenstruktur (13) aufweist, an welcher die vom
Wind umströmte aerodynamische Blattoberfläche ausgebildet ist, und die
20 Außenstruktur mittels des Pitchlagers (9a, 9b) um eine Pitchachse (P) drehbar an
dem Träger (11) gelagert ist.
3. Rotorblatt (1, 1', 1'') nach Anspruch 2,
wobei das Pitchlager ein einziges Lager (9a) aufweist, welches Axialbelastungen,
25 Radialbelastungen und Kippmomente zwischen Außenstruktur (13) und Träger
(11) aufnimmt.
4. Rotorblatt (1, 1', 1'') nach Anspruch 1 oder 2,
wobei das Pitchlager ein erstes Lager (9a) aufweist, welches zumindest
30 Axialbelastungen, vorzugsweise Axialbelastungen und Radialbelastungen,
besonders bevorzugt Axialbelastungen, Radialbelastungen und Kippmomente,
aufnimmt und zusätzlich ein zweites Lager (9b) als Stützlager aufweist, welches
zumindest Radiallasten aufnimmt.
- 35 5. Rotorblatt (1, 1', 1'') nach Anspruch 4,

wobei das erste Lager (9a) weiter von dem Flansch beabstandet ist als das zweite Lager (9b).

6. Rotorblatt (1, 1', 1'') nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
5 wobei das Rotorblatt eine Pitchebene (E, E₂) aufweist, die in Richtung der Blattspitze (5) von der Blattwurzel (3) beabstandet ist, und das Rotorblatt entlang der Pitchebene in einen ungepitchten Teil (13c) und einen gepitchten Teil (13a) unterteilt.

10 7. Rotorblatt (1, 1') nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei zwischen der Außenstruktur (13a) und dem Träger (11) ein Überlappungsbereich (13b) ausgebildet ist.

8. Rotorblatt nach Anspruch 7,
15 wobei an der Außenstruktur (13a) ein Wellenende (14) angeordnet ist, welches drehbar mittels des Pitchlagers (9a) in dem Träger (11) gelagert ist.

9. Rotorblatt nach Anspruch 7,
wobei der Träger (11) innerhalb der Außenstruktur (13a) angeordnet ist.

20

10. Rotorblatt (1') nach einem der vorstehenden Ansprüche, insbesondere nach Anspruch 9,
mit einer Blattverkleidung (16), die sich zwischen der Blattwurzel (3) und der Außenstruktur (13a) im wesentlichen bis zur Pitchebene (E) erstreckt.

25

11. Windenergieanlage (100, 100', 100''), mit
einem Generator, vorzugsweise einem Synchrongenerator, einer Rotornabe (10b),
die mit dem Generator zu dessen Antrieb gekoppelt ist, und einem oder mehreren
an der Rotornabe (10b) befestigten Rotorblättern (1, 1') zum Antrieb der Rotornabe
30 (10b),
dadurch gekennzeichnet, dass die Rotorblätter (1, 1') nach einem der vorstehenden Ansprüche ausgebildet sind.

12. Windenergieanlage (100, 100', 100'') nach Anspruch 11,
35 wobei jedem Rotorblatt (1, 1', 1'') ein Pitchantrieb mit einem Antriebsritzel zugeordnet ist, welches in eine Verzahnung eingreift.

13. Windenergieanlage (100, 100', 100'') nach Anspruch 12, wobei die Verzahnung an der Außenstruktur oder einem an der Außenstruktur vorgesehenen Wellenende, oder unmittelbar an dem Pitchlager angeordnet, vorzugsweise an einen Lagerring des Pitchlagers angeformt ist.

5

14. Windenergieanlage (100, 100', 100'') nach Anspruch 12 oder 13, wobei die Verzahnung entlang eines Winkelbereichs zwischen 60° und 270° ausgebildet ist, vorzugsweise zwischen 90° und 180°.

10 15. Windenergieanlage (100, 100', 100'') nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei die Verzahnung mehrere aneinandergereihte Segmente aufweist.

1/4

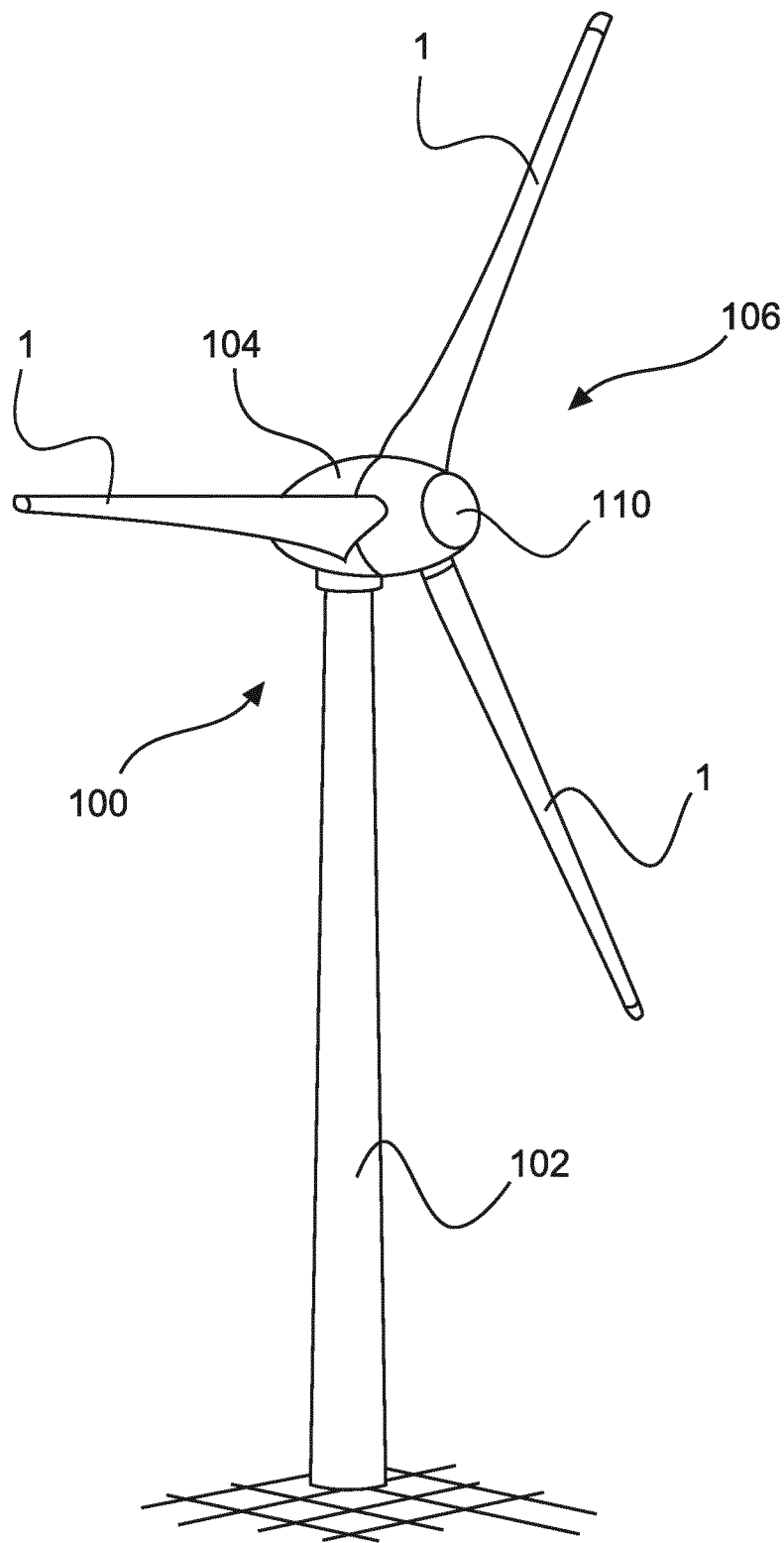
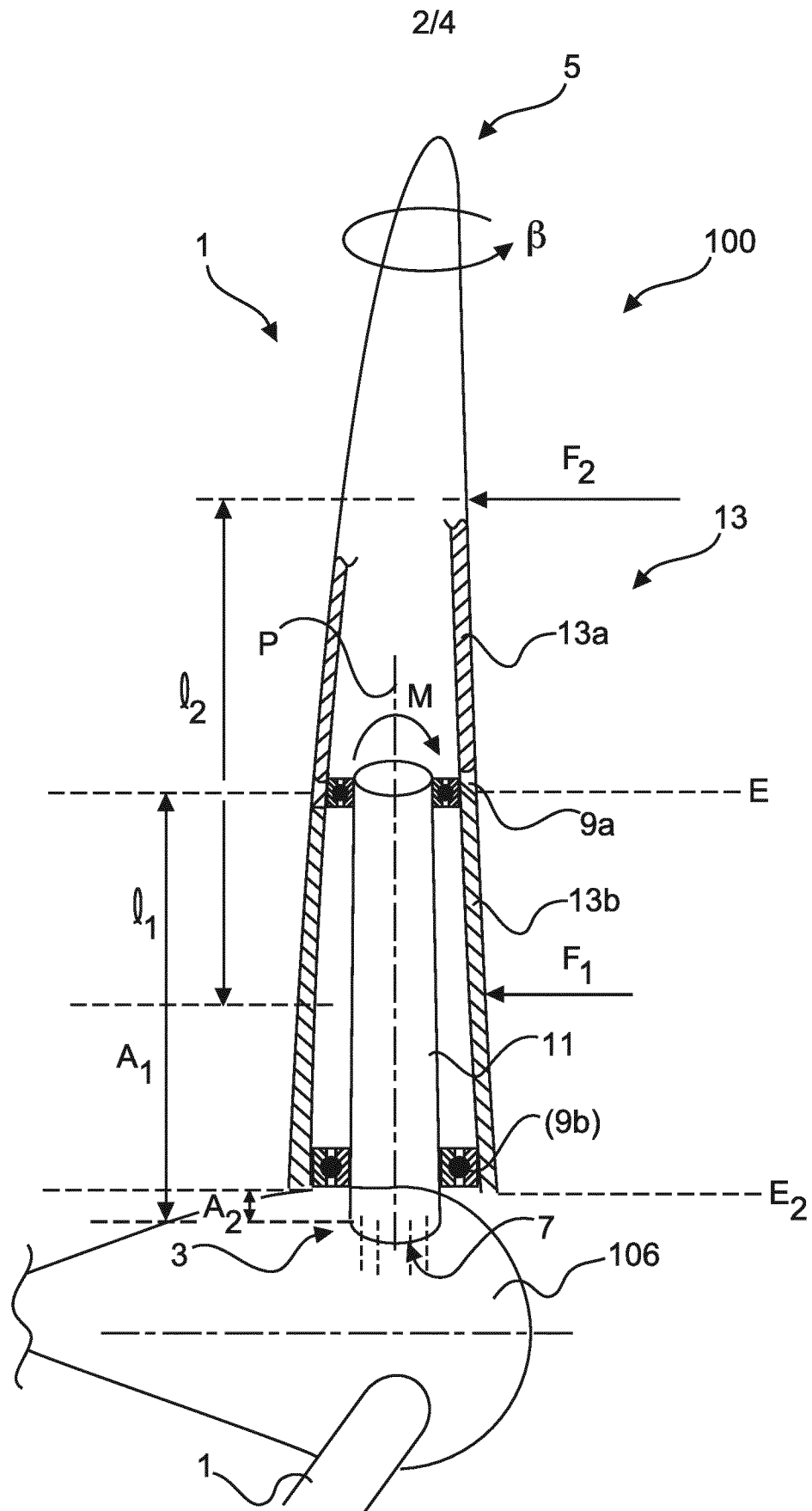


Fig. 1



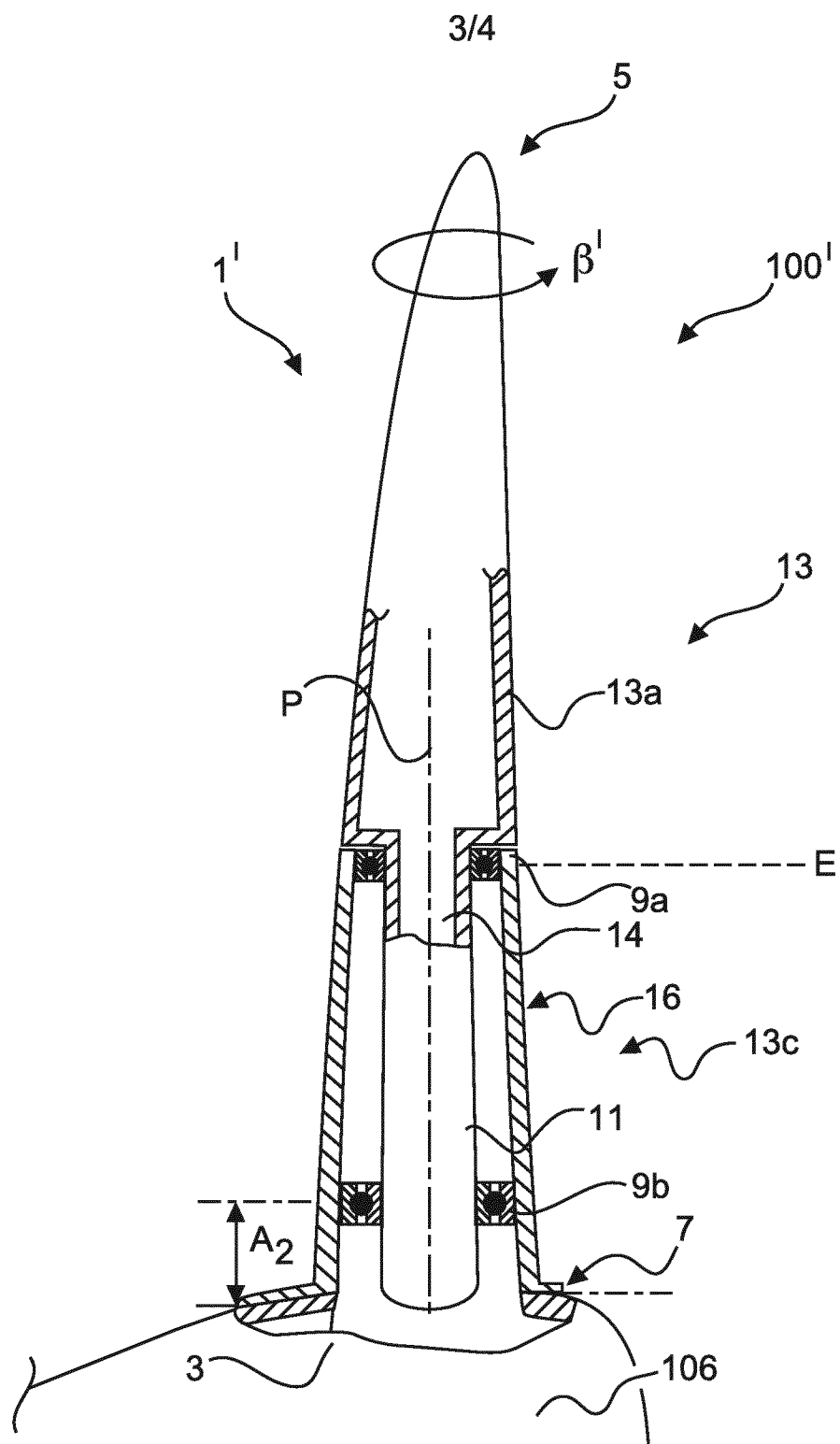


Fig. 2b

4/4

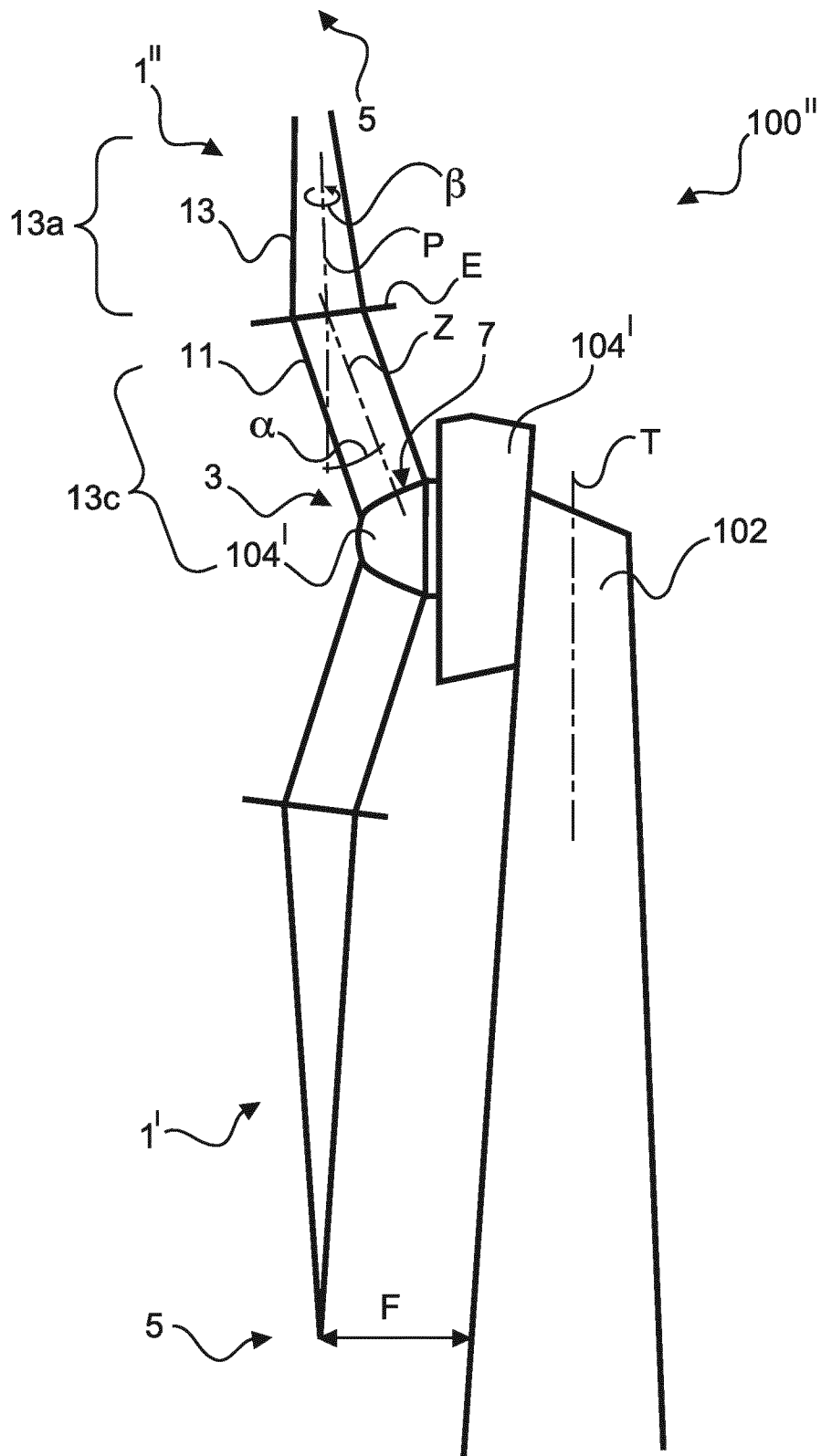


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/061071

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F03D1/06 F03D80/70
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F03D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/330194 A1 (JACOBSEN ERIC MORGAN [US] ET AL) 12 December 2013 (2013-12-12)	1-3,6, 11-15
Y	abstract paragraph [0034] - paragraph [0038]; figures 5,6	4,5,7-10
Y	----- DE 10 2014 203508 A1 (YOUWINENERGY GMBH [DE]) 27 August 2015 (2015-08-27) abstract paragraph [0006] paragraph [0012] paragraph [0018] paragraph [0038] paragraph [0041] - paragraph [0045]; figures 1-3 ----- -/-	4,5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 August 2017

Date of mailing of the international search report

10/08/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Westermayer, Philipp

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/061071

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2008 037605 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 10 June 2009 (2009-06-10) abstract paragraph [0011] paragraph [0014] - paragraph [0018]; figures 1-4 -----	7-10
A	EP 2 667 026 A2 (GAMESA INNOVATION & TECH SL [ES]) 27 November 2013 (2013-11-27) abstract paragraph [0014] - paragraph [0016]; figures 3-6 -----	1-15
A	DE 12 70 411 B (PETER MICHAEL HAWKINS) 12 June 1968 (1968-06-12) column 1, line 27 - line 45 column 2, line 32 - column 3, line 14 -----	1-15
A	WO 03/060319 A1 (WOBLEN ALOYS [DE]) 24 July 2003 (2003-07-24) abstract page 2, paragraph 6 - page 4, paragraph 1; figures 1-4 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/061071

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013330194 A1	12-12-2013	NONE	
DE 102014203508 A1	27-08-2015	DE 102014203508 A1 WO 2015128426 A1	27-08-2015 03-09-2015
DE 102008037605 A1	10-06-2009	CN 101451493 A DE 102008037605 A1 US 2009148291 A1	10-06-2009 10-06-2009 11-06-2009
EP 2667026 A2	27-11-2013	BR 102013012576 A2 CN 103423101 A EP 2667026 A2 ES 2430763 A2 US 2013309069 A1	02-08-2016 04-12-2013 27-11-2013 21-11-2013 21-11-2013
DE 1270411 B	12-06-1968	NONE	
WO 03060319 A1	24-07-2003	AR 038159 A1 AU 2003206727 A1 DE 10201726 A1 WO 03060319 A1	29-12-2004 30-07-2003 07-08-2003 24-07-2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F03D1/06 F03D80/70
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F03D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2013/330194 A1 (JACOBSEN ERIC MORGAN [US] ET AL) 12. Dezember 2013 (2013-12-12)	1-3,6, 11-15
Y	Zusammenfassung Absatz [0034] - Absatz [0038]; Abbildungen 5,6	4,5,7-10
Y	DE 10 2014 203508 A1 (YOUWINENERGY GMBH [DE]) 27. August 2015 (2015-08-27) Zusammenfassung Absatz [0006] Absatz [0012] Absatz [0018] Absatz [0038] Absatz [0041] - Absatz [0045]; Abbildungen 1-3 ----- -/-	4,5

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. August 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/08/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Westermayer, Philipp

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2008 037605 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 10. Juni 2009 (2009-06-10) Zusammenfassung Absatz [0011] Absatz [0014] - Absatz [0018]; Abbildungen 1-4 -----	7-10
A	EP 2 667 026 A2 (GAMESA INNOVATION & TECH SL [ES]) 27. November 2013 (2013-11-27) Zusammenfassung Absatz [0014] - Absatz [0016]; Abbildungen 3-6 -----	1-15
A	DE 12 70 411 B (PETER MICHAEL HAWKINS) 12. Juni 1968 (1968-06-12) Spalte 1, Zeile 27 - Zeile 45 Spalte 2, Zeile 32 - Spalte 3, Zeile 14 -----	1-15
A	WO 03/060319 A1 (WOBEN ALOYS [DE]) 24. Juli 2003 (2003-07-24) Zusammenfassung Seite 2, Absatz 6 - Seite 4, Absatz 1; Abbildungen 1-4 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/061071

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2013330194 A1	12-12-2013	KEINE	
DE 102014203508 A1	27-08-2015	DE 102014203508 A1	27-08-2015
		WO 2015128426 A1	03-09-2015
DE 102008037605 A1	10-06-2009	CN 101451493 A	10-06-2009
		DE 102008037605 A1	10-06-2009
		US 2009148291 A1	11-06-2009
EP 2667026 A2	27-11-2013	BR 102013012576 A2	02-08-2016
		CN 103423101 A	04-12-2013
		EP 2667026 A2	27-11-2013
		ES 2430763 A2	21-11-2013
		US 2013309069 A1	21-11-2013
DE 1270411 B	12-06-1968	KEINE	
WO 03060319 A1	24-07-2003	AR 038159 A1	29-12-2004
		AU 2003206727 A1	30-07-2003
		DE 10201726 A1	07-08-2003
		WO 03060319 A1	24-07-2003