

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
8. August 2013 (08.08.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/113487 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*F16C 25/06* (2006.01)    *F16C 19/54* (2006.01)  
*F16C 35/06* (2006.01)    *F03D 11/00* (2006.01)
- (74) Anwalt: **FDST Patentanwälte Freier Dörr Stammler Tschirwitz**; DÖRR, Matthias, Nordostpark 16, 90411 Nürnberg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/000245
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
28. Januar 2013 (28.01.2013)
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2012 001 969.6  
2. Februar 2012 (02.02.2012) DE  
10 2012 206 113.4  
13. April 2012 (13.04.2012) DE  
10 2012 020 653.4  
19. Oktober 2012 (19.10.2012) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **EOLOTEC GMBH** [DE/DE]; Fürther Straße 176, 90429 Nürnberg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (71) Anmelder (nur für US): **PICK, Mathias** [DE/DE]; Wirthstraße 44, 90459 Nürnberg (DE). **LOSERT, Wolfgang** [DE/DE]; Reichstraße 7, 90408 Nürnberg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BEARING UNIT, IN PARTICULAR FOR A WIND TURBINE

(54) Bezeichnung : LAGEREINHEIT INSBESONDERE FÜR EINE WINDKRAFTANLAGE

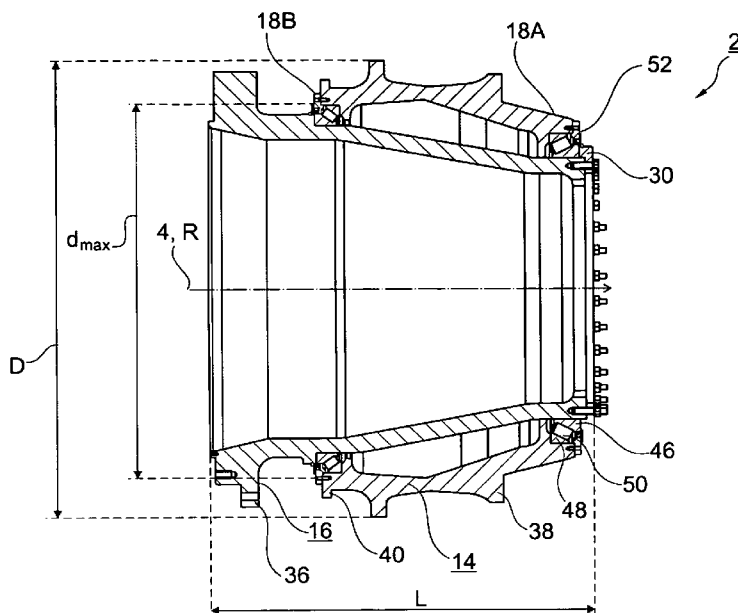


Fig. 5

(57) Abstract: The invention relates to a bearing unit (2) for a rotor of a wind turbine extending in a longitudinal direction (4) along a rotational axis (R) from a front rotor side (6) to a rear tower side (8), comprising a stator unit (16) and a rotor unit (14), which are supported against one another by way of a bearing (18A) on the rotor side and a bearing (18B) on the tower side and form a bearing housing and a bearing journal. The stator unit (16) is provided with a stator flange (36) for fastening the bearing unit (2) to a mainframe (12) of the wind turbine, and the rotor unit (14) is provided with a rotor flange (38) for fastening the rotor hub (10) to the bearing unit (2) of the wind turbine. The two bearings (18A, 18B) are arranged at a distance from one another in the opposing end areas of the stator or rotor unit (14, 16), each comprising two bearing rings, i.e. an inner ring (46) and an outer ring (48). For three of the bearing rings (46, 48), a fixed end stop is formed on both the rotor unit (14) and the stator unit (16), such that a pretensioning circle (32) is formed via the two bearings (18A, 18B), the rotor unit (14), and the stator unit (16), by means of which circle a defined pretension can be generated during the installation of the bearing unit (2).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/113487 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

Lagereinheit (2) für einen Rotor einer Windkraftanlage, die sich in einer Längsrichtung (4) entlang einer Rotationsachse (R) von einer vorderen Rotorseite (6) zu einer hinteren Turmseite (8) erstreckt, mit einer Statoreinheit (16) und einer Rotoreinheit (14), die über ein rotorseitiges Lager (18A) sowie ein turmseitiges Lager (18B) aneinander gelagert sind und ein Lagergehäuse sowie einen Lagerzapfen bilden, wobei die Statoreinheit (16) einen Statorflansch (36) zum Befestigen der Lagereinheit (2) an einem Maschinenträger (12) der Windkraftanlage und die Rotoreinheit (14) einen Rotorflansch (38) zum Befestigen der Rotornabe (10) an der Lagereinheit (2) der Windkraftanlage aufweisen und die beiden Lager (18A, 18B) beabstandet zueinander jeweils in den gegenüberliegenden Endbereichen der Stator- oder Rotoreinheit (14, 16) angeordnet sind und jeweils zwei Lagerringe, nämlich einen Innenring (46) und einen Außenring (48) umfassen. Für drei der Lagerringe (46, 48) ist an der Rotoreinheit (14) und an der Statoreinheit (16) jeweils ein fester Anschlag (42) ausgebildet, so dass über die beiden Lager (18A, 18B), die Rotoreinheit (14) und die Statoreinheit (16) ein Vorspannkreis (32) gebildet ist, über den bei der Montage der Lagereinheit (2) eine definierte Vorspannung erzeugt wird.

Beschreibung  
**Lagereinheit insbesondere für eine Windkraftanlage**

Die Erfindung betrifft eine Lagereinheit insbesondere für eine Windkraftanlage mit dem Merkmal des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Lagereinheit ist aus der DE 10 2008 036 217 A1 zu entnehmen.

Windkraftanlagen weisen allgemein einen Turm auf, an dessen Kopfende eine drehbare Gondel angeordnet ist, die einen Maschinenträger bildet. An der Gondel ist eine Rotornabe um eine Rotationsachse drehbar gelagert, an der Rotorblätter befestigt sind.

Bei Windkraftanlagen gibt es sowohl Direktantriebskonzepte, bei denen die Drehbewegung der Rotornabe direkt und unmittelbar auf einen Rotor eines Generators übertragen wird. Alternativ ist zwischen der Rotornabe und dem Generator ein Getriebe zwischengeschaltet.

Eine technische Herausforderung bei derartigen Windkraftanlagen, die beispielsweise für einen Leistungsbereich von mehreren Megawatt elektrischer Leistung ausgelegt sind, ist die Bereitstellung einer Lagerung, die hohen technischen Anforderungen genügt, wie beispielsweise eine hohe Biegesteifigkeit, eine spielfreie Lagerung, eine verschleißarme Kinematik sowie eine möglichst einfache Montage bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit.

Aus dem Stand der Technik sind bereits unterschiedlichste Lösungskonzepte für diese Lagerproblematik bekannt. So ist beispielsweise die sogenannte Zweipunkt-lagerung aus der DE 601 31 764 T2 und die sogenannte Dreipunkt-lagerung aus der DE 10 2006 037 890 A1 bekannt. Bei diesen wird eine mit der Rotornabe verbundene Rotorwelle durch mehrere voneinander beabstandete Lager gelagert. Bei den Lagern handelt es sich vorwiegend um sogenannte Pendelrollenlager. Diese Konzepte weisen jedoch in nacheilliger Weise ein hohes Axialspiel auf, das bei

unterschiedlichen Windlasten zu Stößen, Axialschub und auch Verkipnungen führen kann, wodurch nachfolgende Komponenten wie beispielsweise Getriebe oder Generator belastet werden, so dass deren Lebensdauer und auch deren Effizienz aufgrund von größeren erforderlichen Spaltmaßen in nachteiliger Weise beeinflusst wird. Auch weist eine solche Lageranordnung eine vergleichsweise geringe Steifigkeit aufgrund des Spiels auf. Weiterhin zeigen derartige Lager kein optimales Abwälzverhalten, was zu einer hohen Reibung und damit zu einem erhöhten Verschleiß und letztendlich zu einer geringen Lebensdauer führt. Aufgrund der unterschiedlichen Lastverteilungen in Axialrichtung ist die zweite Lagerreihe in einem zweireihigen Pendelrollenlager regelmäßig überdimensioniert, was unter Kostengesichtspunkten von Nachteil ist.

Alternativ sind auch Zweipunktlagerungen mit einem zweireihigen Kegelrollenlager und einem Zylinderrollenlager bekannt. Im Vergleich zu den Pendelrollenlagern weisen diese ein geringeres Axialspiel auf. Sie sind auch toleranter gegen temperaturbedingte Ausdehnungen, da das Zylinderrollenlager üblicherweise als ein Loslager verwirklicht ist. Auch hier ist jedoch die zweite Reihe des Kegelrollenlagers überdimensioniert und die Kosten für die gesamte Lagerung sind vergleichsweise hoch. Zudem bestehen hohe Anforderungen an einer achsparallelen Ausrichtung der Rotorwelle mit der Rotornabe, da Zylinderrollenlager kritisch bei Verkipfung sind.

Für Hochleistungs-Windkraftanlagen im Multi-Mega-Watt-Bereich ist die sogenannte Momentenlagerung bekannt, wie sie beispielsweise aus der DE 10 2009 017 865 A1 zu entnehmen ist. Bei dieser ist auf eine zweite Stützstelle komplett verzichtet und die lediglich eine Stützstelle ist als ein zweireihiges Lager, beispielsweise Kegelrollenlager ausgebildet. Dies erfordert jedoch eine deutlich größere Dimensionierung des zweireihigen Lagers, um die fehlende Stützwirkung des zweiten Lagers zu kompensieren und um Biegemomente aus den Windlasten zuverlässig abstützen zu können.

Da nur eine Lagerstelle eingesetzt ist, ist das Axialspiel gering, auch sind temperaturbedingte Längenausdehnungen weniger kritisch. Allerdings führt die erforderli-

che größere Dimensionierung des Lagers zu einem deutlich höheren Lagergewicht und auch zu höheren Kosten. Die gesamten Abmessungen werden dadurch deutlich vergrößert, so dass aufgrund der bei hohen elektrischen Leistungen erforderlichen Lagerabmessungen Fertigungsgrenzen beispielsweise bei Lagerdurchmessern von etwa größer gleich 3 bis 4 Meter erreicht werden.

Bei der DE 10 2008 036 217 A1 ist die Rotorwelle über zwei in Axialrichtung voneinander beabstandete Kegelrollenlager in O-Anordnung an einem gemeinsamen als Trägereinheit ausgebildeten Lagergehäuse gelagert. Die Innenringe sowie die Außenringe der beiden Lager sind dabei über Abstandshülsen in einem definierten Abstand zueinander gehalten. Für die Einstellung einer gewünschten Lager-Vorspannung werden die Hülsen in einer definierten gewünschten Länge gefertigt. Hierzu wird die Lagereinheit bei der Montage in einem aufwändigen Montageverfahren montiert, da die exakte erforderliche Länge zumindest einer der Hülsen erst bei der Montage der Lagereinheit ausgemessen und eingestellt werden muss. Dadurch ist die Montage nicht zuletzt auch aufgrund der hohen Teileanzahl aufwändig.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Lagereinheit insbesondere für Windkraftanlagen anzugeben, die hohen technischen Anforderungen bei hoher Wirtschaftlichkeit genügt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Lagereinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Die Lagereinheit erstreckt sich allgemein in Längsrichtung entlang einer Rotationsachse von einer vorderen Rotorseite zu einer hinteren Turmseite und weist eine Statoreinheit und eine Rotoreinheit auf, welche über ein rotorseitiges Lager sowie ein turmseitiges Lager aneinander gelagert sind. Rotoreinheit und Statoreinheit bilden dabei ein äußeres Lagergehäuse sowie einen in dieses hineinreichenden Lagerzapfen. Je nach Ausgestaltung kann dabei sowohl die Rotoreinheit als auch die Statoreinheit das Lagergehäuse oder den Lagerzapfen bilden. Die Rotoreinheit weist einen Rotorflansch zum Befestigen der Rotornabe der Windkraftanlage und die Statoreinheit einen Statorflansch zum Befestigen an einem Maschinenträger der Windkraftanlage auf. In der montierten Endstellung

in der Windkraftanlage ist daher die Statoreinheit drehfest am Maschinenträger und damit am Turm der Windkraftanlage befestigt, wohingegen die Rotoreinheit zusammen mit der an ihr befestigten Rotornabe um die Rotationsachse drehbeweglich gelagert ist. Die beiden Lager sind dabei beabstandet zueinander jeweils in den gegenüberliegenden Endbereichen der Stator- oder Rotoreinheit angeordnet, und weisen dabei jeweils zwei Lagerringe, nämlich einen Innenring und einen Außenring auf. Dadurch sind also insgesamt vier Lagerringe vorgesehen, wobei zumindest für drei der Lagerringe an der Rotoreinheit und an der Statoreinheit jeweils ein fester Axialanschlag ausgebildet ist, so dass diese drei Lagerringe an definierten axialen Positionen zwischen Rotor- und Statoreinheit gehalten sind. Im montierten Zustand der Lagereinheit ist dadurch über die beiden Lager, sowie die Rotoreinheit und die Statoreinheit ein Vorspannkreis gebildet, über den bei der Montage der Lagereinheit eine definierte Vorspannung auf die Lager erzeugt wird.

Der vierte Lagerring wird dabei vorzugsweise als Lagerspannring ohne einen zugeordneten Anschlag eingesetzt und ist in Längsrichtung bevorzugt mit Hilfe eines Vorspannrings gespannt.

Die Lagereinheit ist daher insgesamt als eine vorgefertigte Baueinheit ausgebildet, die komplett vormontiert die Befestigung der Rotornabe am Rotorflansch ermöglicht und mit ihrer anderen Seite mit dem Statorflansch an den Maschinenträger der Windkraftanlage befestigt wird. Diese Ausgestaltung als vorgefertigte Baueinheit ermöglicht eine einfach, reproduzierbare und wirtschaftliche Montage dieser Baueinheit bereits in einer Montagehalle und vermeidet Montageschritte auf der Baustelle. Bei Generatoren ( $>\varnothing$  4m) für direkt angetriebene Windkraftanlagen ist eine Montage einzelner Generatorsegmente aus logistischen Aspekten besonders wirtschaftlich. Hier lassen sich an die vormontierte Lagereinheit besonders effizient die einzelnen Generatorsegmente montieren.

Durch die integrierte Bauweise mit dem Lagergehäuse einerseits und dem Lagerzapfen andererseits, die an ihren gegenüberliegenden Enden durch die Lager abgestützt sind, ist zudem insgesamt eine sehr steife und spielfreie Abstützung der Windlasten bei gleichzeitig geringer Belastung der Lager erzielt.

Entscheidend hierfür ist zum einen der möglichst große Abstand der beiden Lager zueinander. Die Lager sind jeweils in gegenüberliegenden Endbereichen der Stator- und/oder der Rotoreinheit und insbesondere des Lagergehäuses angeordnet. Hierunter wird verstanden, dass die Lager in den äußeren 30%, vorzugsweise 20% der Längenausdehnung der jeweiligen Einheit angeordnet sind. Vorzugsweise sind die Lager jeweils unmittelbar an gegenüberliegenden Stirnendseiten zumindest einer der Einheiten (Rotoreinheit bzw. Statoreinheit), insbesondere des Lagergehäuses angeordnet. Bei einer unterschiedlichen Längenausdehnung der beiden Einheiten sind die Lager vorzugsweise stirnseitig an der einen Einheit angeordnet und bei der anderen Einheit das eine Lager vorzugsweise ebenfalls stirnseitig und das andere Lager zumindest am gegenüberliegenden Ende im äußeren Drittel. In Folge der hierdurch reduzierten Lagerbelastung, beispielsweise im Vergleich zu einem Momentlager mit lediglich einer, gegebenenfalls doppelreihigen Lagerabstützstelle, lassen sich die Lager deutlich geringer dimensionieren, was zu Kosten- und Gewichtseinsparungen führt.

Weiterhin zeigt eine derartige integrierte Bauweise eine hohe Maßgenauigkeit mit geringem Lagerspiel vorzugsweise sowohl in Axial- als auch in Radialrichtung. Entscheidend hierfür ist insbesondere auch die integrale Ausbildung des Vorspannkreises in der Lagerbaueinheit selbst. Da die Vorspannung bei der Montage der Lagereinheit selbst erzeugt und aufgebaut wird, ist eine spätere Einstellung auf der Baustelle nicht mehr erforderlich. Durch die gewählte Ausgestaltung mit den festen Anschlängen an der Statoreinheit und an der Rotoreinheit, an denen sich die Lagerringe zur Ausbildung des Spannkreises abstützen ist – neben einer optimierten Kräfteeinleitung zur Ausbildung des Vorspannkreises – insbesondere auch eine sehr einfache Montage ermöglicht, insbesondere im Vergleich zu dem aufwändigen Verfahren, wie es aus der DE 10 2008 036 217 A1 zu entnehmen ist. Durch die fest an der Rotor- bzw. Statoreinheit ausgebildeten Anschlüsse dienen Rotor- und Statoreinheit daher als feste Abstandshalter für die Lager. Dadurch ist auch die Aufbringung der Lagervorspannung vergleichsweise einfach und erfolgt vorzugsweise mit Hilfe des Vorspannrings, der zweckdienlicher Weise stirnseitig mit Hilfe von Spansschrauben an der Rotoreinheit oder Statoreinheit ange-

schraubt wird und mit einem Ring-Flanschbereich den Lagerspannring in Axialrichtung mit einer Vorspannkraft beaufschlagt.

Neben den beiden genannten Lagern weist die Lagereinheit vorzugsweise kein weiteres Lager auf, so dass insgesamt ein vergleichsweise einfacher Aufbau erzielt ist.

Die hier beschriebene Lagereinheit eignet sich insbesondere für den Einsatz bei einer Windkraftanlage. Grundsätzlich lässt sich diese Lagereinheit auch bei anderen großtechnischen Anlagen, insbesondere Motoren oder Generatoren einsetzen, bei denen hohe Lagerkräfte wirken. Unter großtechnischen Anlagen werden hierbei insbesondere Motoren oder Generatoren verstanden mit einer (elektrischen) Leistung von mehreren hundert Kilowatt und insbesondere einer Leistung im Megawatt-Bereich. Derartige Motoren oder Generatoren werden beispielsweise im maritimen Bereich als Schiffsmotoren oder – Generatoren für Containerschiffe oder große Passagierschiffe eingesetzt. Allgemein ist dabei im montierten Zustand die Statoreinheit an einem feststehenden Teil und die Rotoreinheit an einem rotierenden Teil der großtechnischen Anlage befestigt.

In zweckdienlicher Ausgestaltung ist die Vorspannung im montierten Zustand der Lagereinheit einstellbar. Hierzu besteht beispielsweise die Möglichkeit, den Spannring durch Anziehen von Spannschrauben in seiner Axialposition nach zu justieren. Durch diese Ausgestaltung ist also auch selbst im endmontierten Zustand, bei in der Windkraftanlage montierter Lagereinheit, wenn diese also mit Rotorhabe und Maschinenträger verbunden ist, eine Nachjustierung der Vorspannung ermöglicht. Diese kann beispielsweise, nach einigen Betriebsstunden nach einer Inbetriebnahme, oder auch nach einer mehrjährigen Betriebsdauer noch vorgenommen werden.

Im Hinblick auf eine möglichst steife Ausgestaltung sind die Rotoreinheit und die Statoreinheit zweckdienlicherweise jeweils als monolithische, also als aus einem Stück gefertigte Bauteile ausgebildet. Hierbei handelt es sich insbesondere um Metall-Gussteile insbesondere Gusseisen (GJS gemäß DIN EN 1563, z. B. GJS

350). Neben den Anschlüssen sind insbesondere auch die einzelnen Befestigungsflansche integrale Bestandteile dieser Einheiten. Ein weiterer Vorteil dieser Ausgestaltung ist darin zu sehen, dass die Lagerringe zweckdienlicherweise aus im Vergleich zu diesen Einheiten höherwertigem Material, insbesondere Wälzlagerstahl ausgebildet sind.

Im Hinblick auf eine möglichst günstige Anordnung des Vorspannrings ist dieser insgesamt stirnendseitig und vorzugsweise an einem rotorseitigen Stirnende der Lagereinheit befestigt.

Der Abstand zwischen den beiden Lagern ist möglichst groß gewählt, um die Momente möglichst gut aufnehmen zu können. Zweckdienlicherweise beträgt der Abstand zwischen den Lagern mindestens das 0,35-fache des maximalen Lagerdurchmessers. Bei einer kegelförmigen Ausgestaltung des Lagerzapfens wird hierunter der größere Lageraußendurchmesser des Lageraußenrings am verdickten Ende verstanden.

Die Lagereinheit ist insgesamt für Windkraftenergieanlagen mit Leistungen im Multi-Mega-Watt-Bereich ausgelegt. Grundsätzlich ist dieses Konstruktionsprinzip auch auf kleinere Anlagen übertragbar. Allgemein ist bei derartigen großtechnischen Anlagen die Lagereinheit ausreichend groß dimensioniert, so dass der Lagerzapfen/-welle innen begehbar ist. Typischerweise weist der Lagerzapfen einen (Außen) Durchmesser im Bereich von 2 bis 3,5 Meter auf. Die Baueinheit hat einen Durchmesser etwa im Bereich von 2,5 bis 4 Metern bei einer Länge von etwa 2 bis 3,5 Metern. Dies bedeutet, dass der (größte) Außendurchmesser der Lageraußenringe etwa zwischen 2 und 3,5 Metern liegt. Dadurch liegt der Abstand zwischen den beiden Lagereinheiten mindestens bei – je nach Größe – 0,7 bis 1,2 Meter. Vorzugsweise wird der Abstand möglichst groß gewählt. Insbesondere sind die beiden Lager jeweils an gegenüberliegenden Stirnseiten des Lagergehäuses angeordnet. Der Abstand liegt dann etwa im Bereich des 0,5 bis 0,7-fachen Lageraußendurchmessers und liegt – je nach Größe – zwischen 1 und 1,75 Metern.

Der Lagerzapfen, vorzugsweise die Statoreinheit, ist in zweckdienlicher Ausgestaltung hohlkegelförmig ausgebildet und verjüngt sich zur Rotorseite bei festem Lagerzapfen (Figur 1) und zur Maschinenträgerseite bei festem Lagergehäuse (Figur 2). Ergänzend ist weiterhin zweckdienlicherweise vorgesehen, dass das den Lagerzapfen umgebende Lagergehäuse, insbesondere die Rotoreinheit, den Lagerzapfen nach Art eines Spannbogens umgibt. Die Wandung des Lagergehäuses verläuft daher in Längsrichtung betrachtet nicht parallel zur Wandung des Lagerzapfens, sondern beschreibt im weitesten Sinne einen Bogen zwischen den Lagern. Hierzu ist die Wandung zumindest in Teilbereichen bogenförmig ausgebildet. Grundsätzlich kann die spannbogenartige Ausgestaltung auch durch geradlinige Teilbereiche ausgebildet sein. Ein insbesondere konvex gekrümmter Verlauf der Wandung des Lagergehäuses in Längsrichtung ist jedoch für die Übertragung der Vorspannkraft zur Ausbildung des Vorspannkreises und zur Vermeidung von Spannungsspitzen von besonderem Vorteil. Durch diese spezielle bogenförmige Ausgestaltung wird eine besonders wirksame Kraftübertragung der eingebrachten Vorspannkraft von dem einen Lager zu dem anderen Lager erzielt.

Zweckdienlicherweise sind hierbei an der Innenseite des Lagergehäuses im nach Außen ausgewölbten Bogenbereich Versteifungsrippen angeordnet, die insbesondere in Längsrichtung verlaufen und bevorzugt eine bogensegmentartige Fläche aufweisen.

Bei den Lagern handelt es sich zweckdienlicherweise um schräg zur Längsrichtung gestellte Kegelrollenlager, vorzugsweise in O-Ausrichtung, alternativ aber auch in X-Ausrichtung. Durch die Schrägstellung wird eine geeignete Krafteinleitung und Übertragung für den Vorspannkreis erzielt. Die einzelnen Kegel sind dabei bezüglich der Längsrichtung beispielsweise unter einem Winkel von  $10^\circ$  bis  $40^\circ$  orientiert

In zweckdienlicher Weiterbildung sind die beiden voneinander beabstandeten Lager für unterschiedliche Belastungen ausgebildet. Hierunter wird verstanden, dass die beiden Lager entsprechend den Anforderungen an der jeweiligen Lagerposition spezifisch konstruktiv ausgelegt sind. Üblicherweise ist daher das turm- bzw.

maschinenträgerseitige Lager für deutlich geringere Lasten ausgelegt und ist üblicherweise dadurch auch hinsichtlich der Tragfähigkeit kleiner dimensioniert. Hierunter wird verstanden, dass das Lager eine geringere Tragzahl (statisch oder dynamisch;  $C_0$ ,  $C$ ) aufweist. Dadurch wird zum Einen eine optimale Anpassung der gesamten Lagerkonstruktion auf die zu erwartenden Windlasten ermöglicht. Auch lässt sich hierüber das Abwälzverhalten der einzelnen Lagerteile optimieren, wodurch insgesamt optimierte Reibkräfte erzielt werden, um eine möglichst reibungsarme Lagerung zu erzielen. Zusätzlich wird sowohl das Lagergewicht als auch der Materialeinsatz gering gehalten. Dadurch reduzieren sich auch die Fertigungskosten der Lagereinheit. Durch die unterschiedliche, belastungsspezifische Auslegung der Lager wird zudem insgesamt auch eine optimierte Ausnutzung der Lebensdauerreserven der Lagereinheit erzielt, da die zu erwartende Lebensdauer aneinander angeglichen sind, was bei dem Konzept des Momentenlagers so nicht möglich ist.

Bei der Lagereinheit handelt es sich vorzugsweise insgesamt um ein dicht abgeschlossenes System, wozu an den beiden Lagern außenseitig vorzugsweise Dichtringe zu Abdichtzwecken angeordnet sind. Zweckdienlicherweise sind ergänzend auch ringförmige Lagerdeckel zum Schutz der Lager angeordnet. Dadurch ergibt sich insgesamt eine in sich abgeschlossene, abgedichtet und auch voreingestellte Baueinheit, die montagefertig bereitgestellt und beispielsweise an den Ort der Windkraftanlage oder einen Spezialbetrieb geliefert werden kann. Hierdurch reduziert sich die Gefahr von Verunreinigungen und Beschädigungen während der Montage als auch während des Transports.

In zweckdienlicher Ausgestaltung bildet die Rotoreinheit das außenliegende Lagergehäuse und die Statoreinheit den innenliegenden Lagerzapfen, welcher feststehenden mit dem Maschinenträger verbunden ist.

Weiterhin ist die Lagereinheit vorzugsweise zur unmittelbaren, direkten Befestigung an einem Generator ausgebildet, wobei hierzu die Rotoreinheit zumindest einen zusätzlichen Generatorflansch zur Befestigung an einem Rotor des Generators aufweist. Der Stator des Generators ist vorzugsweise unmittelbar an der

Statoreinheit der Lagereinheit befestigt. Der Generator umgibt hierbei zweckdienlicherweise die Lagereinheit in etwa konzentrisch, was insgesamt zu einer sehr platzsparenden Anordnung führt. Ein besonderer Vorteil einer fertig montierten und zur Baustelle gelieferten Baueinheit ist die mögliche Montage von einzelnen Generatorsegmenten direkt auf der Baustelle der Windkraftanlage.

Die Generatorflansche sind insbesondere zwischen dem Rotorflansch und dem Statorflansch ausgebildet, um einen möglichst großen Abstand zwischen diesen beiden Flanschen und damit zwischen den beiden Lagern zu ermöglichen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Diese zeigen jeweils in teilweise vereinfachten Darstellungen:

- Fig. 1 eine ausschnittsweise, stark vereinfachte Darstellung einer Lagereinheit in endmontierter Position für einen Generator-Direktantrieb,
- Fig. 2 die Lagereinheit in endmontierter Position mit zwischen Lagereinheit und Generator geschaltetem Getriebe,
- Fig. 3 eine vereinfachte, ausschnittsweise und teilweise Aufrissdarstellung einer Windkraftanlage mit Lagereinheit und direkt angetriebenem Generator,
- Fig. 4 einen vereinfachten, perspektivischen Teilaufriss der Lagereinheit,
- Fig. 5 die Lagereinheit in einem Längsschnitt, sowie
- Fig. 6 eine vergrößerte Darstellung eines Teilbereichs der Lagereinheit gemäß Fig. 5.

In den Figuren sind gleichwirkende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Figuren 1 und 2 zeigen zwei stark vereinfachte Darstellungen zweier Ausführungsvarianten der Anordnung einer Lagereinheit 2 innerhalb einer Windkraftanlage. Die Lagereinheit 2 erstreckt sich in Längsrichtung 4 entlang einer Rotationsachse R von einer vorderen Rotorseite 6 bis zu einer hinteren Turmseite 8. Am vorderen rotorseitigen Stirnende der Lagereinheit 2 ist die Rotornabe 10 befestigt

und in ihrem gegenüberliegenden, turmseitigen Endbereich ist sie an einem Maschinenträger 12 befestigt. Die Lagereinheit 2 weist dabei allgemein eine mit der Rotornabe 10 verbundene Rotoreinheit 14 sowie eine mit dem Maschinenträger 12 verbundene Statoreinheit 16 auf. Rotoreinheit 14 und Statoreinheit 16 bilden dabei ein Lagergehäuse bzw. einen Lagerzapfen der Lagereinheit 2 und sind aneinander über zwei Lager, nämlich ein rotorseitiges Lager 18A sowie ein turmseitiges Lager 18B aneinander gelagert.

Bei der Ausführungsvariante gemäß Figur 1 bildet die Rotoreinheit 14 das außenliegende Lagergehäuse und die Statoreinheit 16 den innenliegenden Lagerzapfen. Beim Ausführungsbeispiel der Figur 2 ist es umgekehrt, hier bildet die Rotoreinheit 14 den Lagerzapfen und die Statoreinheit 16 das Lagergehäuse.

Allgemein rotiert die Rotoreinheit 14 im Betrieb um die Rotationsachse R, wohingegen die Statoreinheit 16 feststehend mit dem Maschinenträger 12 verbunden ist. Bei der Ausführungsvariante der Figur 1 ist die Rotoreinheit 14 direkt mit einem Rotor 20 sowie die Statoreinheit 16 mit einem Stator 22 eines Generators 24 (vgl. Figur 3) für einen Direktantrieb des Generators 24 verbunden.

Im Unterschied hierzu ist die Statoreinheit 16 bei der Ausführungsvariante gemäß Figur 2 mit einer Getriebeeinheit 26 verbunden und über eine Abtriebswelle 28 mittelbar über einen in Figur 2 nicht dargestellten Generator.

Wie aus den Figuren 1 und 2 hervorgeht, weist der Lagerzapfen eine im Wesentlichen hohlkegelförmige Geometrie auf. Bei der Ausführungsvariante der Figur 1 ist dies die Statoreinheit 16, die sich zur Rotorseite 6 hin verjüngt. Umgekehrt verjüngt sich bei der Ausführungsvariante der Figur 2 die Rotoreinheit 14 als Lagerzapfen zur Turmseite 8 hin.

In beiden Fällen ist an dem jeweiligen Lager 18A, 18B am verjüngten Ende des Lagerzapfens ein als Vorspannring 30 ausgebildetes Vorspannelement angeordnet, welches das jeweilige Lager 18A, 18B in Längsrichtung 4 mit einer Vorspannkraft beaufschlagt, so dass die gesamte Lagereinheit 2 vorgespannt ist und somit

spielfrei sowohl in Axialrichtung als auch in Radialrichtung montiert ist. Die vom Vorspannring 30 erzeugte Spannkraft wird über das jeweilige erste Lager 18A, 18B auf das Lagergehäuse, von dort über das gegenüberliegende zweite Lager 18B, 18A auf den Lagerzapfen und über diesen wieder auf das erste Lager 18A, 18B übertragen, so dass ein Vorspannkreis 32 durch diese Komponenten gebildet ist, der beispielhaft in den Figuren 1 und 2 dargestellt ist.

Bei der Lagereinheit 2 mit den Komponenten Rotoreinheit 14, Statoreinheit 16, Lager 18A, 18B sowie Vorspannring 30 handelt es sich um eine vormontierte Baueinheit, die also im montierten Zustand an den Ort der Windkraftanlage geliefert und dort lediglich noch mit der Rotornabe 10 und dem Maschinenträger 12 montiert wird. Bei einer Direktantriebsvariante wie sie in Figur 1 dargestellt ist besteht darüber hinaus grundsätzlich die Möglichkeit, auch den Generator bereits zusammen mit der Lagereinheit 2 vormontiert zu liefern.

Die gesamte Lagereinheit 2 weist eine Länge  $L$  sowie einen maximalen Durchmesser  $D$  auf. Weiterhin ist durch die Lagereinheit 2 ein größter Lagerdurchmesser  $d_{\max}$  definiert, der durch den größten Außendurchmesser eines der Lager 18A, 18B definiert ist. Die beiden Lager 18A, 18B sind um einen Abstand  $A$  voneinander beabstandet, der möglichst groß gewählt ist und mindestens dem 0,35-fachen des Lagerdurchmessers  $d_{\max}$  beträgt. Vorzugsweise liegt der Abstand  $A$  zwischen dem 0,6- und dem 1-fachen des Lagerdurchmessers  $d_{\max}$ .

Weitere Details zu der Ausführungsvariante mit dem Direktantrieb sind aus den Figuren 3 bis 6 zu entnehmen. Figur 3 zeigt hierbei einen teilweise im Aufriss dargestellten Ausschnitt aus einer Windkraftanlage, bei der an einem oberen Kopfenende eines Turms 34 eine drehbare und den Maschinenträger 12 bildende Gondel befestigt ist. An dieser ist die Lagereinheit 2 mit ihrer Statoreinheit 16 über einen Statorflansch 36 befestigt. Bei diesem handelt es sich um einen stirnendseitig umlaufenden Ringflansch. Am gegenüberliegenden Ende ist an der Lagereinheit 2 die Rotornabe 10 über einen Rotorflansch 38 befestigt. An der Rotornabe 10 selbst sind hier in nicht näher dargestellter Weise Rotorblätter befestigt.

Zwischen dem Statorflansch 36 und dem Rotorflansch 38 ist weiterhin ein Generatorflansch 40 an der Umfangsseite der Rotoreinheit 14 ausgeformt. Dieser ist etwa im vorderen Drittel der Rotoreinheit 14 ausgebildet. Über den Generatorflansch 40 ist der Rotor 20 des Generators 24 befestigt. Über den Statorflansch 36 ist weiterhin der Stator 22, also das Generatorgehäuse befestigt.

Wie insbesondere auch aus der vergrößerten Darstellung gemäß Figur 4 zu erkennen ist, handelt es sich bei den beiden Einheiten 14, 16 jeweils um monolithische, einstückige Einheiten, vorzugsweise Metallguss-Einheiten, bei denen die einzelnen Flanschen 36, 38, 40 sowie weiterhin mehrere Anschläge 42 angeformt sind, an denen sich die Lager 18A, 18B in Längsrichtung 4 abstützen, wie nachfolgend noch näher erläutert wird. Durch diese monolithische Ausgestaltung weist die gesamte, vorgespannte Lagereinheit 2 eine hohe Steifigkeit bei nur geringsten Lagerspielen auf. Durch den vergleichsweise großen Abstand A zwischen den beiden Lagern 18A, 18B werden zudem die Kräfte auch bei unterschiedlichen Windbeanspruchungen sowohl in Axialrichtung als auch Kippmomente zuverlässig aufgenommen. Aufgrund des nicht vorhandenen Lagerspiels erlaubt dies zugleich auch eine Montage des Generators 24 mit extrem geringem Generatorspalt zwischen Stator 22 und Rotor 20, so dass der Wirkungsgrad des Generators 24 im Vergleich zu der Verwendung von anderen Lagerkonzepten erhöht ist. Maßgebend ist hierfür die Ausgestaltung der Lagereinheit 2 als vorgespannte Baueinheit mit den weit voneinander beabstandeten Lagern 18A, 18B. Für die Vorspannung und die Erzeugung der hohen gewünschten Steifigkeit ist zudem von wesentlicher Bedeutung, dass die Anschläge 42 an der Rotoreinheit 14 bzw. der Statoreinheit 16 angeformt sind, um die Vorspannkräfte zu übertragen.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist in der geringen Teileanzahl zu sehen, wodurch die Montage vergleichsweise einfach ist.

Wie aus den Figuren 3 und 4 und in größerer Deutlichkeit noch aus den Figuren 5 und 6 zu entnehmen ist, ist das Lagergehäuse (Rotoreinheit 14) im Querschnitt betrachtet in etwa leicht bogenförmig ausgebildet, so dass die Innenwandung der Rotoreinheit 14 nicht exakt parallel zur Außenwandung der Statoreinheit 16 ver-

läuft. Über bogenförmige Abschnitte geht das Lagergehäuse jeweils in die in radialer Richtung orientierten Anschläge 42 über. Durch die bogenförmige Ausgestaltung werden die Vorspannkräfte effizient übertragen, ohne dass Spannungsspitzen entstehen.

Zur Versteifung des Lagergehäuses weist dieses an seiner Innenwandung vorzugsweise Versteifungsrippen 44 auf (Figuren 5, 6).

Wie insbesondere aus Figur 6 zu entnehmen ist, handelt es sich bei den Lagern 18A, 18B um schräg gestellte Kegelrollenlager, die jeweils einen Innenring 46, einen Außenring 48 sowie eine Vielzahl von Kegelrollen als Wälzelemente aufweisen. Im Ausführungsbeispiel sind die Lager 18A, 18B in O-Anordnung zueinander orientiert. Weitere Lager sind zwischen der Rotoreinheit 14 und der Statoreinheit 16 nicht angeordnet. Bei dem turmseitigen Lager 18B ist sowohl der Außenring 48 als auch der Innenring 46 jeweils an einer Seite in Längsrichtung 4 an einem Anschlag 42 abgestützt. Gleichzeitig ist auch eine radiale Abstützung erzielt. Im Bereich des Anschlags 42 ist sowohl die Rotoreinheit 14 als auch die Statoreinheit 16 im Querschnitt betrachtet jeweils in etwa L-förmig ausgebildet. Demgegenüber ist beim rotorseitigen Lager 18A lediglich der Außenring 48 in Längsrichtung 4 über einen Anschlag 42 abgestützt. Der Innenring 46 ist demgegenüber in Längsrichtung 4 leicht versetzbar und mit Hilfe des Vorspannrings 30 gegen die Kegelrollen 50 zur Ausbildung der Vorspannung und des Vorspannkreises 32 verspannbar. Dieser Innenring 46 ist daher als ein Lagerspannring ausgebildet. Der Vorspannring 30 ist hierzu über eine Vielzahl von Bolzen an der Statoreinheit 16 befestigt und weist einen randseitig über die Stirnseite der Statoreinheit 16 überstehenden Ringkragen auf, der gegen den Innenring 46 gepresst wird. Die über den Vorspannring 30 erzeugte Vorspannung ist vorzugsweise auch noch nach erfolgter Montage der Lagereinheit 2 verstell- und einstellbar, um beispielsweise nach einer gewissen Anzahl von Betriebsstunden die Vorspannung nachjustieren zu können, ohne dass eine Um- oder Demontage der Lagereinheit 2 erforderlich wäre.

Die beiden Lager 18A, 18B sind weiterhin gegenüber der Umgebung abgedichtet, so dass bereits bei der Montage eine definierte Menge an Lagerschmiermittel ein-

gebracht werden kann, welches beispielsweise auf eine bestimmte Betriebsdauer oder auf die Lebensdauer des Lagers abgestimmt ist. Durch die abgedichtete Ausführung ist die Lagereinheit 2 auch unanfällig gegenüber Schmutz beispielsweise beim Transport oder bei der Montage. Für diese Abdichtung weist jedes Lager 18A, 18B im Ausführungsbeispiel einen ringförmigen Lagerdeckel 52 auf, welcher im Ausführungsbeispiel an der Rotoreinheit 14 befestigt ist. Weiterhin sind zumindest ein Außendichtring 54 im Bereich des Lagerdeckels 42 sowie weiterhin ein Innendichtring 56 an der gegenüberliegenden Innenseite vorgesehen. Der Innendichtring 56 dichtet hierbei die Ringanlagefläche des jeweiligen Anschlags 42 der Rotoreinheit 14 zur Außenwandung der Statoreinheit 16 hin ab. Die Innendichtung liegt hierzu in einer Ringnut ein.

Der Aufbau und die Vorteile der Lagereinheit 2 wurden im Zusammenhang mit der Anordnung bei einer Windkraftanlage beschrieben, ist jedoch nicht auf diese Anwendung beschränkt. Die Lagereinheit 2 mit ihren Vorteilen lässt sich grundsätzlich auch in anderen großtechnischen Anlagen einsetzen, beispielsweise zur Lagerung einer Motor- oder Generatorwelle bei einem Verbrennungsmotor (z.B. Schiffsdiesel), bei einem elektrischen Motor bzw. bei einem Generator. Die Lagerung der Welle eines elektrischen Motors bzw. eines elektrischen Generators erfolgt beispielsweise wie beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 des direktangetriebenen Generators 24.

## Bezugszeichenliste

2	Lagereinheit	R	Rotationsachse
4	Längsrichtung	A	Abstand
6	Rotorseite	L	Lager
8	Turmseite	D	Durchmesser
10	Rotornabe	$d_{\max}$	Lagerdurchmesser
12	Maschinenträger		
14	Rotoreinheit		
16	Statoreinheit		
18A	rotorseitiges Lager		
18B	turmseitiges Lager		
20	Rotor des Generators		
22	Stator des Generators		
24	Generator		
26	Getriebeeinheit		
28	Abtriebswelle		
30	Vorspannring		
32	Vorspannkreis		
34	Turm		
36	Statorflansch		
38	Rotorflansch		
40	Generatorflansch		
42	Anschlag		
44	Versteifungsrippe		
46	Innenring		
48	Außenring		
50	Kegelrollen		
52	Lagerdeckel		
54	Außendichtung		
56	Innendichtung		

## Ansprüche

1. Lagereinheit (2) insbesondere für einen Rotor einer Windkraftanlage, die sich in einer Längsrichtung (4) entlang einer Rotationsachse (R) von einer vorderen Rotorseite (6) zu einer hinteren Turmseite (8) erstreckt, mit einer Statoreinheit (16) und einer Rotoreinheit (14), die über ein rotorseitiges Lager (18A) sowie ein turmseitiges Lager (18B) aneinander gelagert sind und ein Lagergehäuse sowie einen Lagerzapfen bilden, wobei die Statoreinheit (16) einen Stator-flansch (36) zum Befestigen der Lagereinheit (2) an einem Maschinenträger (12) der Windkraftanlage und die Rotoreinheit (14) einen Rotorflansch (38) zum Befestigen einer Rotornabe (10) an der Lagereinheit (2) an der Windkraftanlage aufweisen und die beiden Lager (18A, 18B) beabsichtigt zueinander jeweils in den gegenüberliegenden Endbereichen der Stator- oder Rotoreinheit (14, 16) angeordnet sind und jeweils zwei Lagerringe, nämlich einen Innenring (46) und einen Außenring (48) umfassen, dadurch gekennzeichnet, dass für drei der Lagerringe (46, 48) an der Rotoreinheit (14) und an der Statoreinheit (16) jeweils ein fester Anschlag (42) ausgebildet ist, so dass über die beiden Lager (18A, 18B), die Rotoreinheit (14) und die Statoreinheit (16) ein Vorspannkreis (32) gebildet ist, über den bei der Montage der Lagereinheit (2) eine definierte Vorspannung erzeugt wird.
2. Lagereinheit (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass einer der Lagerringe (46, 48) ohne zugeordnetem Anschlag (42) als Lagerspannring ausgebildet ist, der in Längsrichtung (4) mit Hilfe eines Vorspannrings (30) gespannt ist, wobei hierzu der Vorspannring (30) an der Rotoreinheit (14) oder der Statoreinheit (16) befestigt ist.

3. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspannung im montierten Zustand der Lagereinheit (2) einstellbar ist.
4. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotoreinheit (14) und die Statoreinheit (16) jeweils monolithische Bauteile sind, bei denen die Anschläge (42) angeformt sind.
5. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lager (18A, 18B) einen durch den Außendurchmesser des Außenrings (46) definierten Lagerdurchmesser aufweisen und der Abstand (A) in Längsrichtung (4) zwischen den Lagern (18A, 18B) mindestens dem 0,35-fachen des größten Lagerdurchmessers ( $d_{\max}$ ) entspricht.
6. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Lagerzapfen hohlkegelförmig ausgebildet ist.
7. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Längsquerschnitt betrachtet das Lagergehäuse in Relation zum Lagerzapfen nach Art eines Spannbogens ausgebildet ist.
8. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Lagern (18A, 18B) um schräg zur Längsrichtung (4) gestellte Kegelrollenlager handelt.
9. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Lager (18A, 18B) für unterschiedliche Belastungen ausgebildet sind.
10. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein nach außen abgeschlossenes Dichtsystem aufweist und an den beiden Lagern (18A, 18B) zur Rotorseite (6) und zur Turmseite (8) Dichtungen (54, 56) angeordnet sind.

11. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotoreinheit (14) das außenliegende Lagergehäuse bildet.
12. Lagereinheit (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zur unmittelbaren Befestigung an einem Generator (24) ausgebildet ist und hierzu die Rotoreinheit (14) einen zusätzlichen Generatorflansch (40) zur Befestigung an einem Rotor (20) des Generators (24) aufweist.
13. Lagereinheit (2) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass vorzugsweise mehrere Generatorflansche (40) zwischen dem Rotorflansch (38) und dem Statorflansch (36) angeordnet sind.

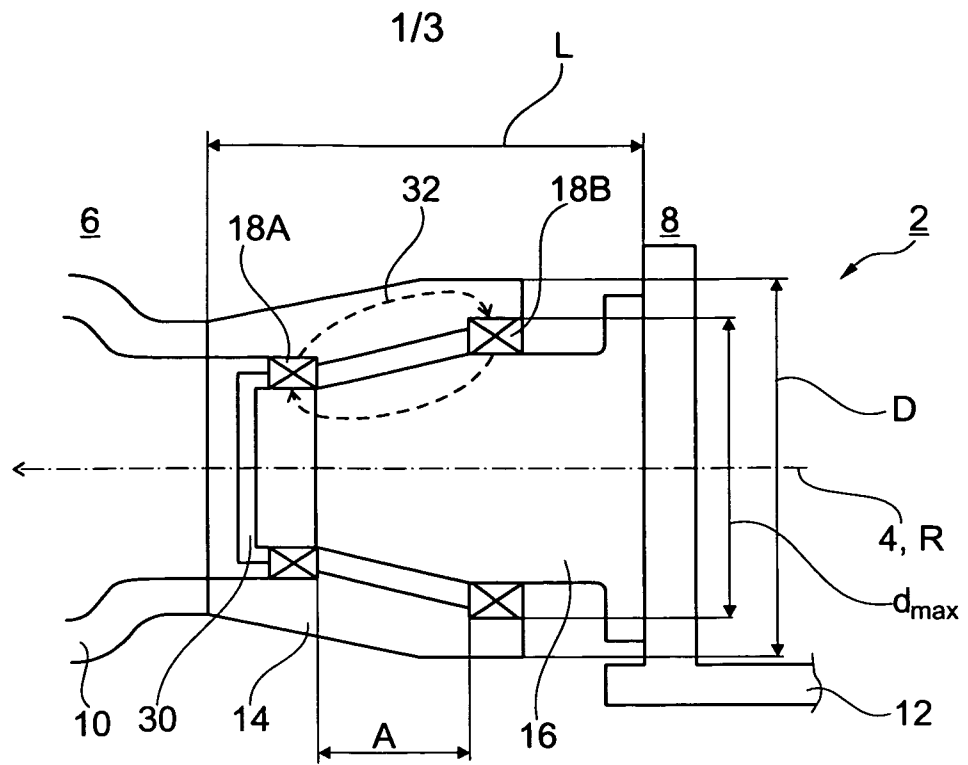


Fig. 1

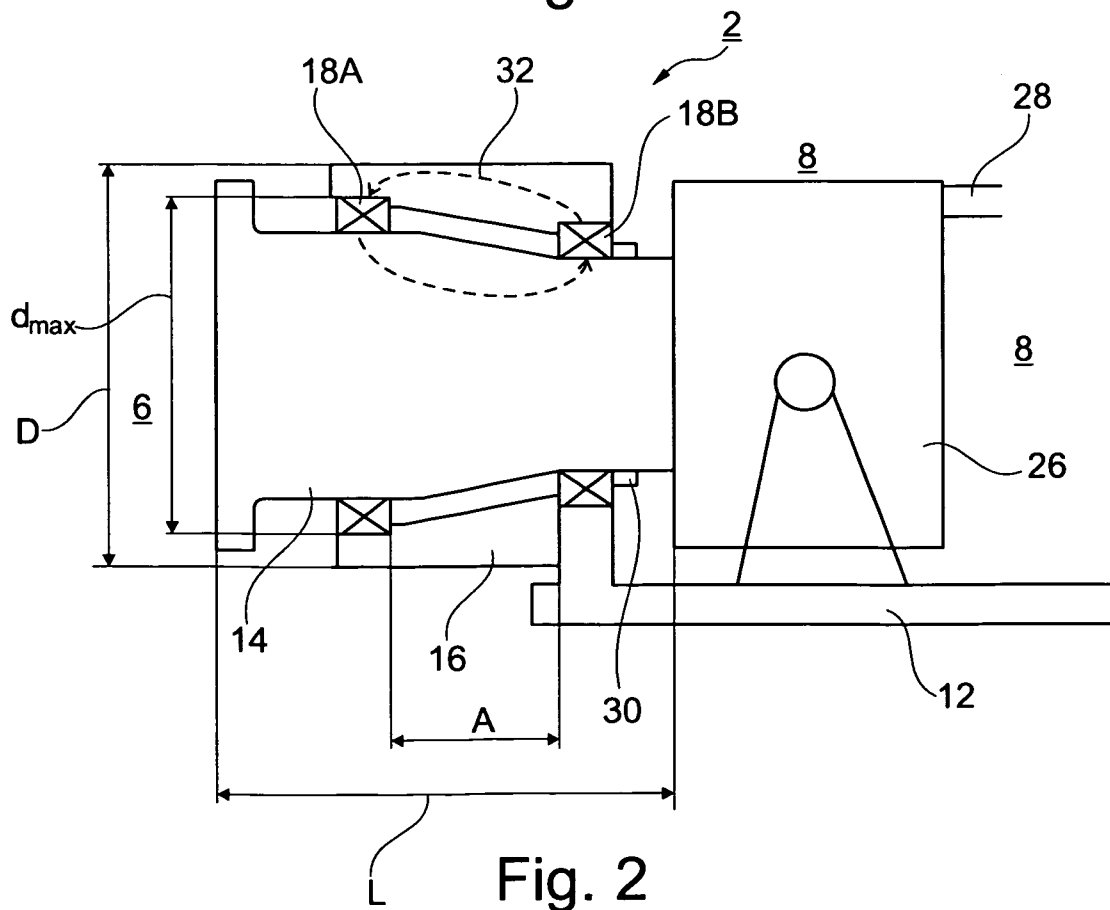


Fig. 2

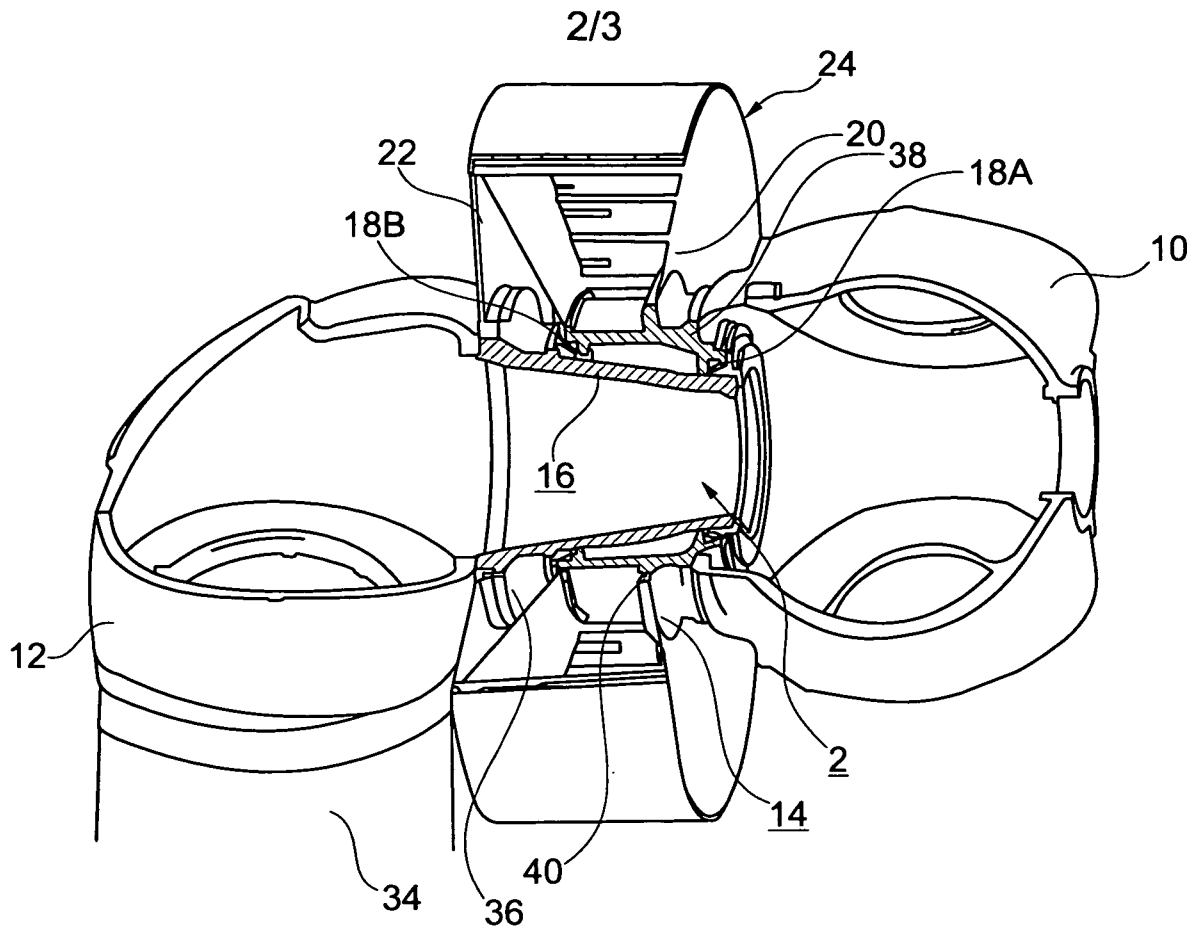


Fig. 3

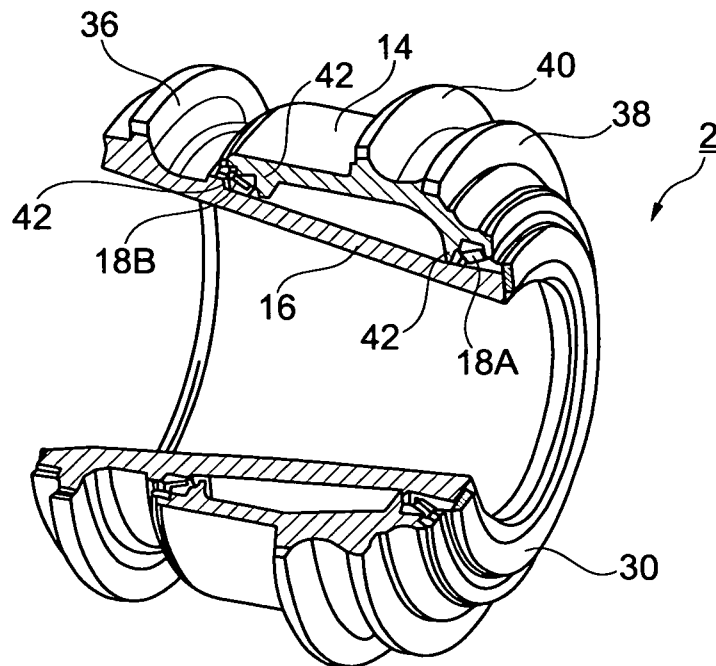


Fig. 4

3/3

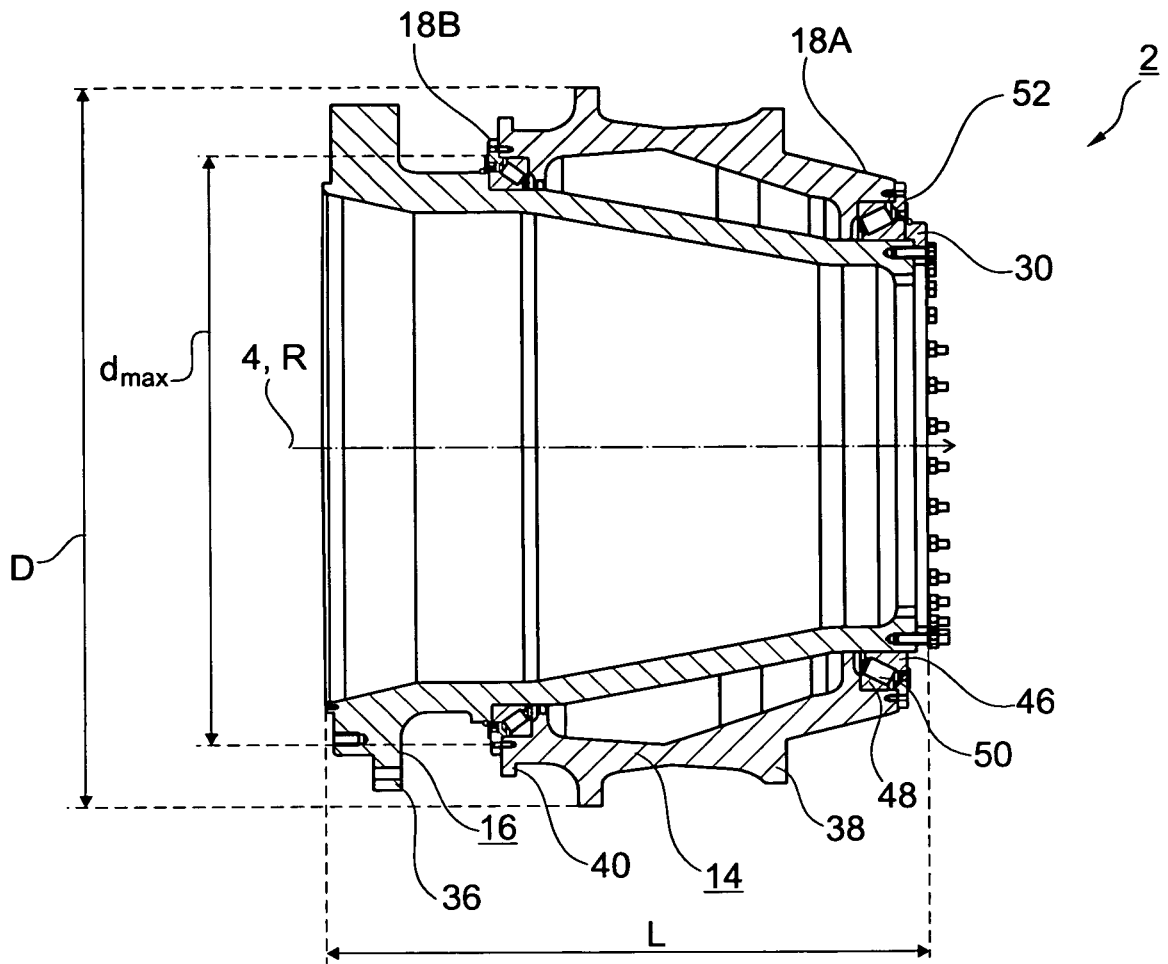


Fig. 5

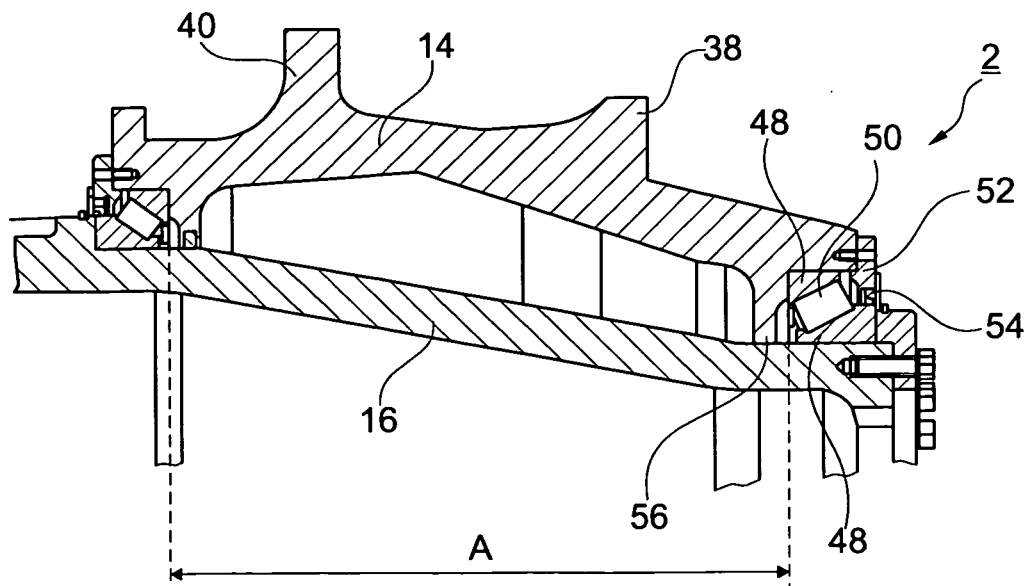


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/000245

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. F16C25/06 F16C35/06 F16C19/54 F03D11/00  
 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)  
 F16C 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 336 641 A (BHATIA RAVI R) 29 June 1982 (1982-06-29) column 3, line 5 - line 29 column 3, line 48 - column 5, line 3 column 5, line 25 - line 35 column 10, line 11 - line 20; figure 1 -----	1-13
X	US 2009/245969 A1 (WHITE JAY D [US] ET AL) 1 October 2009 (2009-10-01) paragraph [0016] - paragraph [0021]; figure 7 -----	1-4,8,9
X	US 2007/177829 A1 (RODE JOHN E [US]) 2 August 2007 (2007-08-02) paragraph [0005] - paragraph [0010]; figures -----	1-4,8,9
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search  3 June 2013	Date of mailing of the international search report  13/06/2013
--	--

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  Daehnhardt, Andreas
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/000245

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2009/141140 A2 (GIGER URS [CH]) 26 November 2009 (2009-11-26)	1
A	paragraph [0094]; figure 2 -----	2-13
A	EP 2 290 250 A2 (ROMAX TECHNOLOGY LTD [GB]) 2 March 2011 (2011-03-02) paragraph [0031] - paragraph [0077]; figures -----	1-13
A	EP 2 149 702 A2 (NORDEX ENERGY GMBH [DE]) 3 February 2010 (2010-02-03) paragraph [0009] - paragraph [0022]; figures -----	1-13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/000245
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4336641	A	29-06-1982	AU 529181 B2 26-05-1983
			AU 5640880 A 18-09-1980
			CA 1150484 A1 26-07-1983
			US 4336641 A 29-06-1982
			ZA 8001284 A 25-03-1981
-----			
US 2009245969	A1	01-10-2009	NONE
-----			
US 2007177829	A1	02-08-2007	NONE
-----			
WO 2009141140	A2	26-11-2009	DE 112009001193 A5 12-05-2011
			US 2012114488 A1 10-05-2012
			WO 2009141140 A2 26-11-2009
-----			
EP 2290250	A2	02-03-2011	CN 101994766 A 30-03-2011
			CN 201896872 U 13-07-2011
			EP 2290250 A2 02-03-2011
			GB 2472619 A 16-02-2011
			KR 20110016841 A 18-02-2011
			US 2011037269 A1 17-02-2011
-----			
EP 2149702	A2	03-02-2010	DE 102008036217 A1 04-02-2010
			EP 2149702 A2 03-02-2010
			US 2010026005 A1 04-02-2010
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F16C25/06 F16C35/06 F16C19/54 F03D11/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) F16C 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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 336 641 A (BHATIA RAVI R) 29. Juni 1982 (1982-06-29) Spalte 3, Zeile 5 - Zeile 29 Spalte 3, Zeile 48 - Spalte 5, Zeile 3 Spalte 5, Zeile 25 - Zeile 35 Spalte 10, Zeile 11 - Zeile 20; Abbildung 1 -----	1-13
X	US 2009/245969 A1 (WHITE JAY D [US] ET AL) 1. Oktober 2009 (2009-10-01) Absatz [0016] - Absatz [0021]; Abbildung 7 -----	1-4,8,9
X	US 2007/177829 A1 (RODE JOHN E [US]) 2. August 2007 (2007-08-02) Absatz [0005] - Absatz [0010]; Abbildungen ----- -/--	1-4,8,9
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
3. Juni 2013		13/06/2013
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  Daehnhardt, Andreas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/141140 A2 (GIGER URS [CH]) 26. November 2009 (2009-11-26)	1
A	Absatz [0094]; Abbildung 2 -----	2-13
A	EP 2 290 250 A2 (ROMAX TECHNOLOGY LTD [GB]) 2. März 2011 (2011-03-02) Absatz [0031] - Absatz [0077]; Abbildungen -----	1-13
A	EP 2 149 702 A2 (NORDEX ENERGY GMBH [DE]) 3. Februar 2010 (2010-02-03) Absatz [0009] - Absatz [0022]; Abbildungen -----	1-13

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/000245

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4336641	A	29-06-1982	AU 529181 B2 26-05-1983
			AU 5640880 A 18-09-1980
			CA 1150484 A1 26-07-1983
			US 4336641 A 29-06-1982
			ZA 8001284 A 25-03-1981
-----			
US 2009245969	A1	01-10-2009	KEINE
-----			
US 2007177829	A1	02-08-2007	KEINE
-----			
WO 2009141140	A2	26-11-2009	DE 112009001193 A5 12-05-2011
			US 2012114488 A1 10-05-2012
			WO 2009141140 A2 26-11-2009
-----			
EP 2290250	A2	02-03-2011	CN 101994766 A 30-03-2011
			CN 201896872 U 13-07-2011
			EP 2290250 A2 02-03-2011
			GB 2472619 A 16-02-2011
			KR 20110016841 A 18-02-2011
			US 2011037269 A1 17-02-2011
-----			
EP 2149702	A2	03-02-2010	DE 102008036217 A1 04-02-2010
			EP 2149702 A2 03-02-2010
			US 2010026005 A1 04-02-2010
-----			