

(19)



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

(11)

N° de publication :

LU103069

(12)

BREVET D'INVENTION**B1**

(21)

N° de dépôt: LU103069

(51)

Int. Cl.:

F03D 1/06, F03D 80/70

(22)

Date de dépôt: 13/02/2023

(30)

Priorité:

(43)

Date de mise à disposition du public: 13/08/2024

(47)

Date de délivrance: 13/08/2024

(73)

Titulaire(s):

thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH – 44137
Dortmund (Deutschland), thyssenkrupp AG –
45143 Essen (Deutschland)

(72)

Inventeur(s):

BECKER Daniel – Deutschland, BURTCHEN Marco –
Deutschland, NEIDNICH Martin – Deutschland,
TREDE Alf – Deutschland

(74)

Mandataire(s):

thyssenkrupp Intellectual Property GmbH –
45143 Essen (Deutschland)

(54)

Lagereinheit und Windenergieanlage mit einer Lagereinheit.

(57)

Die Erfindung betrifft eine Lagereinheit (1) für die Befestigung eines Rotorblattes an einer Nabe (150) einer Windenergieanlage, umfassend einen ersten Lagerring (2) zur Befestigung an der Nabe (150), einen zweiten Lagerring (4) zur Befestigung an dem Rotorblatt, mindestens eine Reihe von Wälzkörpern (7, 8), und einen Verstellantrieb (9) zur Winkelverstellung der beiden Lagerringe (2, 4) zueinander, wobei der erste Lagerring (2) einstückig mit einer Rotornabenverlängerung (10) ausgebildet ist, die sich nabenseitig in axialer Richtung (A) über den zweiten Lagerring (4) hinaus erstreckt, wobei der Verstellantrieb (9) mindestens einen elektrischen Verstellmotor (11) und eine von dem Verstellmotor (11) angetriebene Welle (12) mit einem Antriebsritzel (13) umfasst, das mit einer innenseitig an dem ersten Lagerring (2) ausgebildeten Verzahnung (14) kämmt, wobei der Verstellmotor (11) blattseitig auf einer an dem zweiten Lagerring (4) montierten Versteifungsplatte (15) angeordnet ist und sich die Welle (12) durch eine exzentrisch angeordnete Ausnehmung (16) in der Versteifungsplatte (15) erstreckt, sowie einer Windenergieanlage mit einer solchen Lagereinheit.

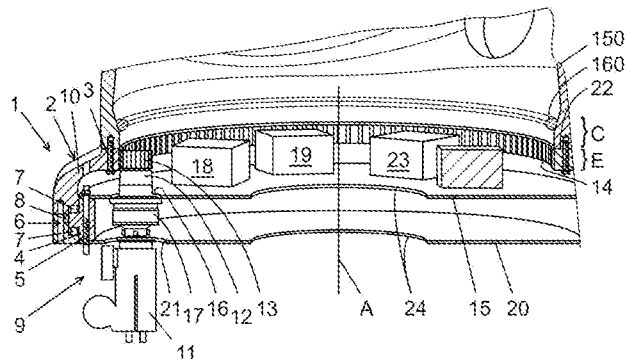


Fig. 3

Lagereinheit und Windenergieanlage mit einer Lagereinheit

Stand der Technik

5

Die Erfindung betrifft eine Lagereinheit für die Befestigung und Winkelverstellung eines Rotorblattes an einer Nabe einer Windenergieanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine Windenergieanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 13.

10

Die Rotorblätter von Windenergieanlagen werden an der Nabe mithilfe von Großwälzlagern befestigt. Die Großwälzlager ermöglichen die Verstellung des Anstellwinkels der Rotorblätter zum Wind, der unter anderem zur Leistungsregelung der Windenergieanlage erforderlich ist. Zusätzlich zu dem Lager ist für die Verstellung ein Antrieb erforderlich, der nach konventioneller Bauweise nabenseitig, d.h. feststehend montiert wird und die Verstellung des Blattes beispielsweise über einen am drehenden Teil der Blattlagereinheit angreifenden Hydraulikzylinder bewirkt.

15

20

Üblicherweise konnte die Nabe mit den daran befestigten Großwälzlagern und den Blattverstellantrieben vormontiert zur Baustelle der Windenergieanlage transportiert werden. Aufgrund der kontinuierlich zunehmenden Nennleistung und des damit verbundenen Größenwachstums der Windenergieanlagen sind zu den angestrebten Blattwurzeldurchmessern passende, vormontierte Naben aber inzwischen häufig nicht mehr auf der Straße transportierbar. Um dieses Hindernis zu überwinden, wurden sogenannte Extender-Lösungen entwickelt, bei denen die Nabe möglichst kompakt gehalten werden soll. An die Anschlussflächen der Nabe werden dann sogenannte Nabenextender montiert, die dann wiederum die Großwälzlager tragen, an denen die Rotorblätter befestigt werden. Auf diese Weise können die Transportrestriktionen umgangen werden, indem mehrere kompaktere Bauteile an die Baustelle verbracht und dort zusammengebaut werden.

25

30

Um darüber hinaus die Steifigkeit der Konstruktion zu erhöhen und gleichzeitig naben- bzw. blattseitige Verschraubungsdurchmesser gezielt hinsichtlich der Kompaktheit der Nabe bzw. der Vergrößerung des zu verwendenden Blattwurzeldurchmessers konstruktiv anzupassen, ist aus DE 10 2018 211 430 A1 die Integration von Extender und Großwälzlager bekannt, wobei der nabenseitige Lagerring des Großwälzlagers einstückig mit einer Rotornabenverlängerung ausgebildet ist. Zudem kann vorgesehen sein, dass ein Pitchantrieb als Teil der

35

Rotornabenverlängerung ausgebildet ist oder innerhalb der Rotornabenverlängerung angeordnet ist.

5 Üblicherweise ist der Pitchantrieb dabei nach wie vor als hydraulischer Verstellzylinder ausgebildet, der zusammen mit dem feststehenden Teil des Großwälzlagers nabenseitig montiert ist. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Versorgung mit Hydraulikmedium von Vorteil, das zentral in der Nabe für alle Blattverstellantriebe vorgehalten wird, weil dann keine Übertragung des Hydraulikmediums in das drehende Blatt erfolgen muss.

10 Neben hydraulischen Antrieben sind grundsätzlich auch elektrische Antriebe zur Rotorblattverstellung bekannt, beispielsweise aus US 2008/0191488 A1. Der beschriebene Pitchantrieb ist ebenfalls nabenseitig am feststehenden Teil montiert und greift in eine Verzahnung am blattseitigen Innenring des Blattlagers ein.

15 Der Einsatz eines solchen elektrischen Antriebs bei einem integrierten Nabenextender mit Blattlager scheidet jedoch aus, weil ein auf einer nabenseitigen Versteifungsplatte montierter elektrischer Antrieb nicht nur die axiale Erstreckung des Extenders bis zum Zahneingriff an der blattseitigen Komponente des Lagers überbrücken muss, sondern auch blattseitig – aufgrund der radialen Erstreckung des Extenders – mit einem entsprechenden radialen Versatz
20 zum blattseitigen Lagerring eine ausreichend stabile Verzahnung mit einem passenden Verzahnungsdurchmesser vorgesehen werden muss. Dies wäre nur mit hohem konstruktivem Aufwand möglich und führt zu einer entsprechend teuren technischen Lösung mit hohem Gewicht.

25 Offenbarung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Lagereinheit für die Befestigung und Winkelverstellung eines Rotorblattes an der Nabe einer Windenergieanlage sowie eine Windenergieanlage zu schaffen, die trotz Verwendung einer Rotornabenverlängerung eine kostengünstige
30 und einfache konstruktive Anbindung des Blatt-Verstellantriebs ermöglicht, wodurch der Zusammenbau der Lagereinheit und auch die Montage im Feld vereinfacht und die Zugänglichkeit der Antriebskomponenten der Blattverstellung für Wartungsarbeiten verbessert ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Lagereinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und
35 eine Windenergieanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 13.

Hierdurch wird eine Lagereinheit für die Befestigung und Winkelverstellung eines Rotorblattes an einer Nabe einer Windenergieanlage geschaffen, umfassend einen ersten Lagerring mit ersten Befestigungsbohrungen zur Befestigung an der Nabe und einen zweiten Lagerring mit zweiten Befestigungsbohrungen zur Befestigung an dem Rotorblatt. Der zweite Lagerring ist coaxial zu dem ersten Lagerring und gegenüber dem ersten Lagerring um die gemeinsame Achse verdrehbar angeordnet ist. Die Lagereinheit umfasst weiterhin mindestens eine Reihe von zwischen den Lagerringen in einem Laufbahnsystem abrollbaren Wälzkörpern und einen Verstellantrieb, der zur Winkelverstellung der beiden Lagerringe zueinander eingerichtet ist. Der erste Lagerring ist einstückig mit einer Rotornabenverlängerung ausgebildet, die sich nabenseitig in axialer Richtung über den zweiten Lagerring hinaus erstreckt und in deren nabenseitigem Endbereich die ersten Befestigungsbohrungen angeordnet sind. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Verstellantrieb mindestens einen elektrischen Verstellmotor, eine von dem Verstellmotor angetriebene Welle und ein auf der Welle angeordnetes Antriebsritzel umfasst. Das Antriebsritzel kämmt mit einer innenseitig an dem ersten Lagerring ausgebildeten Verzahnung. Der Verstellmotor ist blattseitig auf einer an dem zweiten Lagerring montierten Versteifungsplatte angeordnet und die Welle erstreckt sich durch eine exzentrisch angeordnete Ausnehmung in der Versteifungsplatte.

Durch die blattseitige Befestigung des Verstellmotors an einer Versteifungsplatte des drehbaren Lagerrings der Lagereinheit, wird der im Rotorblatt zur Verfügung stehende Bauraum genutzt, um den Verstellmotor aufzunehmen. Die Verwendung eines elektrischen Verstellmotors als mitdrehender Antrieb vereinfacht dabei den konstruktiven Aufbau sowie den Zusammenbau und die Montage der Lagereinheit in der Windenergieanlage im Feld. Die Stromversorgung des Motors am drehenden Ring kann über einen einfachen Schleifring aus der Nabe heraus erfolgen. Im Unterschied zu einer hydraulischen Versorgung werden daher keine druckdichten Drehdurchführungen benötigt. Die erfindungsgemäße Integration des Verstellantriebs in der Lagereinheit reduziert die vor Ort durchzuführenden Montagearbeiten auf eine naben- und eine blattseitige Verschraubung der Lagereinheit, sowie die Herstellung einer elektrischen Energieversorgung. Der in der Nabe zur Verfügung stehende Bauraum bleibt im Anschlussbereich der Blattlagereinheit frei für Montage- und Wartungsarbeiten oder die Anbringung einer zusätzlichen Versteifungselemente an der Nabe. Die erfindungsgemäße Lagereinheit kann somit – unabhängig von der Nabe – komplett vorgefertigt, montiert und getestet („ready-to-run“) zur Baustelle angeliefert und auf einfache Weise montiert werden.

In einigen Ausführungsformen umfasst der Verstellantrieb ein Getriebe, das zwischen den Verstellmotor und die Welle zwischengeschaltet ist. Das Getriebe passt die Drehzahl des Motors an die gewünschte Verstellgeschwindigkeit des Rotorblattes an.

- 5 Vorzugsweise kann auch eine Steuereinheit zur Ansteuerung des elektrischen Verstellmotors, bevorzugt auf der der Nabe zugewandten Seite, auf der Versteifungsplatte angeordnet sein. Durch die Anordnung der Steuereinheit auf der Versteifungsplatte bleibt weiterer Bau-
raum im Nabeninneren frei. Bei Einsatz mehrerer erfindungsgemäßer Lagereinheiten an ei-
ner Nabe einer Windenergieanlage kann eine einzige auf der Versteifungsplatte angeordnete
10 Steuereinheit für die Ansteuerung der Verstellmotoren aller Lagereinheiten vorgesehen sein.

- Vorzugsweise kann eine Batterieeinheit für einen Notbetrieb des Verstellmotors, bevorzugt auf der der Nabe zugewandten Seite, auf der Versteifungsplatte angeordnet sein. Die Batterieeinheit kann für einen begrenzten Zeitraum eine autonome Versorgung des Verstellmotors
15 mit elektrischem Strom gewährleisten. Insbesondere kann die Batterieeinheit eine Kapazität aufweisen, die zumindest eine Notabschaltung der Windenergieanlage durch Anfahren der Fahnenstellung des Rotorblatts ermöglicht.

- In einigen Ausführungsformen bildet der erste Lagerring den Außenring der Lagereinheit und
20 die Verzahnung ist in dem nabenseitigen Endbereich der Rotornabenverlängerung ausgebildet. Diese Ausführungsformen haben den Vorteil, dass die über die Verzahnung eingebrachten Verstellkräfte durch die Rotornabenverlängerung von dem Laufbahnsystem der Lagereinheit beabstandet in die Lagereinheit eingebracht werden. Ringverformungen, wie sie durch
das Einbringen hoher Stell- bzw. Haltekräfte an der Verzahnung auftreten können, werden
25 so nur in abgeschwächter Form auf das Laufbahnsystem übertragen. Das Laufbahnsystem der Lagereinheit wird dadurch auch bei hohen Kräften nicht in seiner Funktion beeinträchtigt oder gar beschädigt. Insbesondere ist es bevorzugt, wenn die Verzahnung entlang der Erstreckung der Rotornabenverlängerung von dem Laufbahnsystem mit einem Abstand beab-
standet ist, der mindestens der Hälfte der axialen Erstreckung des zweiten Lagerrings ent-
30 spricht.

- In den Ausführungsformen, in denen der erste Lagerring den Außenring der Lagereinheit bildet, ist es bevorzugt, wenn die Versteifungsplatte nabenseitig mit dem zweiten Lagerring verschraubt ist. Auf diese Weise wird der axiale Abstand zwischen der Befestigung des Verstell-
35 motors auf der Versteifungsplatte und dem Zahneingriff des Antriebsritzels in der Verzahnung reduziert. Die Steifigkeit des Verstellantriebs ist dadurch erhöht.

Ferner kann optional eine zweite Versteifungsplatte blattseitig mit dem zweiten Lagerring verschraubt sein, die eine Ausnehmung für den Durchtritt des Verstellmotors aufweist. Die zweite Versteifungsplatte erzeugt eine weitere Versteifung der Blattanschlussfläche und trägt somit zu einer Vergleichmäßigung der in das Laufbahnsystem eingebrachten Kräfte bei. Die Ausnehmung der zweiten Versteifungsplatte erlaubt dabei weiterhin die Nutzung des Bau-
raums in der Blattwurzel für die Aufnahme des Verstellmotors.

In anderen Ausführungsformen bildet der erste Lagerring den Innenring der Lagereinheit und die Verzahnung ist innenseitig im Bereich des Laufbahnsystems ausgebildet. Diese Ausführungsformen haben den Vorteil, dass die Rotornabenverlängerung nicht den gesamten radialen Abstand zwischen der Anschlussfläche der Rotornabe und der Anschlussfläche des Rotorblattes überbrücken muss, sondern auch die radiale Breite des Laufbahnsystems der Lagereinheit zur Überbrückung des Abstandes beiträgt. Bei gegebenem Durchmesser Verhältnis von Blattwurzel zu Nabenanschlussfläche weisen diese Ausführungsformen einen geringeren radialen Hebelarm der Rotornabenverlängerung auf. Vorzugsweise ist in diesen Ausführungsformen die Versteifungsplatte blattseitig mit dem zweiten Lagerring verschraubt.

Bevorzugt weist die Rotornabenverlängerung eine allgemein konische Form auf, deren Durchmesser vom Laufbahnsystem zum nabenseitigen Endbereich hin abnimmt. Insbesondere ist es bevorzugt, wenn die Rotornabenverlängerung an ihrer nabenseitigen Befestigungsfläche einen Außendurchmesser aufweist, der kleiner ist, als ein Innendurchmesser des ersten Lagerrings im Bereich des Laufbahnsystems. Auf diese Weise wird der technische Vorteil erzielt, möglichst große Rotorblätter an einer möglichst kleinbauenden Nabe befestigen zu können. Der größere Durchmesser des Laufbahnsystems im Vergleich zum Außendurchmesser der Rotornabenverlängerung an der nabenseitigen Befestigungsfläche erhöht sich zudem die Tragfähigkeit der Blattlagerung, was sich günstig auf die Haltbarkeit und die Lebensdauer auswirkt.

Die Aufgabe wird ferner durch eine Windenergieanlage umfassend einen Turm, eine Gondel und einen drehbar an der Gondel gelagerten Rotor gelöst. Der Rotor umfasst eine Nabe und eine Mehrzahl von drehbar an der Nabe gelagerten Rotorblättern wobei mindestens eines der Rotorblätter an der Nabe mittels der vorstehend beschriebenen Lagereinheit gelagert ist.

Bevorzugt weist die Nabe in einem Anschlussbereich für die Lagereinheit ein ringförmiges Versteifungsmittel auf. Durch den Einsatz eines ringförmigen Versteifungsmittels im An-

schlussbereich der Nabe bleibt die Zugänglichkeit der Antriebskomponenten der Lagereinheit gewährleistet. Bei dem ringförmigen Versteifungsmittel kann es sich beispielsweise um einen angegossenen Versteifungsring handeln oder um eine Versteifungsplatte mit einer ausreichend großen zentralen Ausnehmung, die einen Zugriff auf die Komponenten des Verstellantriebs ermöglicht.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind der nachfolgenden Beschreibung und den Unteransprüchen zu entnehmen.

- Die Erfindung wird nachstehend anhand der in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

- Fig. 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Windenergieanlage, deren Rotorblätter mittels erfindungsgemäßer Lagereinheiten an der Nabe gelagert sind,
- Fig. 2 zeigt schematisch eine teilweise geschnittene, perspektivische Darstellung einer Rotornabe mit zwei erfindungsgemäßen Lagereinheiten nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,
- Fig. 3 und 4 zeigen schematisch teilweise geschnittene, perspektivische Detaildarstellungen der Lagereinheit gemäß Fig. 2, und
- Fig. 5 zeigt schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lagereinheit, in der der erste Lagerring den Innenring der Lagereinheit bildet.

Ausführungsformen der Erfindung

In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher in der Regel auch jeweils nur einmal benannt bzw. erwähnt.

In **Fig. 1** ist eine erfindungsgemäße Windenergieanlage 100 gezeigt. Die Windenergieanlage 100 umfasst einen Turm 110, eine Gondel 120 und einen drehbar an der Gondel 120 gelagerten Rotor 130. Der Rotor 130 umfasst eine Nabe 150 und eine Mehrzahl von drehbar an der Nabe 150 gelagerten Rotorblättern 140. Üblicherweise umfasst der Rotor 130 wie dargestellt drei Rotorblätter 140. Die Rotorblätter 140 sind drehbar an der Nabe gelagert, um eine

Leistungsregelung der Windenergieanlage 100 bei schwankenden Windverhältnissen zu ermöglichen. Darüber hinaus ist eine Verstellung der Rotorblätter 140 in die Fahnenstellung, also in Windrichtung, möglich, um die Leistungsaufnahme der Rotorblätter 140 zu minimieren und die Windenergieanlage 100 außer Betrieb zu nehmen.

5

Mindestens eines der Rotorblätter 140 ist an der Nabe 150 mittels einer erfindungsgemäßen Lagereinheit 1 gelagert. Vorzugsweise sind alle Rotorblätter 140 an der Nabe 150 mittels erfindungsgemäßen Lagereinheiten 1 gelagert.

10 Die erfindungsgemäßen Lagereinheiten 1 und deren Befestigung an der Nabe 150 werden nachfolgend mit Bezug zu den Figuren 2 bis 5 näher erläutert.

In **Fig. 2 bis Fig. 4** ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Lagereinheit 1 dargestellt, die an der Nabe 150 einer Windenergieanlage befestigt ist. Fig. 2 zeigt eine perspektivische, teilweise geschnittene Darstellung einer Nabe 150 mit zwei daran befestigten Lagereinheiten 1. In einem Anschlussbereich C für die Lagereinheit 1 weist die Nabe 150 ein ringförmiges Versteifungsmittel 160 auf. Das ringförmige Versteifungsmittel 160 ist hier als ein angegossener Versteifungsring ausgebildet. Ein solches ringförmiges Versteifungsmittel 160 erlaubt den Zugriff auf die Komponenten der Lagereinheit 1 vom Inneren der Nabe 150 aus und vereinfacht auf diese Weise Montage- und Wartungsarbeiten.

Das in den Figuren 2 bis 4 dargestellte erste Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lagereinheit 1 für die Befestigung und Winkelverstellung eines Rotorblattes an einer Nabe 150 einer Windenergieanlage umfasst einen ersten Lagerring 2 mit ersten Befestigungsbohrungen 3 zur Befestigung an der Nabe 150 und einen zweiten Lagerring 4 mit zweiten Befestigungsbohrungen 5 zur Befestigung an dem Rotorblatt 140 (vgl. Fig. 1). Der zweite Lagerring 4 ist coaxial zu dem ersten Lagerring 2 und gegenüber dem ersten Lagerring 2 um die gemeinsame Achse A verdrehbar angeordnet.

30 Der erste Lagerring 2 ist einstückig mit einer Rotornabenverlängerung 10 ausgebildet. Die Rotornabenverlängerung 10 erstreckt sich nabenseitig in axialer Richtung A über den zweiten Lagerring 4 hinaus. Die ersten Befestigungsbohrungen 3 sind im nabenseitigen Endbereich E der Rotornabenverlängerung 10 angeordnet.

35 Bevorzugt ist die Rotornabenverlängerung 10 konisch ausgebildet und verbreitert sich von dem nabenseitigen Endbereich E im Durchmesser zu der blattseitigen Befestigungsfläche.

Insbesondere bevorzugt ist es, wenn die Rotornabenverlängerung 10 an ihrer nabenseitigen Befestigungsfläche 22 einen Außendurchmesser D aufweist, der kleiner ist als ein Innendurchmesser d des ersten Lagerrings 2 im Bereich des Laufbahnsystems 6 (vgl. Fig. 2).

5 Die Lagereinheit 1 umfasst ferner mindestens eine Reihe von zwischen den Lagerringen (2, 4) in einem Laufbahnsystem 6 abrollbaren Wälzkörpern 7, 8. Nach dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind drei Reihen von Wälzkörpern vorgesehen, insbesondere zwei Axialrollenreihen 7 und eine Radialrollenreihe 8. Die Wälzkörper können beispielsweise Zylinderrollen, Kegelrollen oder Kugeln sein. Um den Zusammenbau des Laufbahnsystems 6 mit den
10 Wälzkörperreihen zu vereinfachen, kann es abhängig von der Lagerbauweise vorgesehen sein, dass der erste Lagerring 2 und/oder der zweite Lagerring 4 zumindest zweiteilig ausgebildet ist, beispielsweise mit einem Tragring 2'; 4' und einem Haltering 2"; 4". Auch wenn die Erfindung grundsätzlich mit allen denkbaren Arten von Wälzkörpern 7, 8 und Laufbahnsystemen 6 anwendbar ist, ist es bevorzugt, wenn die Lagerringe 2, 4 mit dem Laufbahnsystem 6
15 und den Wälzkörpern 7, 8 eine dreireihige Rollendrehverbindung (wie in den Figuren dargestellt) oder ein doppelreihiges Vierpunktkugellager (nicht dargestellt) bilden. Kombinationen aus Rollen- und Kugellaufbahnen sind ebenso ggf. möglich.

Schließlich umfasst die Lagereinheit 1 einen Verstellantrieb 9, der zur Winkelverstellung der
20 beiden Lagerringe 2, 4 zueinander eingerichtet ist. Der Verstellantrieb 9 umfasst mindestens einen elektrischen Verstellmotor 11, eine von dem Verstellmotor 11 angetriebene Welle 12 und ein auf der Welle 12 angeordnetes Antriebsritzel 13. Das Antriebsritzel 13 kämmt mit einer innenseitig an dem ersten Lagerring 2 ausgebildeten Verzahnung 14. Die Verzahnung 14 ist vorzugsweise über den gesamten Umfang der Lagereinheit 1 vorgesehen. Denkbar ist jedoch auch eine Verzahnung 14, die nur segmentweise am Innenumfang der Lagereinheit 1
25 ausgebildet ist, wobei dann der Zentrumswinkel des Verzahnungssegments/der Verzahnungssegmente dem maximalen Verstellwinkel des Verstellantriebs 9 entspricht. Die Verzahnungssegmente können beispielsweise einen Zentrumswinkel zwischen 30° und 360° aufweisen.

30 Der elektrische Verstellmotor 11 ist blattseitig auf einer an dem zweiten Lagerring 4 montierten Versteifungsplatte 15 angeordnet, die eine exzentrische Ausnehmung 16 aufweist, durch die sich die Welle 12 erstreckt. Für die Befestigung des elektrischen Verstellmotors 11 sind an der Versteifungsplatte 15 Befestigungsmittel vorgesehen, wie beispielsweise ein Flansch
35 oder ein Lochkreis (nicht dargestellt). Bevorzugt erstreckt sich der Verstellmotor 11 in axialer Richtung A blattseitig über den zweiten Lagerring 4 hinaus und nutzt so den im Rotorblatt

140 zur Verfügung stehenden Bauraum. Der Verstellmotor 11 erstreckt sich demnach in axialer Richtung A vorzugsweise vollständig im Bereich der Lagereinheit 1 und gegebenenfalls des Rotorblatts 140.

- 5 Abhängig von der Auslegung der Windenergieanlage 100 kann die Lagereinheit 1 auch mit mehreren über den Umfang der Verzahnung 14 verteilt angeordneten elektrischen Verstellmotoren 11 gleicher Bauweise ausgestattet sein. Dies kann insbesondere für Windenergieanlagen 100 im Multi-Megawatt-Bereich von Vorteil sein, um die einwirkenden Kräfte besser über den Verzahnungskreis zu verteilen.

10

Bevorzugt umfasst der Verstellantrieb 9 ein Getriebe 17, das zwischen den Verstellmotor 11 und die Welle 12 zwischengeschaltet ist, um die Motorgeschwindigkeit auf eine bevorzugte Verstellgeschwindigkeit des Rotorblatts 140 umzusetzen. Der Verstellmotor 11 kann mittels des Getriebes 17 an der Versteifungsplatte 15 befestigt sein.

15

Wie ebenfalls aus dem ersten Ausführungsbeispiel erkenntlich, ist es ein Vorteil der Erfindung, dass die Versteifungsplatte 15, die zur Befestigung des Verstellmotors 11 dient, zugleich für die bauraumoptimierte Anordnung der Motorsteuerung Verwendung finden kann.

- 20 So ist es bevorzugt vorgesehen, dass eine Steuereinheit 18 zur Ansteuerung des elektrischen Verstellmotors 11 nabenseitig auf der Versteifungsplatte 15 angeordnet ist. Ebenfalls

kann vorzugsweise eine Batterieeinheit 19 für einen Notbetrieb des Verstellmotors 11 nabenseitig auf der Versteifungsplatte 15 angeordnet sein. Zusätzlich oder als Teil der

Steuereinheit 18 kann ein Umrichter 23 nabenseitig auf der Versteifungsplatte 15 angeordnet sein. Vorzugsweise erstrecken sich die Steuereinheit 18 und/oder die Batterieeinheit 19

- 25 und/oder der Umrichter 23 in axialer Richtung A vollständig innerhalb der Lagereinheit 1. Der Innenraum der Nabe 150 kann damit vorzugsweise vollständig frei bleiben von Komponenten zur Ansteuerung des Verstellantriebs 9 und diese o. g. Komponenten des Verstellantriebs in der Rotornabenverlängerung können unabhängig von der Nabe montiert werden.

- 30 Entsprechend dem ersten Ausführungsbeispiel bildet der erste Lagerring 2 den Außenring der Lagereinheit 1 und die Verzahnung 14 ist in dem nabenseitigen Endbereich E der Rotornabenverlängerung 10 ausgebildet. Um eine möglichst hohe Steifigkeit des Verstellantriebs 9 zu erreichen, ist es bevorzugt, dass die Versteifungsplatte 15 nabenseitig mit dem zweiten Lagerring 4 verschraubt ist. Dadurch wird der axiale Abstand zwischen der Befestigung des
- 35 Verstellmotors 11 an der Versteifungsplatte 15 und dem Zahneingriff des Antriebsritzels 13 reduziert.

Zusätzlich kann eine zweite Versteifungsplatte 20 blattseitig mit dem zweiten Lagerring 4 verschraubt sein, die eine Ausnehmung 21 für den Durchtritt des Verstellmotors 11 aufweist. Die beiden Versteifungsplatten 15, 20 bilden zusammen mit dem zweiten Lagerring 4 nach
5 Art einer Sandwich-Bauweise eine besonders verwindungssteife Konstruktion zur Befestigung des Rotorblattes 140 mit einem vergleichsweise geringen Gewicht, was sich für die Lastenleitung ins Blatt günstig auswirkt.

Die erste Versteifungsplatte 15 und – soweit vorhanden – auch die zweite Versteifungsplatte
10 20 weisen bevorzugt eine Öffnung 24 für Wartungsarbeiten auf. Die Öffnung 24 ist vorzugsweise so bemessen, dass ein Monteur durch die Öffnung hindurch in das Blattinnere hineinsteigen kann. Vorzugsweise ist die Öffnung 24 zentral in der Versteifungsplatte 15, 20 angeordnet.

Wie insbesondere aus Fig. 4 ersichtlich, kann die Verzahnung 14 entlang der Erstreckung der Rotornabenverlängerung 10 von dem Laufbahnsystem 6 mit einem Abstand X beabstandet sein, der mindestens der Hälfte der axialen Erstreckung Y des zweiten Lagerrings 4 entspricht. Diese ausreichend große Beabstandung der Verzahnung 14 schützt das Laufbahnsystem 6 zuverlässig vor dem Eintrag unzulässig großer Verstellkräfte, die das Laufbahnsystem 6 und/oder die Wälzkörper 7, 8 schädigen könnten. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel übersteigt der Abstand X sogar die axiale Erstreckung Y des zweiten Lagerrings 4.
20

In **Fig. 5** ist ein zweites Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lagereinheit 1 gezeigt. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel bildet der erste Lagerring 2 den Innenring
25 der Lagereinheit 1 und die Verzahnung 14 ist innenseitig im Bereich des Laufbahnsystems 6 ausgebildet. Ferner ist die Versteifungsplatte 15 blattseitig mit dem zweiten Lagerring 4 verschraubt.

Im Übrigen gelten die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 bis 4 für
30 das zweite Ausführungsbeispiel entsprechend.

Bezugszeichenliste

	1	Lagereinheit
	2	erster Lagerring
5	2'	Tragring
	2''	Haltering
	3	erste Befestigungsbohrungen
	4	zweiter Lagerring
	4'	Tragring
10	4''	Haltering
	5	zweite Befestigungsbohrungen
	6	Laufbahnsystem
	7, 8	Wälzkörperreihen
	9	Verstellantrieb
15	10	Rotornabenverlängerung
	11	elektrischer Verstellmotor
	12	Welle
	13	Antriebsritzel
	14	Verzahnung
20	15	Versteifungsplatte
	16	Ausnehmung
	17	Getriebe
	18	Steuereinheit
	19	Batterieeinheit
25	20	zweite Versteifungsplatte
	21	Ausnehmung in zweiter Versteifungsplatte
	22	nabenseitige Befestigungsfläche der Rotornabenverlängerung
	23	Umrichter
	24	Öffnung
30	100	Windenergieanlage
	110	Turm
	120	Gondel
	130	Rotor
	140	Rotorblatt
35	150	Nabe
	160	ringförmiges Versteifungsmittel

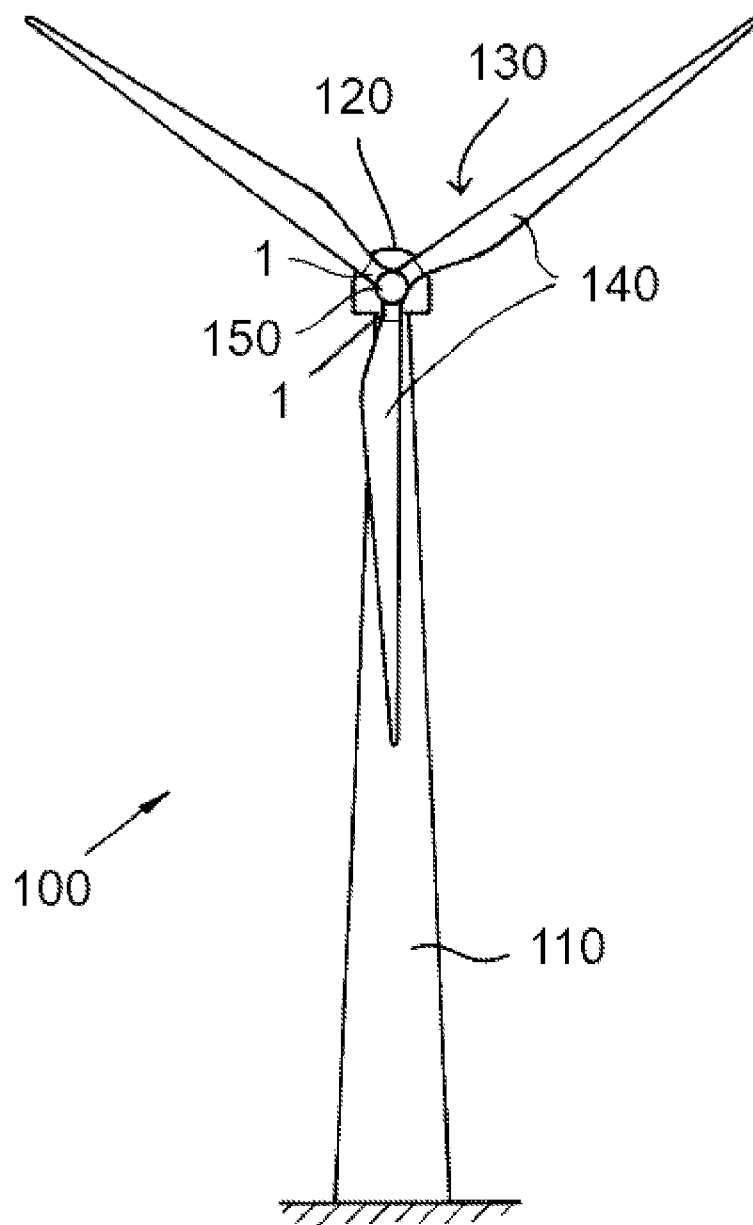
- A Achse der Lagereinheit
- C Anschlussbereich der Nabe
- d Innendurchmesser des ersten Lagerrings im Bereich des Laufbahnsystems
- D Außendurchmesser des ersten Lagerrings an der nabenseitigen Befestigungs-
fläche
- E nabenseitiger Endbereich der Rotornabenverlängerung
- X Abstand
- Y axiale Erstreckung des zweiten Lagerrings

PATENTANSPRÜCHE

1. Lagereinheit für die Befestigung und Winkelverstellung eines Rotorblattes (140) an einer Nabe (150) einer Windenergieanlage (100), umfassend
- 5 einen ersten Lagerring (2) mit ersten Befestigungsbohrungen (3) zur Befestigung an der Nabe (150),
- einen zweiten Lagerring (4) mit zweiten Befestigungsbohrungen (5) zur Befestigung an dem Rotorblatt (140), wobei der zweite Lagerring (4) coaxial zu dem ersten Lagerring (2) und gegenüber dem ersten Lagerring (2) um die gemeinsame Achse
- 10 (A) verdrehbar angeordnet ist,
- mindestens eine Reihe von zwischen den Lagerringen in einem Laufbahnsystem (6) abrollbaren Wälzkörpern (7, 8),
- und einen Verstellantrieb (9), der zur Winkelverstellung der beiden Lagerringe (2, 4) zueinander eingerichtet ist,
- 15 wobei der erste Lagerring (2) einstückig mit einer Rotornabenverlängerung (10) ausgebildet ist, die sich nabenseitig in axialer Richtung (A) über den zweiten Lagerring (4) hinaus erstreckt und in deren nabenseitigem Endbereich (E) die ersten Befestigungsbohrungen (3) angeordnet sind,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- 20 der Verstellantrieb (9) mindestens einen elektrischen Verstellmotor (11), eine von dem Verstellmotor (11) angetriebene Welle (12) und ein auf der Welle (12) angeordnetes Antriebsritzel (13) umfasst, das mit einer innenseitig an dem ersten Lagerring (2) ausgebildeten Verzahnung (14) kämmt, wobei der Verstellmotor (11) blattseitig auf einer an dem zweiten Lagerring (4) montierten Versteifungsplatte
- 25 (15) angeordnet ist und sich die Welle (12) durch eine exzentrisch angeordnete Ausnehmung (16) in der Versteifungsplatte (15) erstreckt.
2. Lagereinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verstellantrieb (9) ein Getriebe (17) umfasst, das zwischen den Verstellmotor (11) und die Welle (12) zwischengeschaltet ist.
- 30
3. Lagereinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Steuereinheit (18) zur Ansteuerung des Verstellmotors (11), vorzugsweise auf der der Nabe (150) zugewandten Seite, auf der Versteifungsplatte (15) angeordnet ist.

4. Lagereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Batterieeinheit (19) für einen Notbetrieb des Verstellmotors (11), vorzugsweise auf der der Nabe zugewandten Seite, auf der Versteifungsplatte (15) angeordnet ist.
5. Lagereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Verstellmotor (11) in axialer Richtung (A) blattseitig über den zweiten Lagerring (4) hinaus erstreckt.
6. Lagereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Lagerring (2) den Außenring der Lagereinheit (1) bildet und die Verzahnung (14) in dem nabenseitigen Endbereich (E) der Rotornabenverlängerung (10) ausgebildet ist.
7. Lagereinheit nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Versteifungsplatte (15) nabenseitig mit dem zweiten Lagerring (4) verschraubt ist.
8. Lagereinheit nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite Versteifungsplatte (20) blattseitig mit dem zweiten Lagerring (4) verschraubt ist, die eine Ausnehmung (21) für den Durchtritt des Verstellmotors (11) aufweist.
9. Lagereinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verzahnung (14) entlang der Erstreckung der Rotornabenverlängerung (10) von dem Laufbahnsystem (6) mit einem Abstand (X) beabstandet ist, der mindestens der Hälfte der axialen Erstreckung (Y) des zweiten Lagerrings entspricht.
10. Lagereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Lagerring (2) den Innenring der Lagereinheit (1) bildet und die Verzahnung (14) innenseitig im Bereich des Laufbahnsystems (6) ausgebildet ist.
11. Lagereinheit nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Versteifungsplatte (15) blattseitig mit dem zweiten Lagerring (4) verschraubt ist.
12. Lagereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Rotornabenverlängerung (10) an ihrer nabenseitigen Befestigungsfläche (22) einen Außendurchmesser (D) aufweist, der kleiner ist, als ein Innendurchmesser (d) des ersten Lagerrings (2) im Bereich des Laufbahnsystems (6).

13. Windenergieanlage (100) umfassend einen Turm (110), eine Gondel (120) und einen drehbar an der Gondel (120) gelagerten Rotor (130), wobei der Rotor (130) eine Nabe (150) und eine Mehrzahl von drehbar an der Nabe (150) gelagerten Rotorblättern (140) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eines der Rotorblätter (140) an der Nabe (150) mittels einer Lagereinheit (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 gelagert ist.
14. Windenergieanlage (100) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nabe (150) in einem Anschlussbereich (C) für die Lagereinheit (1) ein ringförmiges Versteifungsmittel (160) aufweist.

**Fig. 1**

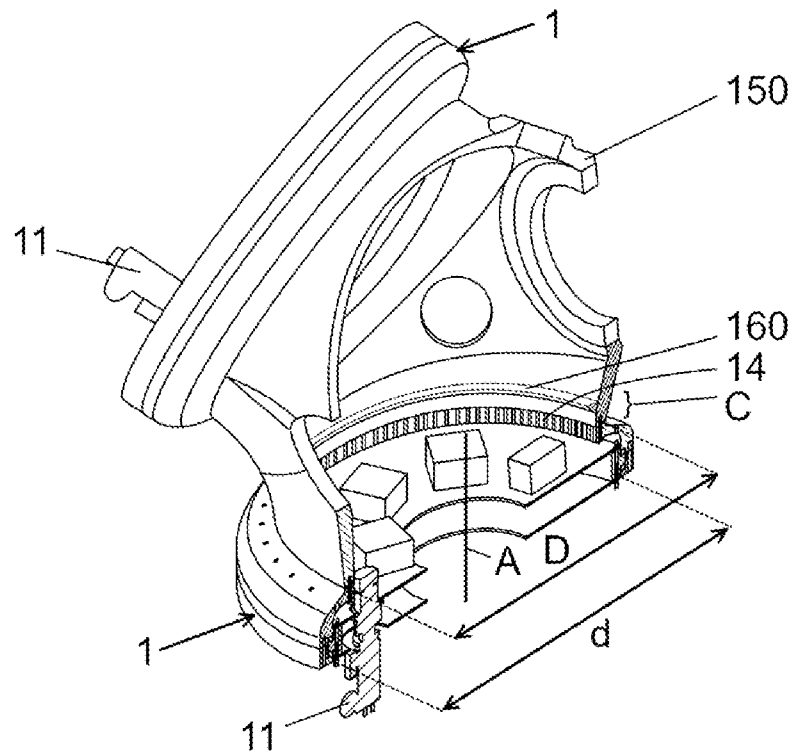


Fig. 2

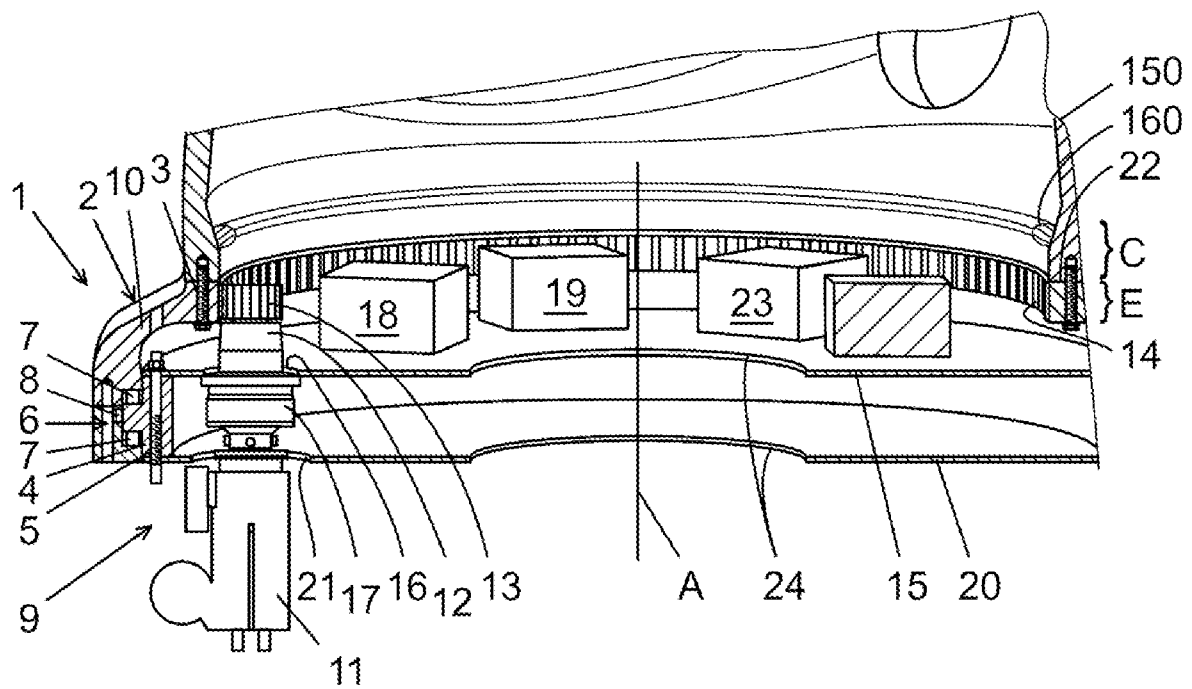


Fig. 3

