



(10) **DE 20 2012 002 913 U1** 2012.06.14

(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2012 002 913.4**

(22) Anmeldetag: **07.02.2012**

(47) Eintragungstag: **19.04.2012**

(43) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **14.06.2012**

(51) Int Cl.: **F03D 11/04 (2012.01)**

**F16C 19/00 (2012.01)**

**F16C 19/54 (2012.01)**

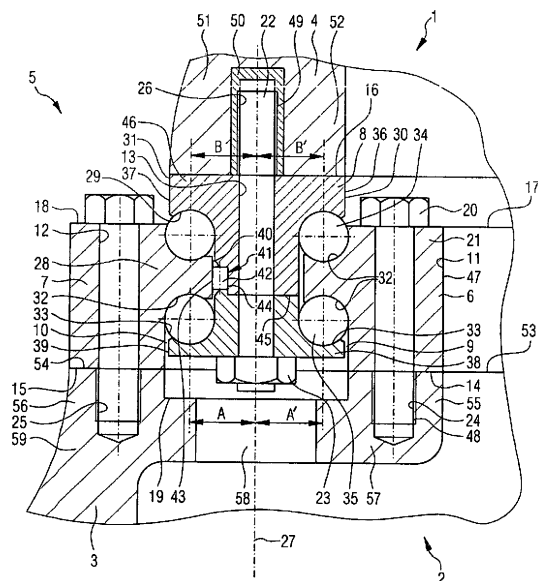
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**IMO Holding GmbH, 91350, Gremsdorf, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Wälzlageranordnung**

(57) Hauptanspruch: Wälzlageranordnung (5; 5'; 5''), vorzugsweise Großwälzlager mit einem Durchmesser von 0,5 m oder mehr, zur Lagerung von Teilen einer Windkraftanlage (1; 1'; 1''), insbesondere als Blattlager (5; 5'; 5'') einer Windkraftanlage (1; 1'; 1''), mit wenigstens zwei konzentrisch zueinander sowie zumindest bereichsweise ineinander angeordneten, ringförmigen, gegeneinander verdrehbaren Elementen (6–8) zum Anschluss an gegeneinander verdrehbaren Teilen der Windkraftanlage (1; 1'; 1''), wobei zwei gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente (6–8) durch einen Spalt (9, 10) voneinander getrennt sind und einander in ihrer radialen Erstreckung zumindest teilweise überlappen, wobei ferner im Bereich eines Spaltes (9, 10) in radial überlappenden Bereichen der ringförmigen Anschlusselemente (6–8) wenigstens zwei Reihen von Wälzkörpern (34, 35) vorgesehen sind, welche jeweils entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen (32, 33) abrollen, gekennzeichnet durch insgesamt wenigstens drei ringförmige, gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente (6–8) mit je einer vorzugsweise ebenen Anschlussfläche (15–17) zum Anschluss an insgesamt zwei verschiedenen Maschinen- oder Anlagenteilen,...



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung richtet sich einerseits auf eine Wälzlageranordnung, vorzugsweise auf ein Großwälzlager mit einem Durchmesser von 0,5 m oder mehr, zur Lagerung von Teilen einer Windkraftanlage, insbesondere als Blattlager einer Windkraftanlage, mit wenigstens zwei konzentrisch zueinander sowie zumindest bereichsweise ineinander angeordneten, ringförmigen, gegeneinander verdrehbaren Anschlusselementen zum Anschluss an gegeneinander verdrehbaren Teilen der Windkraftanlage, wobei zwei gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente durch einen Spalt voneinander getrennt sind und einander in radialer Richtung ganz oder teilweise überlappen, wobei ferner im Bereich eines Spaltes in radial überlappenden Bereichen der ringförmigen Anschlusselemente wenigstens zwei Reihen von Wälzkörpern vorgesehen sind, welche jeweils entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollen; sowie andererseits auf eine derartige Wälzlageranordnung als Blattlager einer Windkraftanlage mit einem Windrad, das um eine zur Windrichtung etwa parallele Achse rotiert, wobei von der Nabe des Rotors ein oder vorzugsweise mehrere, langgestreckte Rotorblätter etwa radial auskragend sowie mittels je eines Blattlagers um ihre Längsachse verdrehbar angeordnet sind.

**[0002]** Großwälzlager mit einem Durchmesser von 0,5 m oder mehr zur Lagerung der Rotorblätter an der Nabe des Windrades einer Windkraftanlage sind extremen mechanischen Belastungen ausgesetzt.

**[0003]** Denn bereits im Fall einer gleichbleibenden Windbelastung erzeugt der Winddruck neben einer Radialkraft auch sehr starke Kippmomente, da die Wurzel des Rotorblattes im Gegensatz zu dessen Spitze dem Winddruck nicht nachgeben kann und somit als Drehpunkt wirkt. Während das Rotorblatt der tangential zum Nabenumfang gerichteten Momentenkomponente unter Antrieb des Nabens rotors ausweichen kann, ist dies gegenüber der Momentenkomponente parallel zur Rotorachse nicht möglich. Diese nicht unerhebliche Belastung muss das Rotorlager ohne nachzugeben ständig auf die Nabe übertragen.

**[0004]** Hinzu kommt die aus der Gewichtskraft des Rotorblattes resultierende Belastung. Diese ändert sich bei jedem Umlauf eines Rotorblattes um die Nabe: Steht das Rotorblatt vertikal, wirkt dessen Gewichtskraft in Richtung der Blattlagerdrehachse als weitgehend harmlose, axiale Zug- oder Druckkraft. Bei einer horizontalen Stellung des Rotorblattes ergibt sich jedoch eine Kombination aus einer Radialkraft und einem Kippmoment, wobei letzteres für das Wälzlager die größere Belastung darstellt. Besonders die mit der ständig wechselnden Kraft- und

Momentenrichtung verbundene Wechsellast ist nur schwer zu beherrschen.

**[0005]** Hinzu kommen weitere, nicht unerhebliche Wechsellasten, bspw. infolge unterschiedlicher Windgeschwindigkeiten in verschiedener Höhe, welchen ein Rotorblatt während seiner Kreisbahn immer wieder ausgesetzt ist, so dass u. a. auch das Antriebsmoment nicht konstant ist, sondern ständig schwankt.

**[0006]** Nicht vergessen werden sollte in diesem Zusammenhang der Umstand, dass nicht selten eben keine gleichförmige Windströmung vorliegt, sondern böiger Wind mit ständig und unvorhersehbar variierender Windrichtung und -stärke, welche eine noch so gute Regelung nicht ausregeln kann, da es hierfür kein Rechenmodell gibt.

**[0007]** Schließlich darf nicht unerwähnt bleiben, dass ein Rotorblatt jahrelang jeglicher Witterung ausgesetzt bleibt – und damit auch Stürmen oder gar Orkanen nicht ausweichen kann, selbst wenn es so weit als möglich aus dem Wind genommen wird.

**[0008]** Daraus ist ersichtlich, dass Rotorlager wahre Wunder zu vollbringen haben, um das Rotorblatt trotz all dieser Widrigkeiten über viele Jahre hinweg zu stabilisieren.

**[0009]** Aus diesem Grunde ist bspw. in der WO 2008/052778 A1 vorgeschlagen worden, als Blattlager mehrreihige Kugellager einzusetzen, wobei bis zu sechs Kugelreihen eine ausreichende Stabilität erzielen sollen. Gerade zur Aufnahme von Kippmomenten werden besonders starke Axiallagerreihen verwendet; davon sind bis zu fünf Reihen vorgesehen, bei vorzugsweise nur einer einzigen, radial wirkenden Kugelreihe. Dabei sieht die Vorerfindung vor, bis zu drei axialen Kugellagerreihen in einer gemeinsamen Ebene anzuordnen, sozusagen koaxial ineinander. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sich bei einer derartigen Vielzahl von Wälzkörperreihen nicht nur der Zusammenbau des Lagers sehr kompliziert gestaltet; auch der Anschluss der einzelnen Lagerringe an dem Rotorblatt einerseits und an der Nabe des Windrades andererseits ist problematisch. Denn die Laufbahnen für drei konzentrisch zueinander angeordnete Wälzkörperreihen nehmen die gesamte Breite eines Wälzlagererrings ein und erstrecken sich entlang von dessen gesamter Stirnseite nebeneinander bzw. konzentrisch ineinander. Diese Stirnseite ist daher weder als Anschlussfläche verwendbar noch lassen sich dort irgendwelche Befestigungsmittel anordnen. Als Ausweg ist die gegenüberliegende Stirnseite als Anschlussfläche konzipiert und trägt kranzförmig verteilt angeordnete Sacklochbohrungen mit Innengewinde zum Eindrehen von Gewindeschrauben. Diese Befestigungstechnik ist jedoch für moderne Rotorblätter und/oder Naben von Wind-

rädern nicht immer geeignet, insbesondere wenn dort ihrerseits nur Sacklochbohrungen mit Innengewinde zum Eindrehen von Gewindeschrauben vorgesehen sind.

**[0010]** Aus den Nachteilen des beschriebenen Standes der Technik resultiert das die Erfindung initierende Problem, eine gattungsgemäße Wälzlageranordnung bzw. eine damit ausgerüstete Windkraftanlage derart weiterzubilden, dass trotz hoher oder höchster Stabilität insbesondere gegenüber Kippmomenten und/oder Wechsellasten möglichst keine Einschränkungen hinsichtlich dem Anschluss an den betreffenden Maschinen- oder Anlagenkomponenten, insbesondere an einem Rotorblatt eines Windrades einerseits und der Nabe einer Windkraftanlage andererseits, zu beachten sind.

**[0011]** Die Lösung dieses Problems gelingt dadurch, dass eine gattungsgemäße Wälzlageranordnung insgesamt wenigstens drei ringförmige, gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente aufweist mit je einer ebenen Anschlussfläche zum Anschluss an insgesamt zwei verschiedenen Maschinen- oder Anlagenteilen, wobei die drei ringförmigen Anschlusselemente radial ineinander angeordnet sind und das radial innerste Anschlusselement sowie das radial äußerste Anschlusselement an einem Maschinen- oder Anlagenteil angeschlossen sind und das radial mittlere Anschlusselement an dem jeweils anderen Maschinen- oder Anlagenteil angeschlossen ist.

**[0012]** Demgemäß wird bei der Erfindung das mittlere Anschlusselement von den anderen beiden nur an zwei Seiten umgriffen, nämlich an seiner radial inneren und an seiner radial äußeren Seite. Während bei der WO 2008/052778 A1 ein ringförmiges Anschlusselement an bis zu drei Seiten umgriffen wird, wird bei der Erfindung zwar das mittlere Anschlusselement an seiner Innen- und Außenseite von je einem weiteren Anschlusselement flankiert; diese versperren jedoch nicht den Zugang zu den beiden Stirnseiten des mittleren Anschlusselements; insbesondere dient keine der beiden Stirnseiten des mittleren Anschlusselements als Laufbahn für Wälzkörperreihen gleich welcher Gestalt. Stattdessen besteht die Möglichkeit, eine Stirnseite des mittleren Rings als Anschlussfläche zu verwenden und darin ggf. Durchgangsbohrungen zur Befestigung an einem Maschinen- oder Anlagenteil anzuordnen, so dass auch eine Befestigung mittels dort hindurchgesteckter und in die Anschlusskonstruktion eingeschraubter Schrauben möglich ist. An der der Anschlussfläche gegenüber liegenden Stirnseite finden dann die Unterseiten der Schraubenköpfe hinreichend Platz zur Anlage und können damit das Anschlusselement fest gegen die Anschlusskonstruktion pressen. Ein weiterer, keinesfalls zu unterschätzender Vorteil besteht darin, dass genau genommen eigentlich zwei zueinander konzentrische Lager vorhanden sind, so dass bspw.

eine Demontage eines Rings möglich ist und/oder der Austausch der Wälzkörper einer derartigen Lager-Teilbaugruppe, während die jeweils andere Lager-Teilbaugruppe vorübergehend alleine die Stabilisierung des Rotorblattes übernimmt.

**[0013]** Es hat sich als günstig erwiesen, dass im Bereich jedes der beiden Spalte in radial überlappenden Bereichen der ringförmigen Anschlusselemente jeweils wenigstens zwei Reihen von Wälzkörpern vorgesehen sind, welche jeweils entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollen. Indem die Lagerlaufbahnen selbst in radial überlappenden Bereichen der betreffenden Anschlusselemente angeordnet sind, sind diese in der Lage, teilweise oder überwiegend axiale Kräfte zu übertragen. Gerade dies ist aber bei Großlagern für Strömungskraftanlagen, insbesondere für die Rotorblätter von Windkraftanlagen, besonders wichtig, um die dort verstärkt auftretenden Kippmomente aufnehmen und beherrschen zu können. Je eine der beiden Wälzlagerreihen in einem Spalt übernimmt dabei axiale Druckkräfte, die andere axiale Zugkräfte. Durch die doppelte Anordnung dieser beiden Reihen, nämlich jeweils wenigstens zwei derartige Reihen pro Spalt, werden die auftretenden Axialkräfte von dem mittleren Ring gleichmäßig an dessen radialer Innenseite und an dessen radialer Außenseite abgeleitet, so dass eine bspw. elliptische Verformung des mittleren Rings nicht zu befürchten ist. Auch eine Verformung der beiden äußeren Ringe ist nicht zu befürchten, weil dort jeweils nur die halben Axialkräfte auftreten. Auch die Wälzkörper selbst werden geschont, weil deren Anzahl gegenüber herkömmlichen Lagerbauformen mindestens verdoppelt ist.

**[0014]** Eine bevorzugte Realisierung erfährt die Erfindung dadurch, dass das mittlere Anschlusselement in axialer Richtung in wenigstens drei Abschnitte gegliedert ist, nämlich einen ersten, an seine Anschlussfläche angrenzenden Abschnitt, einen zweiten, an seine gegenüber liegende Stirnseite angrenzenden Abschnitt sowie einen dritten, dazwischen angeordneten Abschnitt, der gegenüber den ersten beiden in radialer Richtung gleichermaßen vor- oder zurück springt. An den Übergängen zwischen dem ersten und dem dritten Abschnitt sowie zwischen dem zweiten und dem dritten Abschnitt ergeben sich jeweils Stufen, deren überhängende Bereiche als Laufbahnen ausgebildet sind. Indem der dritte, also mittlere Abschnitt gegenüber den anderen beiden Abschnitten entweder vom Zentrum des mittleren Rings in radialer Richtung vorspringt oder zurückweicht, ergeben sich jeweils wenigstens zwei derartige Stufen pro Spalt.

**[0015]** Sofern pro Spalt zwei einander radial entgegen laufende, stufenförmige Versetzungen vorgesehen sind, nämlich zwischen einem mittleren Abschnitt

und zwei äußeren – einem oberen und einem unteren – Abschnitten, so hat der mittlere Abschnitt entweder die Gestalt einer rundumlaufenden Nase bzw. eines rundumlaufenden Bundes oder die Gestalt einer rundumlaufenden Nut bzw. Vertiefung. An deren Flanken befindet sich je eine Laufbahn des mittleren Anschlusselements. Diese beiden Laufbahnen sind daher entweder einander zugewandt, nämlich im Fall einer rundumlaufenden Nut oder Vertiefung, oder sie sind beide einander abgewandt, nämlich im Fall einer rundumlaufenden Nase oder Erhebung. Jedenfalls weisen diese beiden, dem selben Spalt zugeordneten Laufbahnen des mittleren Anschlusselements in entgegengesetzte axiale Richtungen, so dass die darauf abrollenden Wälzkörper jeweils Axialkräfte in unterschiedlichen Axialrichtungen übertragen können.

**[0016]** Bevorzugt sind die entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollenden Wälzkörper als Kugeln ausgebildet. Kugelförmige Wälzkörper können je nach Anordnung der Laufbahnen beliebige Tragwinkel zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  einnehmen und somit also neben Axialkräften gleichzeitig auch Radialkräfte übertragen. Daher könnte bei einer derartigen Anordnung auf eine Radialreihe verzichtet oder jene erheblich kleiner dimensioniert werden.

**[0017]** Die Erfindung erfährt eine bevorzugte Weiterbildung durch insgesamt wenigstens vier Reihen von zwischen jeweils zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollenden, kugelförmigen Wälzkörpern. Wie oben bereits angedeutet, ergibt sich eine derartige Anordnung bei zwei in radialer Richtung gegeneinander versetzten Wälzkörperreihen pro Spalt, wobei die beiden Spalte ja in radialer Richtung gegeneinander versetzt sind.

**[0018]** Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass sich die Mittelpunkte der kugelförmigen Wälzkörper der vier Kugelreihen entlang von vier Kreisbahnen um die Drehachse des Wälzlagers bewegen, deren Durchstoßpunkte durch eine Querschnittsebene des Wälzlagers radial zu dessen Drehachse an den Ecken eines Vierecks liegen, vorzugsweise an den Ecken eines Rechtecks oder Quadrats. Durch den zuvor erläuterten axialen Versatz der Wälzkörperreihen pro Spalt und den radialen Versatz zwischen den beiden Spalten resultiert eine derartige Anordnung der Wälzkörper in einem Viereck des Wälzlagerquerschnitts bzw. entlang der Kanten eines virtuellen, zu einem Kreis um die Lagerdrehachse gebogenen Vierkantstabs. Sofern dieser virtuelle, ringförmig gebogene Vierkantstab jeweils rechtwinklige Kanten aufweist, liegen die Wälzkörperreihen jeweils symmetrisch zueinander, und auftretende Kräfte werden daher jeweils symmetrisch aufgeteilt, so dass der mittlere Ring bei rein axialen Belastungen – Axialkräften und/

oder Kippmomenten – keine radiale Verbiegung erfährt, also in höchstem Maße steif reagiert.

**[0019]** Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass die Verbindungslinie zwischen zwei einander diametral gegenüber liegenden Ecken des Vierecks der Mittelpunkts-Kreisbahnen die betreffenden Laufbahnquerschnitte allesamt entweder im oder nahe dem Zentrum ihres Schmiegebereichs schneidet oder an jeder der betreffenden zwei Kugelreihen jeweils die dortige Verbindungslinie zwischen den Zentren der Schmiegebereiche beider Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe etwa rechtwinklig schneidet. Während im ersteren Falle bei der Überlagerung von Axial- und Radialkräften die von den beteiligten vier Wälzkörperreihen übertragenen Kräfte ähnlich wie bei einem X zu einem gemeinsamen Zentrum hin oder von diesem Weg gerichtet sind, laufen die Kraftlinien der zu übertragenen Kräfte im zweiten Fall ähnlich der Seitenkanten einer Raute oder eines auf der Spitze stehenden Quadrats etwa tangential zu dem Zentrum des Ringquerschnitts. Zwar wird im ersteren Falle der mittlere Ring querschnittlich auf Druck belastet und kann sozusagen zwischen den beiden äußeren Ringen „eingespannt“ werden, und Verwindungskräften wird in geringerem Maße entgegengewirkt, während dies im letzteren Falle genau umgekehrt ist; dennoch weist in beiden Fällen jede der vier potentiellen Druckkraftrichtungen in vier unterschiedliche Richtungen, entsprechend der Richtungen vom Ursprung in das Innere der vier Quadranten eines kartesischen Koordinatensystems. Damit können von einem erfindungsgemäßen Lager alle denkbaren Lastfälle aufgefangen werden.

**[0020]** Wenn die Verbindungslinie zwischen den Zentren der Schmiegebereiche beider Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe entweder mit der Verbindungslinie zwischen den Mittelpunkts-Kreisbahnen der betreffenden Kugelreihe einerseits sowie der im Viereck der Mittelpunkts-Kreisbahnen diametral gegenüber liegenden Kugelreihe andererseits zusammenfällt oder diese im Zentrum der ersten Kugelreihe schneidet, so wird eine Kugel von den Schmiegebereichen ihrer beiden Laufbahnen symmetrisch zu ihren betreffenden Berührungspunkten umfassen und also optimal geführt. Insbesondere kann dadurch ein Kontakt mit den Laufbahnkanten vermieden werden, was ansonsten zu Beschädigungen der Kugeln führen könnte.

**[0021]** Die Erfindung sieht weiterhin vor, dass die Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe bezüglich einer Hauptebene des Wälzlagers spiegelsymmetrisch sind zu den Laufbahnquerschnitten einer axial versetzten Kugelreihe. Dadurch ergibt sich einerseits ein Höchstmaß an Symmetrie; andererseits sind bei einer derartigen Anordnung die übertragbaren, axialen Zug- und Druckkräfte etwa gleich groß, so dass

die Dimensionierung anhand eines einzigen Maximalwertes erfolgen kann, unabhängig von dessen Wirkungsrichtung.

**[0022]** Darüber hinaus sollten die Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe bezüglich einer zur Lagerdrehachse parallelen Mittelachse in der Querschnittsebene spiegelsymmetrisch sein zu den Laufbahnquerschnitten einer radial versetzten Kugelreihe. Solchenfalls sind auch die übertragbaren Radialkräfte unabhängig von deren Richtung etwa gleich, egal, ob diese nach innen oder nach außen gerichtet sind.

**[0023]** Wenn außerdem die Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe eines Punktes in der Querschnittsebene punktsymmetrisch sind zu den Laufbahnquerschnitten einer diagonal, d. h. axial und radial versetzten Kugelreihe, so ist auch das Verhalten des mittleren Anschlusselements gegenüber Kippmomenten optimal austariert und jegliche Neigung zu einem einseitigen Ausweichen wird so weit als möglich unterbunden.

**[0024]** Die Erfindung läßt sich dahingehend weiterbilden, dass die Tragwinkel der zwischen jeweils zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollenden, kugelförmigen Wälzkörpern  $45^\circ$  oder mehr betragen, vorzugsweise  $50^\circ$  oder mehr, insbesondere  $60^\circ$  oder mehr. Dies bedeutet, diese Wälzkörperreihen sind für überwiegende Belastung durch Axialkräfte und/oder Kippmomente ausgelegt. Dies entspricht insbesondere bei der Lagerung von Rotorblättern an der Nabe einer Windkraftanlage dem hauptsächlich auftretenden Belastungsfall.

**[0025]** Die Erfindung läßt sich weiterbilden durch wenigstens eine in einem der beiden Spalte angeordnete Reihe von Wälzkörpern, deren Tragwinkel kleiner ist  $45^\circ$ , beispielsweise gleich oder kleiner als  $40^\circ$ , vorzugsweise gleich oder kleiner  $30^\circ$ , insbesondere etwa  $0^\circ$ . Wenigstens eine derartige Wälzkörperreihe übernimmt hauptsächlich die Aufgabe einer ggf. zusätzlichen Zentrierung des mittleren Anschlusselements in radialer Richtung. Da die Belastung in dieser Richtung bei der Lagerung der Rotorblätter an der Nabe einer Windkraftanlage zumeist deutlich geringer ist als eine axiale Belastung, können diese Wälzkörper kleiner ausgeführt sein als die zuvor beschriebenen, überwiegend in axialer Richtung eingespannten Wälzkörper. Ggf. kann hier anstelle einer Wälzlagerung auch wenigstens ein Gleitlager oder jegliche andere Lagerart verwendet werden. Andererseits können natürlich auch in beiden Spalten derartige Radiallager vorgesehen sein.

**[0026]** Es hat sich bewährt, dass die Wälzkörper mit einem Tragwinkel von weniger als  $45^\circ$  zwischen zwei Laufbahnen abrollen, welche sich radial jenseits des radial überlappenden Bereichs der betref-

fenden Anschlusselemente befinden. Innerhalb einer gemeinsamen Querschnittsebene liegen die Mittelpunkte der Wälzkörper in den drei Wälzkörperreihen an den Ecken eines vorzugsweise gleichschenkligen Dreiecks, wobei dessen Spitze der radialen Kugelreihe entspricht und die Ecken zu beiden Seiten der Basis je einer axialen Kugelreihe. Es ergibt sich dadurch ein Höchstmaß an Symmetrie, wodurch die erfindungsgemäße Lagerung leicht zu berechnen und zu dimensionieren ist.

**[0027]** Die Wälzkörper mit einem Tragwinkel von weniger als  $45^\circ$  können rollenförmig ausgebildet sein mit einer Längsachse, die parallel zu der Lagerdrehachse ausgerichtet ist. Solchenfalls sind bereits relativ kleine Wälzkörper ausreichend, um die ohnehin nur in begrenztem Umfang auftretenden Radialbelastungen aufzunehmen. Dadurch kann die Baugröße der erfindungsgemäßen Wälzlagerung zumindest in axialer Richtung auf ein Minimum reduziert werden.

**[0028]** Erfindungsgemäß sind in dem mittleren Anschlusselement und/oder in einem oder beiden der jeweils anderen Anschlusselemente jeweils kranzförmig verteilt angeordnete Befestigungselemente vorgesehen, beispielsweise Befestigungsbohrungen, vorzugsweise Durchgangsbohrungen mit zu der Lagerdrehachse paralleler Längsachse, insbesondere ohne Innengewinde.

**[0029]** Insbesondere derartige Durchgangsbohrungen erlauben eine Arretierung mittels diese durchgreifender Schrauben, welche in der jeweiligen Anschlußkonstruktion – bspw. Rotorblatt oder -nabe – eingeschraubt und dadurch verankert werden.

**[0030]** Die Erfindung läßt sich dahingehend weiterbilden, dass das mittlere Anschlusselement und/oder eines oder beide der jeweils anderen Anschlusselemente entlang einer Hauptebene des Lagers unterteilt ist/sind. Dadurch wird die Montage an/mit einem Nasenring ermöglicht, der an beiden Flanken seiner rundumlaufenden Nase umgriffen wird.

**[0031]** Es hat sich bewährt, dass ein oder beide Lagerspalte an wenigstens einem Mündungsbereich abgedichtet sind. Zumindest eine außen liegende Mündung zwischen dem radial äußeren Anschlusselement und dem mittleren Anschlusselement sollte abgedichtet sein, um den dahinter liegenden Spalt den Witterungseinflüssen zu entziehen; die benachbarte Spaltmündung jenseits der Anschlussfläche des mittleren Anschlusselements liegt zwar innerhalb der Anordnung, ist jedoch zum Innenraum des Rotorblattes in offen. Für den Fall, dass sich dort erhöhte Feuchtigkeit ansammelt, sollte auch dieser Mündungsbereich abgedichtet sein. Schließlich liegen die übrigen beiden Spaltmündungen innerhalb des Nabenkörpers, aber auch dort kann Feuchtigkeit gelangen, so dass auch dort eine Dichtung sinnvoll ist.

**[0032]** Eine bevorzugte Konstruktionsvorschrift sieht vor, dass in dem innersten oder in dem äußersten Anschlusselement oder vorzugsweise in dem innersten und dem äußersten Anschlusselement Einrichtungen zum Einführen eines Schmiermittels vorgesehen sind, bspw. Schmiernippel. Als Schmiermittel dient bevorzugt Schmierfett; die Verwendung von Schmieröl ist grundsätzlich auch denkbar, wenngleich diese einen deutlich gesteigerten Dichtungs- aufwand bedingt, um das flüssige Schmiermittel an einem Entweichen zu hindern.

**[0033]** Weitere Vorteile ergeben sich dadurch, dass sich die Schmiereinrichtungen, insbesondere Schmiernippel, jeweils auf Höhe der Wälzkörperreihen befinden. Dort befindet sich der zentrale Wirkungsbereich des Schmiermittels, so dass dieses beim Nachschmieren besonders an diese Stellen befördert werden soll.

**[0034]** Eine erfindungsgemäße Windkraftanlage mit einem Windrad, das um eine zur Windrichtung etwa parallele Achse rotiert, wobei von der Nabe des Rotors ein oder vorzugsweise mehrere, langgestreckte Rotorblätter etwa radial auskragend sowie mittels je eines Blattlagers um ihre Längsachse verdrehbar angeordnet sind, wobei ein oder mehrere oder alle Blattlager als Wälzlageranordnung ausgebildet sind, vorzugsweise als Großwälzlager mit einem Durchmesser von 0,5 m oder mehr, mit wenigstens zwei konzentrisch zueinander sowie zumindest bereichsweise ineinander angeordneten, ringförmigen, gegeneinander verdrehbaren Elementen zum Anschluss an gegeneinander verdrehbaren Teilen der Windkraftanlage, wobei zwei gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente durch einen Spalt voneinander getrennt sind und einander in radialer Richtung ganz oder teilweise überlappen, wobei ferner im Bereich eines Spaltes in radial überlappenden Bereichen der ringförmigen Anschlusselemente wenigstens zwei Reihen von Wälzkörpern vorgesehen sind, welche jeweils entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollen, zeichnet sich dadurch aus, dass mindestens ein Blattlager wenigstens drei ringförmige, gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente mit je einer ebenen Anschlussfläche zum Anschluss an der Nabe und an dem Rotorblatt aufweist, wobei die drei ringförmigen Anschlusselemente radial ineinander angeordnet sind und das radial mittlere Anschlusselement an der Nabe oder dem Rotorblatt angeschlossen ist, während das radial innerste Anschlusselement sowie das radial äußerste Anschlusselement an dem jeweils anderen Element angeschlossen sind. Das Windrad einer derartigen Windkraftanlage erhält durch die erfindungsgemäße Lagerung der Rotorblätter eine höhere Stabilität, was sich u. a. auch positiv auf die erreichbare Betriebsdauer auswirkt.

**[0035]** Das Blattlager einer derartigen Windkraftanlage kann eines oder mehrere der zuvor beschriebenen Wälzlager-Merkmale aufweisen. Die Vorteile einer mit den oben erläuterten Merkmalen versehenen Rotorblattlagerung übertragen sich nicht nur auf das Windrad, sondern verbessern dadurch auch die Gesamteigenschaften einer derartigen Windkraftanlage.

**[0036]** Erfindungsgemäß kann an der Nabe oder an dem Rotorblatt ein querschnittlich etwa gabelförmiger Anschlussbereich vorgesehen sein mit zwei konzentrisch ineinander angeordneten Schürzen zum Anschluss an dem radial innersten und dem radial äußersten Anschlusselement des Blattlagers. An den vorzugsweise miteinander fluchtenden, freien Stirnseiten dieser beiden Schürzen kann sodann das radial innerste Anschlusselement einerseits sowie das radial äußerste Anschlusselement andererseits angeschlossen werden; der Abstand zwischen den beiden Schürzen korrespondiert dabei etwa mit der Breite des mittleren Anschlusselements.

**[0037]** Durch Inspektionsbohrungen in dem gabelförmigen Anschlussbereich, können die Befestigungsschrauben, -bolzen od. dgl. Befestigungsmittel hindurch zugänglich sein. Dadurch ist es möglich, das Rotorblatt an dem Rotorblattlager zu verankern, nachdem dieses an der Rotornabe befestigt ist. Auch ist eine nachträgliche beliebige Demontage im Bereich jeder Anschlusskonstruktion möglich, ohne die jeweils andere Anschlusskonstruktion zu lösen.

**[0038]** Schließlich entspricht es der Lehre der Erfindung, dass der Abstand zwischen den beiden Schürzen des querschnittlich gabelförmigen Bereichs etwa dem vorzugsweise kleinsten Durchmesser des Kopfs einer Befestigungsschraube, -mutter od. dgl. entspricht und dieses Befestigungsmittel dadurch vor einem versehentlichen Lösen geschützt ist. Damit wird ein mehrkantiges, vorzugsweise als Sechskant ausgestaltetes Befestigungsmittel quasi wie mit einem Maulschlüssel unverdrehbar festgehalten und kann sich daher selbst bei starken Erschütterungen nicht lösen. Vorteilhaft ist dabei, wenn ein Querschnitt durch das betreffende Befestigungsmittel an dem Außenumfang seines außengewindelosen Bereichs – insbesondere seines Kopfs – zwei einander gegenüber liegende, zueinander parallele Seiten aufweist. Dies ist bspw. bei einem regelmäßigen Vieleck mit einer geraden Anzahl von Seiten der Fall.

**[0039]** Weitere Merkmale, Einzelheiten, Vorteile und Wirkungen auf der Basis der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einiger bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung sowie anhand der Zeichnung. Hierbei zeigt:

**[0040]** [Fig. 1](#) einen Querschnitt durch eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wälzlagerung, eingebaut zwischen der Nabe und einem

Rotorblatt einer Windkraftanlage, teilweise abgebrochen;

**[0041]** Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung; sowie

**[0042]** Fig. 3 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

**[0043]** Der in Fig. 1 erkennbare Ausschnitt zeigt ein Teil einer Windkraftanlage 1, nämlich ein Teil des Windrades 2, welches eine um die sog. Rotor- oder Hauptachse rotierende Nabe 3 sowie mehrere langgestreckte, von der Nabe 3 etwa radial zur Rotor- oder Hauptachse weg strebende Rotorblätter 4 aufweist.

**[0044]** Bevorzugt weist die Rotor- oder Hauptachse etwa in Richtung der Windströmung, was mittels einer Nachregelung der Rotor- oder Hauptachse durch Verschwenken der Gondel um die vertikale Turmachse der Windkraftanlage bewirkt wird.

**[0045]** Damit die Drehzahl des Windrades trotz unterschiedlicher Windstärken möglichst konstant oder zumindest in einem bestimmten Drehzahlbereich gehalten wird, können die Rotorblätter 4 um ihre jeweiligen Längsachsen verdreht werden und dabei je nach Bedarf stärker in den Wind gestellt werden oder aus dem Wind genommen werden. Dies leisten sog. Blattlager 5, welche je ein Rotorblatt 4 mit der Nabe 3 verbinden.

**[0046]** Zwecks aktiver Steuerung der Rotorblattstellung kann im Bereich eines derartigen Blattlagers 5 ein umlaufender Zahnkranz vorgesehen sein, womit bspw. ein motorisch angetriebenes Ritzel kämmt.

**[0047]** In Fig. 1 ist ein abgebrochener Querschnitt durch ein Blattlager 5 zu sehen, samt der daran angeschlossenen Bereiche der Nabe 3 und des Rotorblattes 4.

**[0048]** Während in diesem Fall die Rotor- oder Hauptachse etwa horizontal unterhalb des dargestellten Ausschnittes entlangläuft, befindet sich die Drehachse des Blattlagers 5 – und also die dazu etwa koaxiale Längsachse des Rotorblattes 4 – rechts jenseits des Randes des dargestellten Ausschnittes und verläuft dort von oben nach unten, also radial und lotrecht zu der Rotor- oder Hauptachse. Während der in Fig. 1 geschnittene Bereich des Blattlagers 5 eine Breite in der Größenordnung etwa zwischen 10 cm und 30 cm aufweist, liegt der Durchmesser des Blattlagers 5 bei großen Windkraftanlagen typischerweise etwa zwischen 0,5 m und 10 m, vorzugsweise zwischen 1 m und 8 m, insbesondere zwischen 2 m und 5 m, und befindet sich daher weit außerhalb des auf dem Zeichnungsblatt darstellbaren Bereichs.

Aufgrund seiner Größe wird ein Blattlager 5 üblicherweise auch als Großwälzlager bezeichnet.

**[0049]** Das Blattlager 5 weist insgesamt drei jeweils ringförmige Anschlusselemente auf, deren Ringachsen allesamt coaxial zu der Rotorblattachse verlaufen: Zwischen einem radial inneren Anschlusselement 6 und einem radial äußeren Anschlusselement 7 befindet sich ein mittleres Anschlusselement 8. Da die jeweils benachbarten Anschlusselemente – also das radial innere Anschlusselemente 6 und das mittlere Anschlusselement 8 einerseits sowie das mittlere Anschlusselement 8 und das radial äußere Anschlusselement 7 andererseits – durch je einen Spalt 9, 10 voneinander getrennt sind, lassen sich alle drei Anschlusselemente 6–8 in nicht eingebautem Zustand beliebig gegeneinander verdrehen.

**[0050]** Dies trifft jedoch im eingebauten Zustand nicht mehr zu. Denn wie man in Fig. 1 erkennen kann, werden das radial innere Anschlusselement 6 und das radial äußerste Anschlusselement 7 an der selben Anschlusskonstruktion befestigt, nämlich in dem dargestellten Beispiel an der Nabe 3 des Windrades 2. Im eingebauten Zustand können sich also diese beiden Anschlusselemente 6, 7 nicht mehr gegeneinander verdrehen, sondern jeweils nur noch gegenüber dem jeweils mittleren Anschlusselement 8, welches mit dem Rotorblatt 4 verbunden ist.

**[0051]** Der Befestigung der einzelnen Anschlusselemente 6–8 dienen jeweils kranzförmig über den betreffenden Ring vertieft angeordnete, zur Drehachse des Blattlagers 5 parallele Bohrungen 11–13. Diese münden jeweils an einer Anschlussfläche 14–16 des betreffenden Anschlusselements 6–8, woran ein ebener Flächenbereich im Bereich des Mantels der Nabe 3 oder am rückwärtigen Ende des Rotorblattes 4 bündig bzw. flächig anliegt.

**[0052]** Da es sich in dem dargestellten Beispiel jeweils um Durchgangsbohrungen 11–13, bevorzugt ohne Innengewinde, handelt, münden diese ebenfalls an der jeweils gegenüber liegenden Stirnfläche 17–19 des betreffenden Anschlusselements 6–8. Dort finden die Köpfe 20 von durch diese Öffnungen 11–13 gesteckten Schrauben 21 oder auf dort hindurchgesteckte Bolzen 22 aufgeschraubte Muttern 23 od. dgl. Gewindeelemente genügend Platz zur Anlage. Sofern diese Schrauben 21 oder (Steh- bzw. Gewinde-) Bolzen 22 in mit den jeweiligen Bohrungen 11–13 fluchtende Bohrungen 24–26 der Nabe 3 oder des Rotorblattes 4 eingeschraubt und diese oder darauf geschraubte Muttern 23 festgezogen sind, werden die betreffenden Anschlussflächen 14–16 reibschlüssig gegen die anliegende Fläche der Nabe 3 oder des Rotorblattes 4 gepresst.

**[0053]** Die Bohrung 13 in dem mittleren Anschlusselement 8 liegt etwa mittig zwischen den beiden Spal-



ten **9**, **10**. Wie man der [Fig. 1](#) weiter entnehmen kann, ist der dargestellte Querschnitt des Blattlagers **5** insgesamt im Wesentlichen symmetrisch zu der Längsachse **27** der Bohrung **13**.

**[0054]** Bei der Ausführungsform nach [Fig. 1](#) sind der radial innerste Ring **6** und der radial äußerste Ring **7** jeweils als Nasenringe ausgebildet mit je einem im Fachjargon als Nase **28** bezeichneten, rundum laufenden Bund, welcher in Richtung zu dem jeweiligen Spalt **9**, **10** bzw. dem mittleren Anschlusselement **8** vorspringt. Die Querschnitte dieser beiden Nasen **28** sind in dem dargestellten Beispiel symmetrisch zueinander bezüglich der Symmetrieachse **27**.

**[0055]** Diese beiden Nasen **28** werden jeweils an drei Seiten umgriffen von dem mittleren Anschlusselement **8**, welches zu diesem Zweck mit je einer rundum laufenden Nut **29** an seinen beiden gewölbten, den Spalten **9**, **10** zugewandten Mantelflächen **30**, **31** versehen ist. Diese beiden Nuten **29** sind in dem dargestellten Beispiel symmetrisch zueinander bezüglich der Symmetrieachse **27**.

**[0056]** Wie [Fig. 1](#) weiter erkennen läßt, überlappen die Flanken einer Nase **28** und der diese umgreifenden Nut **29** einander in radialer Richtung. Die jeweils überlappenden Bereiche dienen als Laufbahnen **32**, **33** für je eine Reihe von Wälzkörpern **34**, **35**. Damit entlang dieser Laufbahnen **32**, **33** jeweils Wälzkörper **34**, **35** spielfrei abrollen können, entspricht der maximale, axiale Abstand zwischen jeweils zwei dem selben Wälzkörper **34**, **35** zugeordneten Laufbahnen **32**, **33** gerade jeweils dem Durchmesser des dortigen Wälzkörpers **34**, **35**. Dies bedeutet andererseits, dass der maximale, axiale Abstand  $a$  zwischen den einander zugewandten Flanken **32** einer Nut **29** der Summe aus der minimalen axialen Erstreckung  $e$  der Nase **28** zuzüglich dem doppelten Durchmesser  $d$  eines Wälzkörpers **34**, **35** entspricht:  $a = e + 2 \cdot d$ , im Falle unterschiedlich großer Wälzkörper **34**, **35** mit Durchmesser  $d_1$ ,  $d_2$  gilt:  $a = e + d_1 + d_2$ .

**[0057]** Bei der Ausführungsform nach [Fig. 1](#) haben die Wälzkörper **34**, **35** jeweils eine kugelförmige Gestalt. Dies bedeutet, dass die Querschnitte der Laufbahnen **32**, **33** jeweils konkav gewölbt sind, insbesondere entlang einem Kreisbogen. Diese gewölbten Laufbahnenbereiche sollen auch als Schmiegebereich bezeichnet werden, da sie nahezu den selben Durchmesser aufweisen wie die kugelförmigen Wälzkörper **34**, **35** und sich demzufolge deren Oberfläche anschmiegen. Wie man aus [Fig. 1](#) weiter entnehmen kann, erstreckt sich der Querschnitt durch diese Laufbahn- oder Schmiegebereiche **32**, **33** jeweils entlang eines Kreisbogens mit einem Zentrums- winkel  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  von  $90^\circ$  oder mehr, jedoch weniger als  $180^\circ$ :  $90^\circ \leq \alpha_1 \leq 180^\circ$ ,  $90^\circ \leq \alpha_2 < 180^\circ$ , bevorzugt gilt:  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ .

**[0058]** Wie man sieht, streben die Flanken einer Nase **28** und damit die dortigen Laufbahnen **32**, **33** zum freien Ende der Nase **28** hin auseinander, und zwar vorzugsweise symmetrisch zueinander bezüglich einer etwa mittigen Hauptebene des Blattlagers **5**.

**[0059]** Ferner konvergieren die Flanken einer Nut **29** und damit die dortigen Laufbahnen **32**, **33** im Bereich des kantenförmigen Übergangs von der Nut **29** zu den jeweils angrenzenden, gewölbten Abschnitten **36**, **37**; **38**, **39** des mittleren Anschlusselements **8** in axialer Richtung wieder zueinander, und zwar vorzugsweise symmetrisch bezüglich einer etwa mittigen Hauptebene des Blattlagers **5**.

**[0060]** Vorzugsweise liegen die Abschnitte **36**, **38** oberhalb der Nut **29** jeweils in einer Flucht mit dem betreffenden Abschnitt **37**, **39** unterhalb der Nut **29**, und demzufolge ist die Stirnfläche **19** nicht nur parallel, sondern auch etwa deckungsgleich mit der Anschlussfläche **16** des mittleren Anschlusselements **8**.

**[0061]** Wie [Fig. 1](#) weiter erkennen läßt, gibt es in wenigstens einem Spalt **9**, **10** – vorzugsweise im Bereich der freien Stirnseite **40** wenigstens der dortigen Nase **28** – eine weitere Lagerung **41**, insbesondere eine fünfte Reihe von Wälzkörpern **42**. Diese rollen ebenfalls entlang von zwei Laufbahnen **43**, **44** ab, welche sich jedoch nicht in radial überlappenden Bereichen der betreffenden Anschlusselemente **6–8** befinden, sondern den betreffenden Spalt **9**, **10** in radialer Richtung überbrücken. Dementsprechend sind die Rotationsachsen dieser Wälzkörper **42** etwa parallel zu der Drehachse des Blattlagers **5**, während die Tragwinkel etwa  $0^\circ$  sind entsprechend einer überwiegend oder rein radialen Kraftübertragung. In der dargestellten Ausführungsform handelt es sich um eine Wälzlagerung mit zylinder- oder rollenförmigen Wälzkörpern **42** mit einem kleineren Durchmesser im Verhältnis zu den kugelförmigen Wälzkörpern **34**, **35**. Dies ist jedoch nicht zwingend. Vielmehr könnte der Durchmesser auch anders gewählt werden, und/oder anstelle von Rollen **42** könnten für das Radiallager **41** auch kugel-, nadel-, kegel- oder tonnenförmige Wälzkörper verwendet werden, oder ein Gleitlager oder sonstiges Lager. Auch kann wenigstens ein solches Radiallager **41** in dem radial inneren Spalt **9** oder in dem radial äußeren Spalt **10** angeordnet sein oder in beiden. Zur axialen Führung rollenförmiger Wälzkörper **42** kann wenigstens eine Laufbahn **43**, **44** als nutförmige Vertiefung in dem betreffenden Anschlusselement **6–8** ausgebildet sein.

**[0062]** Wie [Fig. 1](#) weiter erkennen läßt, ahben die Wälzkörperreihen **34**; **35** einer gemeinsamen Ebene jeweils gleiche radiale Mittelpunktsabstände  $A$ ,  $A'$ ,  $B$ ,  $B'$  zu einer durch die Mittelachsen **27** der Befestigungsbohrungen **13** aufgespannten Zylindermantelfläche:  $A = A'$ ;  $B = B'$ . Besonders bevorzugt wird eine Anordnung, wobei die Mittelpunkte der Wälzkör-



per **34**, **35** alle vier Wälzkörperreihen gleiche radiale Abstände zu besagter, virtueller Zylindermantelfläche aufweisen:  $A = A' = B = B'$ .

**[0063]** Bevorzugt sind die Laufbahnen **32**, **33**, **43**, **44** eines Anschlusselements **6–8** zusammen mit den betreffenden Bohrungen **11–13** durch Bearbeitung oder Formgebung des selben, gemeinsamen Grundkörpers gebildet.

**[0064]** Da die beiden Nasen **28** des innersten und des äußersten Anschlusselements **6**, **7** von den Nuten **29** des mittleren Anschlusselements **8** an drei Seiten umgriffen werden, ist ein Zusammenbau des Blattlagers **5** nur möglich, indem das mittlere Anschlusselement **8** im Bereich der Nut **29** entlang einer horizontalen Fläche **45** unterteilt ist in einen oberen Ring **46** und einen unteren Ring **47**, welche von beiden axialen Richtungen gleichzeitig über die Nasen **28** des radial innersten und des radial innersten Anschlusselements **6**, **7** gestülpt und erst dann miteinander verbunden werden, insbesondere verschraubt.

**[0065]** Wegen der Durchgangsbohrungen **11–13** können die damit fluchtenden Bohrungen **24–6** als Sacklochbohrungen mit Innengewinde **48**, **49** ausgebildet sein, worin die Schrauben **21** oder Bolzen **22** eingeschraubt werden. Dabei kann ein solches Innengewinde **48**, **49** je nach Beschaffenheit des für die Nabe **3** und/oder die Rotorblätter **4** verwendeten Materials entweder in das betreffende Material eingeschnitten sein, wie in die Nabe **3** aus **Fig. 1**, oder in eine Hülse **50** oder in einen sonstigen Körper, welche(r) wiederum selbst in die Anschlusskonstruktion eingelassen ist, bspw. eingegossen, eingeklebt und/oder anderweitig befestigt. Bevorzugt entspricht die radiale Breite des mittleren Anschlusselements **8** bzw. die radiale Breite von dessen Anschlussfläche **16** etwa der radialen Stärke des Rotorblattmantels **51** an dessen rückwärtigem Ende **52**, so dass dieser stumpf auf die Anschlussfläche **16** aufgesetzt und dort festgelegt werden kann.

**[0066]** Eine Anschlusskonstruktion – im dargestellten Beispiel die Nabe **3** – verfügt über zwei konzentrische Befestigungsflächen **53**, **54**, welche sich jeweils an der freien Stirnseite je einer von zwei zueinander konzentrischen Schürzen **55**, **56** befinden. Diese beiden Schürzen **55**, **56** sind an ihrer Basis durch einen radialen Steg **57** miteinander verbunden zu einer Anordnung mit einem insgesamt etwa U-förmigen Querschnitt. Um einen Zugang zu den Bolzen **22** oder den jeweils darauf geschraubten Muttern **23** oder zu stattdessen verwandten Schrauben zu erhalten, sind in dem Steg **57** eine der Anzahl von Bohrungen **13** in dem mittleren Anschlusselement **8** entsprechende Anzahl von Zugangsbohrungen **58** vorgesehen, welche bevorzugt etwas größer sind als der maximale Durchmesser der Muttern **23**, Schraubenköpfe **20** od. dgl. Befestigungsmittel. Der Mantel **59** der

Nabe **3** setzt etwa in einer Flucht mit der radial äußeren Schürze **56** an der Unterseite des Stegs **57** an.

**[0067]** Natürlich kann die Anordnung auch genau umgekehrt gewählt werden, d. h., an dem Rotorblatt **4** befinden sich zwei zueinander konzentrische Schürzen mit je einer Anschlussfläche für das innerste und das äußerste Anschlusselement **6**, **7**, und an der Nabe gibt es dann nur eine Anschlussfläche für das mittlere Anschlusselement **8**.

**[0068]** In **Fig. 2** ist eine abweichende Anordnung wiedergegeben. Dabei ist das Blattlager **5** jedoch baugleich mit dem zuvor beschriebenen, und auch der Anschluss an dem Rotorblatt **4** ist identisch mit der zuvor beschriebenen Technik; lediglich die Anschlusskonstruktion an der Nabe **3'** weicht in diesem Fall ab:

Wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform weist die Nabe **3'** in ihrem Anschlussbereich zwei Schürzen **55'**, **56'** auf, mit einem Abstand, welcher etwa der maximalen radialen Breite des mittleren Anschlusselements **8** entspricht. Diese Schürzen **55'**, **56'** sind auch durch einen Steg **57'** miteinander verbunden. Ferner setzt an der den Schürzen **55'**, **56'** abgewandten Unterseite des Stegs **57'** der Nabenmantel **59'** an, jedoch nicht in einer Flucht mit einer der beiden Schürzen **55'**, **56'**, sondern radial etwa genau dazwischen. Dies ist u. a. auch deshalb möglich, weil Zugangsbohrungen **58** bei dieser Ausführungsform gänzlich fehlen.

**[0069]** Die bei dieser Ausführungsform fehlenden Zugangsbohrungen **58** bedingen einen besonderen Montageablauf: Zunächst wird das mittlere Anschlusselement **8** des Blattlagers **5** an dem Rotorblatt **4** festgeschraubt, und erst dann können die anderen beiden Anschlusselemente **6**, **7** an der Nabe **3'** befestigt werden. Die Demontage erfolgt in genau umgekehrter Reihenfolge.

**[0070]** Bei der Ausführungsform nach **Fig. 3** ist sowohl das Rotorblatt **4** als auch die Nabe **3** baugleich zu den entsprechenden Elementen aus **Fig. 1**. Hier hat jedoch das Blattlager **5''** selbst eine andere Struktur: Der Grundsatz von drei gegeneinander verdrehbaren Anschlusselementen **6''–8''** mit je einem Kranz von Durchgangsbohrungen **11''–13''**, welche jeweils durch Spalte **9''**, **10''** voneinander getrennt sind, ist auch hier beibehalten.

**[0071]** Der gravierendste Unterschied zu dem anderen Blattlager **5** ist, dass hier die Nasen **28''** nicht an dem radial innersten und dem radial äußersten Anschlusselement **6''**, **7''** angeordnet sind, sondern an dem mittleren Anschlusselement **8''**, während die jene Nasen **28''** an jeweils drei Seiten umgreifenden Anschlusselemente **6''**, **7''** jeweils an ihrer, dem betreffenden Spalt **9''**, **10''** zugewandten Mantelfläche je eine rundumlaufende Nut **29''** aufweisen.

[0072] Wie [Fig. 3](#) weiter erkennen läßt, überlappen die Flanken einer Nase **28''** und der diese umgreifenden Nut **29''** einander in radialer Richtung. Die jeweils überlappenden Bereiche dienen als Laufbahnen **32''**, **33''** für je eine Reihe von Wälzkörpern **34''**, **35''**. Damit entlang dieser Laufbahnen **32''**, **33''** jeweils Wälzkörper **34''**, **35''** spielfrei abrollen können, entspricht der maximale, axiale Abstand zwischen jeweils zwei dem selben Wälzkörper **34''**, **35''** zugeordneten Laufbahnen **32''**, **33''** gerade jeweils dem Durchmesser des dortigen Wälzkörpers **34''**, **35''**. Dies bedeutet andererseits, dass der maximale, axiale Abstand  $a$  zwischen den einander zugewandten Flanken **32''** einer Nut **29''** der Summe aus der minimalen axialen Erstreckung  $e$  der Nase **28''** zuzüglich dem doppelten Durchmesser  $d$  eines Wälzkörpers **34''**, **35''** entspricht:  $a = e + 2 \cdot d$ , im Falle unterschiedlich großer Wälzkörper **34''**, **35''** mit Durchmesser  $d_1$ ,  $d_2$  gilt:  $a = e + d_1 + d_2$ .

[0073] Bei der Ausführungsform nach [Fig. 3](#) haben die Wälzkörper **34''**, **35''** jeweils eine kugelförmige Gestalt. Dies bedeutet, dass die Querschnitte der Laufbahnen **32''**, **33''** jeweils konkav gewölbt sind, insbesondere entlang einem Kreisbogen. Diese gewölbten Laufbahnenbereiche sollen auch als Schmiegebereich bezeichnet werden, da sie nahezu den selben Durchmesser aufweisen wie die kugelförmigen Wälzkörper **34''**, **35''** und sich demzufolge deren Oberfläche anschmiegen. Wie [Fig. 3](#) weiter entnommen werden kann, erstreckt sich der Querschnitt durch diese Laufbahn- oder Schmiegebereiche **32''**, **33''** jeweils entlang eines Kreisbogens mit einem Zentrumsinkel  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  von  $90^\circ$  oder mehr, jedoch weniger als  $180^\circ$ :  $90^\circ \leq \alpha_1 < 180^\circ$ ,  $90^\circ \leq \alpha_2 < 180^\circ$ , bevorzugt gilt:  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ .

[0074] Wie man sieht, streben die Flanken einer Nase **28''** und damit die dortigen Laufbahnen **32''**, **33''** zum freien Ende der Nase **28''** hin auseinander, und zwar vorzugsweise symmetrisch zueinander bezüglich einer etwa mittigen Hauptebene des Blattlagers **5''**.

[0075] Ferner können die Flanken einer Nut **29''** und damit die dortigen Laufbahnen **32''**, **33''** im Bereich des kantenförmigen Übergangs von der Nut **29''** zu den jeweils angrenzenden, gewölbten Abschnitten **36''**, **37''**; **38''**, **39''** des radial innersten und des radial äußersten Anschlusselements **6''**, **7''** in axialer Richtung wieder zueinander konvergieren, und zwar vorzugsweise symmetrisch bezüglich einer etwa mittigen Hauptebene des Blattlagers **5''**. Vorzugsweise liegen die Abschnitte **36''**, **38''** oberhalb einer Nut **29''** jeweils in einer Flucht mit dem betreffenden Abschnitt **37''**, **39''** unterhalb der betreffenden Nut **29''**, und demzufolge sind vorzugsweise die Stirnflächen **17''–19''** der Anschlusselemente **6''–8''** nicht nur parallel, sondern auch etwa deckungsgleich mit der be-

treffenden Anschlussfläche **14''–16''** des Anschlusselements **6''–8''**.

[0076] Wie [Fig. 3](#) weiter erkennen läßt, gibt es in wenigstens einem Spalt **9''**, **10''** – vorzugsweise im Bereich der freien Stirnseite **40''** der dortigen Nase **28''** – eine weitere Lagerung **41''**, insbesondere eine fünfte Reihe von Wälzkörpern **42''**. Diese rollen ebenfalls entlang von zwei Laufbahnen **43''**, **44''** ab, welche sich jedoch nicht in radial überlappenden Bereichen der betreffenden Anschlusselemente **6''–8''** befinden, sondern den betreffenden Spalt **9''**, **10''** in radialer Richtung überbrücken. Dementsprechend sind die Rotationsachsen dieser Wälzkörper **42''** etwa parallel zu der Drehachse des Blattlagers **5''**, während die Tragwinkel etwa  $0^\circ$  sind entsprechend einer überwiegend oder rein radialen Kraftübertragung. In der dargestellten Ausführungsform handelt es sich um eine Wälzlagerung mit zylinder- oder rollenförmigen Wälzkörpern **42''** mit einem kleineren Durchmesser im Verhältnis zu den kugelförmigen Wälzkörpern **34''**, **35''**. Dies ist jedoch nicht zwingend. Vielmehr könnte der Durchmesser auch anders gewählt werden, und/oder anstelle von Rollen **42''** könnten für das Radiallager **41''** auch kugel-, nadel-, kegel- oder tonnenförmige Wälzkörper verwendet werden, oder ein Gleitlager oder sonstiges Lager. Auch kann wenigstens ein solches Radiallager **41''** in dem radial inneren Spalt **9''** oder in dem radial äußeren Spalt **10''** angeordnet sein oder in beiden. Zur axialen Führung rollenförmiger Wälzkörper **42''** kann wenigstens eine Laufbahn **43''**, **44''** als nutförmige Vertiefung in dem betreffenden Anschlusselement **6''–8''** ausgebildet sein.

[0077] Bevorzugt sind die Laufbahnen **32''**, **33''**, **43''**, **44''** eines Anschlusselements **6''–8''** zusammen mit den betreffenden Bohrungen **11''–13''** durch Bearbeitung oder Formgebung des selben, gemeinsamen Grundkörpers gebildet.

[0078] Da die beiden Nasen **28''** des mittleren Anschlusselements **8''** von den Nuten **29''** der beiden anderen Anschlusselemente **6''–8''** an drei Seiten umgriffen werden, ist ein Zusammenbau des Blattlagers **5''** nur möglich, indem sowohl das radial innerste als auch das radial äußerste Anschlusselement **6''**, **7''** im Bereich der jeweiligen Nut **29''** entlang einer horizontalen Fläche **45''** unterteilt ist in je einen oberen Ring **46''** und einen unteren Ring **47''**, welche von beiden axialen Richtungen gleichzeitig über die Nasen **28''** des mittleren Anschlusselements **8''** gestülpt und erst dann miteinander verbunden werden, insbesondere verschraubt.

#### Bezugszeichenliste

1	Windkraftanlage
2	Windrad
3	Nabe
4	Rotorblatt

5	Blattlager
6	Anschlusselement
7	Anschlusselement
8	Anschlusselement
9	Spalt
10	Spalt
11	Bohrung
12	Bohrung
13	Bohrung
14	Anschlussfläche
15	Anschlussfläche
16	Anschlussfläche
17	Stirnfläche
18	Stirnfläche
19	Stirnfläche
20	Kopf
21	Schraube
22	Bolzen
23	Mutter
24	Bohrung
25	Bohrung
26	Bohrung
27	Längsachse
28	Nase
29	Nut
30	Mantelfläche
31	Mantelfläche
32	Laufbahn
33	Laufbahn
34	Wälzkörper
35	Wälzkörper
36	Abschnitt
37	Abschnitt
38	Abschnitt
39	Abschnitt
40	Stirnseite
41	Lagerung
42	Wälzkörper
43	Laufbahn
44	Laufbahn
45	Fläche
46	oberer Ring
47	unterer Ring
48	Innengewinde
49	Innengewinde
50	Hülse
51	Rotorblattmantel
52	Ende
53	Befestigungsfläche
54	Befestigungsfläche
55	Schürze
56	Schürze
57	Steg
58	Zugangsbohrung
59	Mantel

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- WO 2008/052778 A1 [[0009](#), [0012](#)]

## Schutzansprüche

1. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5''), vorzugsweise Großwälzlager mit einem Durchmesser von 0,5 m oder mehr, zur Lagerung von Teilen einer Windkraftanlage (1; 1'; 1''), insbesondere als Blattlager (5; 5'; 5'') einer Windkraftanlage (1; 1'; 1''), mit wenigstens zwei konzentrisch zueinander sowie zumindest bereichsweise ineinander angeordneten, ringförmigen, gegeneinander verdrehbaren Elementen (6–8) zum Anschluss an gegeneinander verdrehbaren Teilen der Windkraftanlage (1; 1'; 1''), wobei zwei gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente (6–8) durch einen Spalt (9, 10) voneinander getrennt sind und einander in ihrer radialen Erstreckung zumindest teilweise überlappen, wobei ferner im Bereich eines Spaltes (9, 10) in radial überlappenden Bereichen der ringförmigen Anschlusselemente (6–8) wenigstens zwei Reihen von Wälzkörpern (34, 35) vorgesehen sind, welche jeweils entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen (32, 33) abrollen, gekennzeichnet durch insgesamt wenigstens drei ringförmige, gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente (6–8) mit je einer vorzugsweise ebenen Anschlussfläche (15–17) zum Anschluss an insgesamt zwei verschiedenen Maschinen- oder Anlagenteilen, wobei die drei ringförmigen Anschlusselemente (6–8) radial überlappend ineinander angeordnet sowie durch je einen Spalt (9, 10) voneinander getrennt sind und das radial innerste Anschlusselement (6) sowie das radial äußerste Anschlusselement (7) an einem Maschinen- oder Anlagenteil angeschlossen sind und das radial mittlere Anschlusselement (8) an dem jeweils anderen Maschinen- oder Anlagenteil angeschlossen ist.

2. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die radiale Überlappung zweier Anschlusselemente (6–8) gleich oder größer ist als der Radius eines in dem radial überlappenden Bereich abrollenden Wälzkörpers (34, 35).

3. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die einander überlappenden Laufbahnen (32, 33) entlang einer radialen Erstreckung von der Größe des Radius des betreffenden Wälzkörpers (34, 35) überlappen oder mehr.

4. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich jedes der beiden Spalte (9, 10) in radial überlappenden Bereichen der ringförmigen Anschlusselemente (6–8) jeweils wenigstens zwei Reihen von Wälzkörpern (34, 35) vorgesehen sind, welche jeweils entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen (32, 33) abrollen.

5. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das mittlere Anschlusselement (8) in axialer Richtung in wenigstens drei Abschnitte gegliedert ist, nämlich einen ersten, an seine Anschlussfläche (16) angrenzenden Bereich, einen zweiten, an seine gegenüber liegende Stirnseite angrenzenden Bereich sowie einen dritten, dazwischen angeordneten Bereich, der gegenüber den ersten beiden in radialer Richtung gleichermaßen vor- oder zurück springt.

6. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollenden Wälzkörper (34, 35) als Kugeln ausgebildet sind.

7. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach Anspruch 6, gekennzeichnet durch insgesamt wenigstens vier Reihen von zwischen jeweils zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollenden, kugelförmigen Wälzkörpern (34, 35).

8. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Mittelpunkte der kugelförmigen Wälzkörper (34, 35) der vier Kugelreihen entlang von vier Kreisbahnen um die Drehachse des Wälzlagers (1; 1'; 1'') bewegen, deren Durchstoßpunkte durch eine Querschnittsebene des Wälzlagers (1; 1'; 1'') radial zu dessen Drehachse an den Ecken eines Vierecks liegen, vorzugsweise an den Ecken eines Rechtecks oder Quadrats.

9. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die kugelförmigen Wälzkörper (34, 35) unterschiedlicher Reihen an einander entsprechenden radialen Positionen gleich groß sind.

10. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die kugelförmigen Wälzkörper (34, 35) aller vier Reihen gleich groß sind.

11. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungslinie zwischen zwei einander diametral gegenüber liegenden Ecken des Vierecks der Mittelpunkts-Kreisbahnen die betreffenden Laufbahnquerschnitte allesamt entweder im oder nahe dem Zentrum ihres Schmiegebereichs schneidet oder an jeder der betreffenden zwei Kugelreihen jeweils die dortige Verbindungslinie zwischen den Zentren der Schmiegebereiche beider Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe etwa rechtwinklig schneidet.

12. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungslinie zwischen den Zentren

der Schmiegebereiche beider Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe entweder mit der Verbindungslinie zwischen den Mittelpunkts-Kreisbahnen der betreffenden Kugelreihe einerseits sowie der im Viereck der Mittelpunkts-Kreisbahnen diametral gegenüber liegenden Kugelreihe andererseits zusammenfällt oder diese im Zentrum der ersten Kugelreihe schneidet.

13. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei, vorzugsweise alle vier Kugelreihen jeweils gleiche Abstände (A, A', B, B') zu dem Mittelpunktstradius des Kranzes von Befestigungselementen (13) des mittleren Anschlusselements (8) aufweisen.

14. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe bezüglich einer Hauptebene des Wälzlagers (1; 1'; 1'') spiegelsymmetrisch sind zu den Laufbahnquerschnitten einer axial versetzten Kugelreihe.

15. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe bezüglich einer zur Lagerdrehachse parallelen Mittelachse in der Querschnittsebene spiegelsymmetrisch sind zu den Laufbahnquerschnitten einer radial versetzten Kugelreihe.

16. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufbahnquerschnitte einer Kugelreihe eines Punktes in der Querschnittsebene punktsymmetrisch sind zu den Laufbahnquerschnitten einer diagonal, d. h. axial und radial versetzten Kugelreihe.

17. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Tragwinkel der zwischen jeweils zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen abrollenden, kugelförmigen Wälzkörpern 45° oder mehr betragen, vorzugsweise 50° oder mehr, insbesondere 60° oder mehr.

18. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch wenigstens eine weitere Lagerstelle (41), deren Tragwinkel kleiner ist 45°, beispielsweise gleich oder kleiner als 40°, vorzugsweise gleich oder kleiner 30°, insbesondere etwa 0°, wobei diese weitere Lagerstelle (41) vorzugsweise als Wälzlager ausgeführt ist.

19. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper (42) mit einem Tragwinkel von weniger als 45° zwischen zwei Laufbahnen (43, 44) abrollen, welche sich

radial jenseits des radial überlappenden Bereichs der betreffenden Anschlusselemente (6–8) befinden.

20. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Wälzkörper mit einem Tragwinkel von weniger als 45° rollen- oder zylinderförmig ausgebildet sind mit einer Längsachse, die parallel zu der Lagerdrehachse ausgerichtet ist.

21. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass in dem mittleren Anschlusselement (8) und/oder in einem oder beiden der jeweils anderen Anschlusselemente (6, 7) jeweils kranzförmig verteilt angeordnete Befestigungselemente vorgesehen sind, beispielsweise Befestigungsbohrungen (12, 13), vorzugsweise Durchgangsbohrungen mit zu der Lagerdrehachse paralleler Längsachse, insbesondere ohne Innengewinde.

22. Wälzlageranordnung (5; 5'; 5'') nach einem der Ansprüche 8 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das mittlere Anschlusselement (8) und/oder eines oder beide der jeweils anderen Anschlusselemente (6, 7) entlang einer Hauptebene des Lagers (1; 1'; 1'') unterteilt ist/sind.

23. Windkraftanlage (1; 1'; 1'') mit einem Windrad (2; 2'; 2''), das um eine zur Windrichtung etwa parallele Achse rotiert, wobei von der Nabe (3; 3') des Rotors ein oder vorzugsweise mehrere, langgestreckte Rotorblätter (4) etwa radial auskragend sowie mittels je eines Blattlagers (5; 5'; 5'') um ihre Längsachse verdrehbar angeordnet sind, wobei ein oder mehrere oder alle Blattlager (5; 5'; 5'') als Wälzlageranordnung ausgebildet sind, vorzugsweise als Großwälzlager mit einem Durchmesser von 0,5 m oder mehr, mit wenigstens zwei konzentrisch zueinander sowie zumindest bereichsweise ineinander angeordneten, ringförmigen, gegeneinander verdrehbaren Elementen zum Anschluss an gegeneinander verdrehbaren Teilen der Windkraftanlage (1; 1'; 1''), wobei zwei gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente (6–8) durch einen Spalt (9, 10) voneinander getrennt sind und einander in radialer Richtung ganz oder teilweise überlappen, wobei ferner im Bereich eines Spaltes (9, 10) in radial überlappenden Bereichen der ringförmigen Anschlusselemente (6–8) wenigstens zwei Reihen von Wälzkörpern (34, 35) vorgesehen sind, welche jeweils entlang von zwei einander zumindest bereichsweise in radialer Richtung überlappenden Laufbahnen (32, 33) abrollen, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Blattlager (5; 5'; 5'') wenigstens drei ringförmige, gegeneinander verdrehbare Anschlusselemente (6–8) mit je einer ebenen Anschlussfläche (15–17) zum Anschluss an der Nabe (3) oder an dem Rotorblatt (4) aufweist, wobei die drei ringförmigen Anschlusselemente (6–8) radial überlappend ineinander angeordnet sind und das radial



mittlere Anschlusselement (8) an der Nabe (3) oder dem Rotorblatt (4) angeschlossen ist, während das radial innerste Anschlusselement (6) sowie das radial äußerste Anschlusselement (7) an dem jeweils anderen Element (4, 3) angeschlossen sind.

24. Windkraftanlage (1; 1'; 1'') nach Anspruch 23, gekennzeichnet durch ein oder mehrere Merkmale aus den Ansprüchen 1 bis 22.

25. Windkraftanlage (1; 1'; 1'') nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass die das mittlere Anschlusselement (8) durchdringenden Schrauben oder Bolzen in dem rückwärtigen Ende des Rotorblattes (4) eingeschraubt oder mit diesem verbunden sind, insbesondere mittels je eines in dem Rotorblatt (4) eingebetteten Verankerungskörpers (50), vorzugsweise eines Verankerungskörpers (50) mit einem Innengewinde.

26. Windkraftanlage (1; 1'; 1'') nach einem der Ansprüche 23 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die das radial innerste und das radial äußerste Anschlusselement (6, 7) durchdringenden Schrauben oder Bolzen in der Nabe (3) eingeschraubt oder mit dieser verbunden sind.

27. Windkraftanlage (1; 1'; 1'') nach einem der Ansprüche 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass an der Nabe (3) oder an dem Rotorblatt (4) ein querschnittlich etwa gabelförmiger Anschlussbereich vorgesehen ist mit zwei konzentrisch ineinander angeordneten Schürzen (55, 56) zum Anschluss an dem radial innersten und dem radial äußersten Anschlusselement (6, 7) des Blattlagers (5; 5'; 5'').

28. Windkraftanlage (1; 1'; 1'') nach Anspruch 27, gekennzeichnet durch Inspektionsbohrungen (58) in dem gabelförmigen Anschlussbereich, wodurch die Befestigungsschrauben, -bolzen od. dgl. Befestigungsmittel (22) des mittleren Anschlusselements (8) hindurch zugänglich sind.

29. Windkraftanlage (1; 1'; 1'') nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den beiden Schürzen (55, 56) des querschnittlich gabelförmigen Bereichs etwa dem vorzugsweise kleinsten Durchmesser des Kopfs einer Befestigungsschraube, -mutter (23) ad. dgl. entspricht und dieses Befestigungsmittel dadurch vor einem versehentlichen Lösen geschützt ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

Fig.1

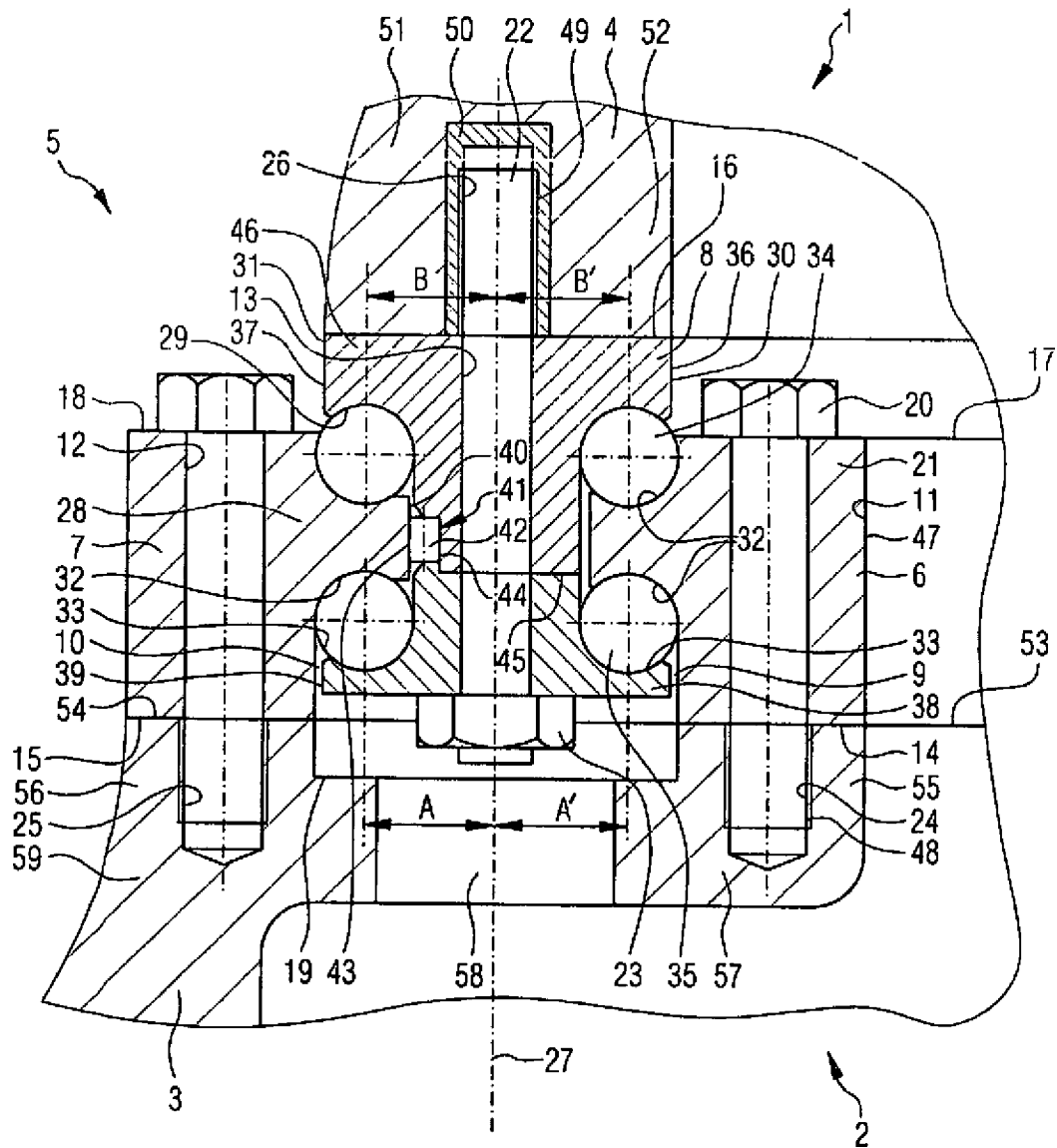


Fig.2

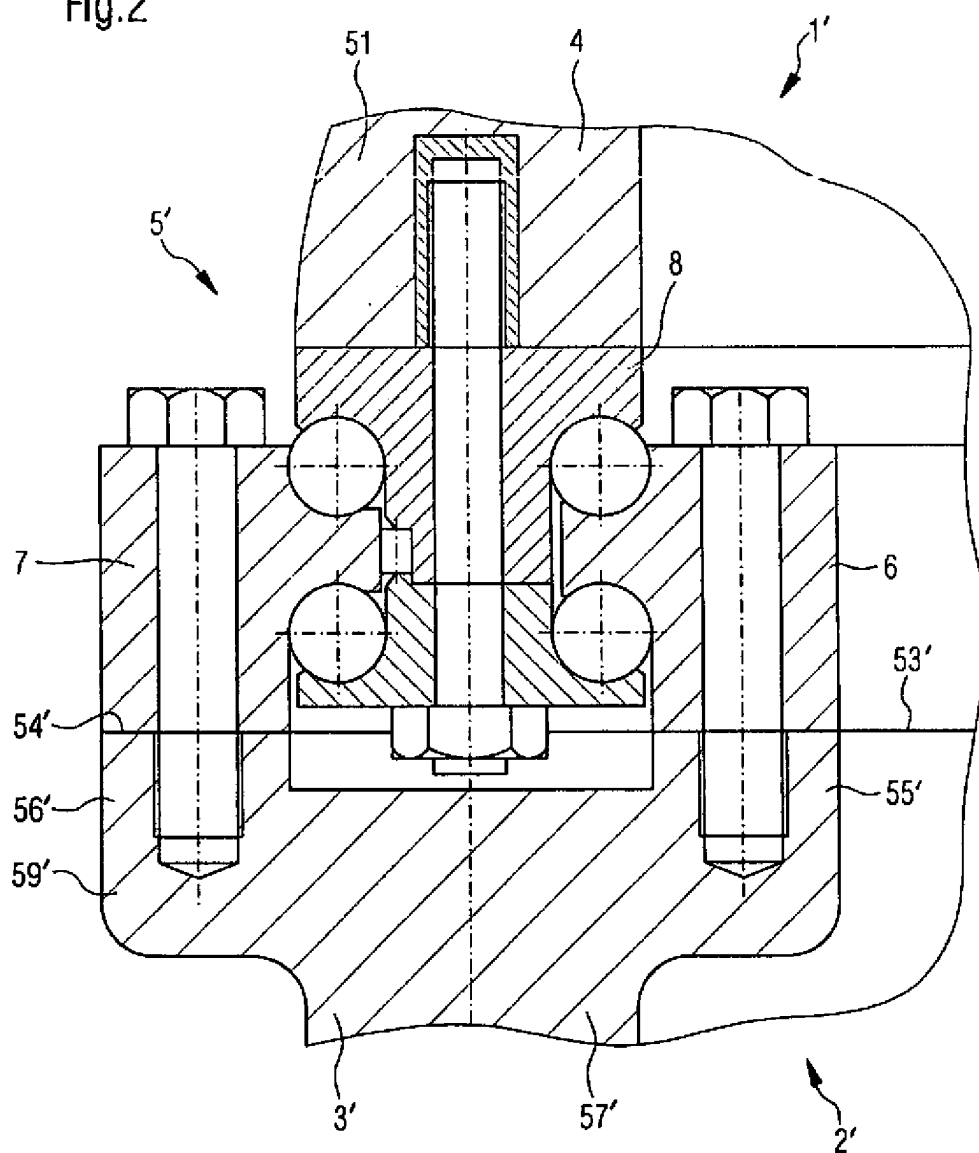


Fig.3

