

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 599/2010
(22) Anmeldetag: 14.04.2010
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2012

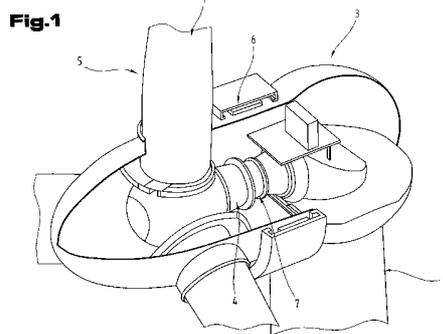
(51) Int. Cl. : **F03D 11/00** (2006.01)
F16C 17/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1394406A2 EP 1764522A2
EP 1961958A2 WO 02/057624A1
WO 2011/003482A2

(73) Patentinhaber:
MIBA GLEITLAGER GMBH
A-4663 LAAKIRCHEN (AT)

(54) LAGERELEMENT

(57) Die Erfindung betrifft ein Lagerelement (7) für die Lagerung der Rotornabe (4) einer Windkraftanlage (1) mit zumindest einem inneren Ringelement (10, 40) und zumindest einem äußeren Ringelement (11, 41), wobei zwischen dem inneren Ringelement (10, 40) und dem äußeren Ringelement (11, 41) eine Gleitlagerung ausgebildet ist, die durch zumindest zwei in axialem Abstand (44) zueinander angeordnete Gleitlager (8, 9, 38, 39) gebildet ist, wobei zumindest eines der oder die Gleitlager (8, 9) jeweils durch in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Gleitlager-Pads (20) gebildet ist oder sind. Das äußere Ringelement (11) weist auf der den Gleitlager-Pads (20) zugewandten Oberfläche Nuten (23) auf. Die Gleitlager-Pads (20) sind teilweise in diesen Nuten (23) angeordnet.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lagerelement für die Lagerung der Rotornabe einer Windkraftanlage mit zumindest einem inneren Ringelement und zumindest einem äußeren Ringelement, wobei zwischen dem inneren Ringelement und dem äußeren Ringelement eine Gleitlagerung ausgebildet ist, die durch zumindest zwei in axialem Abstand zueinander angeordnete Gleitlager gebildet ist, wobei zumindest eines der oder die Gleitlager jeweils durch in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Gleitlager-Pads gebildet ist oder sind, sowie eine Windkraftanlage mit einem Rotor der eine Rotornabe aufweist, die sich auf einem Stator abstützt, wobei zwischen dem Rotor und dem Stator ein Lagerelement angeordnet ist.

[0002] Obwohl Gleitlager im Vergleich zu Wälzlager eine deutlich höhere Lebensdauer aufweisen, werden derzeit noch hauptsächlich Wälzlager in Windkraftanlagen verwendet, insbesondere auch als Hauptlager für die Rotorlagerung. Diverse Studien zu Windkraftanlagen zeigen, dass die Ausfallursache „Lager“ neben diversen anderen Ausfallursachen, welche im Bereich des Generators oder der Rotorblätter selbst bzw. des Rotors insgesamt anzusiedeln sind, eine durchaus hohe Häufigkeit aufweist, angesiedelt im mittleren Drittel bezogen auf sämtliche Ausfallursachen. Im Vergleich zu anderen Ausfällen von Windkraftanlagen zeigt sich hinsichtlich der Kostenseite aber ein völlig anderes Bild, dass nämlich Ausfälle in der Lagerung der Rotorwelle deutlich höhere Kosten sowie Stillstandszeiten verursachen als andere, üblicherweise auftretende Ausfälle von Windkraftanlagen. Trotz der bewehrten Technologie „Wälzlager“ führen Lagerausfälle insbesondere in der Multi-Megawattklasse zu einer deutlichen Reduzierung der Wirtschaftlichkeit von Windkraftanlagen bedingt durch die hohen Wartungskosten und Reparaturkosten bzw. durch die hohen Stillstandszeiten. Insbesondere bei so genannten Off-Shore-Anwendungen stellt dies aufgrund der schlechten Zugänglichkeit der Anlagen ein Problem dar, welches mit noch höheren Kosten verbunden ist. Begründet sind diese hohen Ausfallkosten bzw. Ausfallzeiten dadurch, dass bei einem Lagerausfall bei Verwendung von Wälzlagern in der Regel der gesamte Rotor ausgebaut werden muss.

[0003] Bedingt durch diese Problematik wurden im Stand der Technik vereinzelt bereits Gleitlageranwendungen in Windkraftanlagen beschrieben. So beschreibt zum Beispiel die DE 102 55 745 A1 eine Windenergieanlage mit einem an der Spitze eines Turms angeordneten Maschinenträger, mit einem an dem Maschinenträger befestigten Generatorstator, mit einer Rotorblätter tragenden Nabe und mit einem Generatorläufer, der an der Nabe befestigt ist, wobei der Generatorläufer oder die mit dem Generatorläufer verbundenen Nabe an einem Ort gelagert ist, der radial zwischen und/oder axial neben dem Generatorstator und dem Generatorläufer liegt und sich dabei auf dem Statorgehäuse abstützt. Die Lagerung kann mittels eines hydrostatisch ausgebildeten Gleitlagers erfolgen, wobei das Gleitlager als segmentiertes Gleitlager ausgebildet sein kann, das in die Polschuhe des Generators integriert ist. Es wird damit eine Verkürzung der mechanischen Lastpfade und eine Gewichtsreduktion der Windenergieanlage im Bereich der Anlagengondel im Turmkopf erreicht.

[0004] Des Weiteren wurden im Bereich von Übersetzungsgetrieben für Windgeneratoren Gleitlageranwendungen im Stand der Technik beschrieben, beispielsweise in der EP 1 184 567 A2. Es wird darin ein Getriebe für Windgeneratoren mit einem Rotor, der über eine mehrstufige Planetengetriebeanordnung und mindestens eine Stirnradstufe mit mindestens einem Generator in Antriebsverbindung steht, beschrieben. Der Rotor ist im Gehäuse des Getriebes gelagert, insbesondere in Gleitlagern geführt, wobei mindestens ein Lager Axialkräfte aufnehmen kann, und die Lager hydrostatisch anhebbar sind und durch gezielte Ansteuerung einer Ölpumpe in einen Betrieb mit teil- oder vollhydrodynamischer Schmierung schaltbar sind.

[0005] Aus der DE 100 43 936 A1 ist ein Gleitlager für ein Turmdrehkranzlager einer Windkraftanlage bekannt, das einen Außenring und einen dazu konzentrisch angeordneten Innenring und Gleitbelagträger aufweist, wobei an den Gleitbelagträgern Gleitbeläge befestigt sind. Die Gleitbelagträger sind in radial verlaufenden Bohrungen des Innenringes angeordnet und greifen in eine umlaufende Nut auf der Innenseite des Außenringes ein. Es wird damit die Austauschbar-

keit des Gleitlagers verbessert.

[0006] Die DE 10 2005 051 912 A1 wiederum beschreibt allgemein die Möglichkeit der Lagerung der Rotorblätter über Gleitlager.

[0007] Die EP 1 394 406 A2 beschreibt eine Windenergieanlage, insbesondere für Nennleistungen im Megawattbereich, deren Windrotor direkt mit einem Magnete tragenden Läufering eines Generators verbunden ist, wobei die Flügel des Windrotors auf dem Läufering oder/und einer axialen Verlängerung des Läuferings angeordnet sind. Der Läufering bildet dabei eine Nabe des Windrotors, wobei der Windrotor mehrfach gelagert ist und die Ständerwicklungen axial zwischen zwei Lagern angeordnet sind. Die Gleitlager können Gleitsegmente aufweisen.

[0008] Aus der EP 1 961 958 A2 ist eine Getriebe-Nabeeinheit einer Windenergieanlage bekannt, mit einer Nabe, an der zumindest ein Rotorblatt gehalten ist, mit einem starren Getriebe-Teil, das einerseits mit der Nabe fest verbunden ist, und das andererseits als Zahnrad ausgebildet ist und das an zumindest einem Lager drehbar gelagert ist, das sowohl der Lagerung des Zahnrades als auch der Lagerung der Nabe dient. Die Lager umfassen zumindest zwei Radiallager und zumindest ein Axiallager, die als Rollenlager oder als Gleitlager ausgebildet sind.

[0009] Die WO 2011/003482 A2 beschreibt ein Windturbine-Hauptlager, das eine Mehrzahl an Lager-Pads umfasst, die über der Welle angeordnet werden. Weiter wird ein Verfahren zur Durchführung der Wartung des Lagers beschrieben, nach dem die Welle angehoben und das beschädigte Lager-Pad aus dem Lager-Gehäuse des Windturbine-Hauptlagers entfernt wird. Die Lager-Pads sind mit Kugelgelenken mit dem Lager-Gehäuse verbunden.

[0010] Die WO 02/057624 A1 beschreibt eine Windenergieanlage mit einem an der Spitze eines Turmes zu befestigenden Maschinenträger, der einerseits den statischen Teil eines elektrischen Generators hält und andererseits dessen drehenden Teil sowie eine Rotorblätter tragende Nabe eines Rotors lagert, wobei die Rotornabe und das drehende Generator-Teil an einer gemeinsamen Hohlwelle befestigt sind, welche unter Wälzlager-Vermittlung auf einer Achshülse sitzt, die am Maschinenträger angebracht ist, wobei als Wälzlager ein einziges, auch Momente aufnehmendes Lager zwischen der Achshülse und der Hohlwelle vorgesehen ist, und der drehende Generator-Teil radial im Wesentlichen mit dem Lager fluchtet.

[0011] Aus der EP 1 764 522 A2 ist ein Mehrschicht-Gleitlager bekannt, umfassend eine Stützschiicht, eine über der Stützschiicht angeordnete Lagermetallschiicht und eine über der Lagermetallschiicht angeordnete, aufgesputterte Gleitschiicht, wobei auf der Gleitschiicht eine Gleitlack-schiicht angeordnet ist.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine verbesserte Gleitlagerung für die Rotornabe einer Windkraftanlage zur Verfügung zu stellen.

[0013] Diese Aufgabe der Erfindung wird einerseits durch das voranstehend genannte Lager-element gelöst, bei dem das äußere Ringelement auf der den Gleitlager-Pads zugewandten Oberfläche Nuten aufweist und die Gleitlager-Pads teilweise in diesen Nuten angeordnet sind, sowie andererseits durch die mit diesem Lagerelement ausgestattete Windkraftanlage.

[0014] Von Vorteil ist dabei, dass durch die beiden beabstandeten Gleitlager eine bessere, radiale bzw. axiale Lagerung bzw. Führung der Rotornabe der Windkraftanlage erreicht wird. Darüber hinaus wird durch die beiden Gleitlager erreicht, dass die Gleitlagerung an sich höheren Belastungen ausgesetzt werden kann, wie diese insbesondere im so genannten Trudelbetrieb oder bei Start/Stop-Zyklen von Windkraftanlagen auftreten können bzw. auch bei Windspitzen sowie wechselnden Windrichtungen auftreten. Überraschenderweise hat sich zudem herausgestellt, dass eine hydrostatische Anfahrunterstützung der Gleitlagerung nicht erforderlich ist, wodurch eine konstruktiv einfachere Lösung dieser Gleitlagerung und damit eine entsprechende Kostenersparnis erzielbar ist.

[0015] Mit der Aufteilung der gesamten Lagerfläche auf einzelne Gleitlager-Pads wird erreicht, dass das Gleitlager an sich einfacher zu handhaben sind, sowohl hinsichtlich des Einbaus der Gleitlager-Pads als auch im Hinblick auf den Ausbau im Falle einer möglichen Störung der

Lagerung. Zudem wird damit der Vorteil erreicht, dass bei einer durch die Lagerung verursachten Betriebsstörung der Windkraftanlage lediglich relativ kleine Einheiten ausgetauscht werden müssen, wodurch sich im Vergleich zu Wälzlagern oder im Vergleich zu Gleitlagerhalbschalen nicht nur die Stillstandszeiten durch reduzierte Wartungsarbeiten verringern lassen, sondern zudem auch die Wirtschaftlichkeit der Anlage durch Reduktion der Wartungskosten verbessern lässt, indem nämlich nur genau jene Bereiche der Gleitlagerung ausgetauscht werden müssen, in denen der Fehler aufgetreten ist, also nicht wie bei Gleitlagerhalbschalen eine vollständige Halbschale ausgetauscht werden muss wobei der Austausch insbesondere ohne Demontage des Rotors erfolgen kann. Selbstverständlich ist bei Bedarf aber der Austausch sämtlicher Gleitlager-Pads auch bei dieser Ausführungsvariante möglich.

[0016] Eine einfache Möglichkeit zur Anordnung und Fixierung der Gleitlager-Pads wird erreicht, indem das äußere Ringelement auf der den Gleitlager-Pads zugewandten Oberfläche Nuten aufweist und die Gleitlager-Pads teilweise in diesen Nuten angeordnet sind.

[0017] Gemäß einer Ausführungsvariante dazu ist vorgesehen, dass die Anzahl der Gleitlager-Pads pro Gleitlager ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von $D/10$ und einer oberen Grenze von $D/2$, insbesondere einem Bereich mit einer unteren Grenze von $D/8$ und einer oberen Grenze von $D/4$, wobei D in Zentimeter der maximale Durchmesser des inneren Ringelementes ist. Es wird damit erreicht, dass trotz der Aufteilung der Gleitlager auf einzelne Pads ein relativ großer Anteil an der maximal zur Verfügung stehenden, theoretischen Gleitlagerfläche für die Lagerung bzw. die Lastabtragung durch die Lager zur Verfügung steht.

[0018] Eine Verbesserung der Lagerfunktion wird erreicht, wenn die beiden Gleitlager in winkelig zueinander stehenden Ebenen angeordnet sind, da damit Kippmomente besser aufgenommen werden können.

[0019] Bevorzugt ist dabei der Winkel, den die beiden Ebenen miteinander einschließen, ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 30° und einer oberen Grenze von 75° , insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 35° und einer oberen Grenze von 60° . Es konnten damit die voranstehend beschriebenen Effekte betreffend die beiden winkelig zueinander stehenden Gleitlager weiter verbessert werden.

[0020] Eine weitere Verbesserung dieser Fixierung der Gleitlager-Pads wird erreicht, wenn die Nuten einen sich in Richtung auf einen Nutengrund sich erweiternden Querschnitt aufweisen, insbesondere einen schwalbenschwanzförmigen oder T-förmigen Querschnitt aufweisen, und die Gleitlager-Pads einen dazu entsprechenden Querschnitt aufweisen.

[0021] Für eine einfache Austauschbarkeit der Gleitlager-Pads sowie eine bessere Justierbarkeit der Gleitlager-Pads ist es gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen, dass die Gleitlager-Pads mit einem lösbaaren Befestigungselement am äußeren Ringelement befestigt sind.

[0022] Es kann weiters vorgesehen sein, dass das innere Ringelement aus zwei in axialer Richtung nebeneinander angeordneten und in axialer Richtung zueinander beabstandeten Ringen besteht, wobei gegebenenfalls zwischen den Ringen ein Abstandselement angeordnet ist, und das Befestigungselement zumindest teilweise zwischen diesen beiden Ringen angeordnet ist. Es wird damit eine einfachere Austauschbarkeit der Gleitlager-Pads erreicht, wobei aufgrund der Gewichtskraft der Rotor, das heißt die Rotornabe, im Stillstand im Bereich der unteren Gleitlager-Pads aufliegt, sodass die oberen Gleitlager-Pads lastfrei sind und damit aus der Gleitlagerung entnommen werden können. Durch die beiden Ringe wird dabei zusätzlich erreicht, dass diese Gleitlager-Pads im Bereich zwischen den Ringen entnommen werden können, indem das Befestigungselement gelöst wird und somit die Fixierung der Gleitlager-Pads am äußeren Ringelement freigegeben wird, sodass in weiterer Folge diese Gleitlager-Pads aus den Nuten einfach heraus geschoben werden können.

[0023] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass jeweils zwei in axialer Richtung nebeneinander angeordnete Gleitlager-Pads über ein gemeinsames Befestigungselement am äußeren Ringelement fixiert sind, wodurch sich einerseits der kon-

struktive Aufbau der Gleitlagerung an sich vereinfachen lässt und zudem auch Wartungsarbeiten in kürzerer Zeit durchgeführt werden können. Es wird damit auch die Einstellung der Gleitlagerung vereinfacht.

[0024] Für einen besseren Öleinzug ist vorgesehen, dass die Gleitlager-Pads an zumindest einer Stirnseite zumindest teilweise mit einer Rundung versehen sind.

[0025] Die Gleitlager sind bevorzugt durch Mehrschichtgleitlager gebildet, um damit eine Verbesserung der Lagerfunktion, insbesondere der Gleitfähigkeit und der Stützfunktion dieser Gleitlager zu erreichen.

[0026] Dabei kann eine oberste Schicht der Mehrschichtgleitlager eine unterbrochene Oberfläche aufweisen, einerseits um eine Ölzuführung zur Gleitfläche zu erreichen. Andererseits wurde gefunden, dass damit durch eine bessere Lastverteilung die Lastaufnahmefähigkeit der Gleitlager erhöht werden kann.

[0027] Es ist durch das erfindungsgemäße Lagerelement möglich, die Windkraftanlage ausschließlich hydrodynamisch im Bereich der Lagerung zu betreiben, sodass auf konstruktive Maßnahmen zur Einhaltung eines bestimmten Mindestöldruckes, der üblicherweise bei hydrostatischen Anlagen mindestens 1 bar, normalerweise aber deutlich über 100 bar beträgt, verzichtet werden kann, sodass die Windkraftanlage an sich konstruktiv einfacher ausgebildet werden kann.

[0028] Gemäß einer Ausführungsvariante der Windkraftanlage ist vorgesehen, dass das innere Ringelement des Lagerelementes ein Teil der Rotorwelle und das äußere Ringelement ein Teil des Stators ist, wodurch sich wiederum der konstruktive Aufbau der Gleitlagerung vereinfachen lässt.

[0029] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0030] Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

[0031] Fig. 1 einen Ausschnitt aus einer Windkraftanlage im Teilschnitt;

[0032] Fig. 2 eine erste Ausführungsvariante eines Lagerelementes in Seitenansicht geschnitten;

[0033] Fig. 3 ein Gleitlager-Pad in Schrägansicht;

[0034] Fig. 4 einen Ausschnitt aus einer Anordnung von Gleitlager-Pads in Schrägansicht von unten;

[0035] Fig. 5 einen Ausschnitt einer Gleitlagerung in Seitenansicht geschnitten;

[0036] Fig. 6 einen Ausschnitt aus einer weiteren Ausführungsvariante einer Gleitlagerung in Seitenansicht geschnitten;

[0037] Fig. 7 ein Gleitlagersegment in Ansicht auf die Gleitfläche;

[0038] Fig. 8 das Gleitlagersegment nach Fig. 7 in Schrägansicht auf den Rücken;

[0039] Fig. 9 teilweise zwei Gleitlagersegmente mit dazwischen angeordnetem Keilelement.

[0040] Einführend sei festgehalten, dass die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile bzw. gleiche Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0041] Fig. 1 zeigt in Schrägansicht und teilweise geschnitten einen Ausschnitt aus einer Windkraftanlage 1, wie sie im Prinzip aus dem Stand der Technik bekannt ist. Diese Windkraftanlage 1 umfasst einen Turm 2, an dessen Spitze eine Gondel 3, angeordnet ist. In dieser Gondel 3 ist einen Rotornabe 4 angeordnet, die an ihrem einen Ende Rotorblätter 5 trägt, insbesondere

drehbeweglich. Dem anderen Ende ist zur Stromerzeugung ein Generator 6, der in diesem Fall als Ringgenerator ausgeführt ist, zugeordnet. Die Rotorwelle 4 ist über ein Lagerelement 7 drehbeweglich in der Gondel 3 gelagert. Das Lagerelement 7 ist das so genannte Hauptlager der Windkraftanlage 1.

[0042] Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, handelt es sich bei der Windkraftanlage 1 um eine getriebelose Ausführung, das heißt, dass zwischen dem Rotor selbst, das heißt den Rotorblättern 5, und dem Generator 6 kein Übersetzungsgetriebe vorhanden ist. Es handelt sich dabei um einen so genannten Langsamläufer. Zum Unterschied dazu sind aus dem Stand der Technik auch Windkraftanlagen bekannt, die zwischen dem Rotor und dem Generator ein Übersetzungsgetriebe, häufig ein Planetengetriebe, aufweisen, sodass der Rotor des Generators schneller läuft als die Rotornabe.

[0043] Bevorzugt bezieht sich die Erfindung auf den erstgenannten, das heißt den getriebelosen Typ von Windkraftanlagen 1, wenngleich die Erfindung prinzipiell auch bei Windkraftanlagen mit Übersetzungsgetriebe angewandt werden kann.

[0044] Die Fig. 2 bis 5 zeigen eine erste Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Lagerelementes 7. Dabei ist in Fig. 2 ein Ausschnitt aus der Windkraftanlage 1 im Bereich der Rotornabe 4 gezeigt. Das Lagerelement 7 wird durch eine Gleitlagerung mit zwei in axialem Abstand zueinander angeordneten Gleitlagern 8, 9 gebildet bzw. umfasst diese. Mit axialem Abstand ist dabei die Richtung entlang der Längsmittelachse durch die Rotornabe 4 gemeint.

[0045] Neben den beiden Gleitlagern 8, 9 umfasst das Lagerelement 7 weiters ein inneres Ringelement 10, sowie ein äußeres Ringelement 11. Das innere Ringelement 10 ist zweigeteilt ausgeführt mit einem ersten Ring 12 und einen zweiten Ring 13, wobei zwischen den Ringen 12, 13 ein Abstandselement 14 angeordnet ist, sodass die beiden Ringe 12, 13 in axialer Richtung voneinander beabstandet sind.

[0046] Die Gleitlager 8, 9 sind zwischen diesen beiden Ringelementen 10, 11 angeordnet, wobei das äußere Ringelement 11 drehbeweglich ist und das innere Ringelement 10 stationär angeordnet ist, das heißt fixiert ist. Das äußere Ringelement 11 ist zudem über eine entsprechende Befestigungsanordnung 15 mit der Rotornabe 4 bzw. dem Rotor verbunden. Zur Befestigung des inneren Ringelementes 10, das heißt der beiden Ringe 12, 13 bei dieser Ausführungsvariante, kann an einem Generator-Ständer 16, der an einem Maschinenträger 17 befestigt ist, eine Ringnut 18 in einer äußeren Oberfläche ausgebildet sein, in der das innere Ringelement 10 zumindest teilweise angeordnet, insbesondere fixiert ist.

[0047] Die beiden Gleitlager 8, 9 sind bei dieser Ausführungsvariante bevorzugt in zwei verschiedenen Ebenen angeordnet, die miteinander einen Winkel 19 einschließen. Der Winkel 19 kann dabei ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 30° und einer oberen Grenze von 75° , insbesondere aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 35° und einer oberen Grenze von 60° . Durch die winkelige Anordnung der beiden Gleitlager 8, 9 können Kippmomente besser von dem Lagerelement 7 aufgenommen werden.

[0048] Wie aus den Fig. 3 und 4 ersichtlich ist, sind die beiden Gleitlager 8, 9 nach Fig. 2 durch Gleitlager-Pads 20 gebildet bzw. umfassen diese Gleitlager-Pads 20. Dabei sind in Umfangsrichtung um den Generator-Ständer 16 verteilt nebeneinander, insbesondere mit Abstand, mehrere dieser Gleitlager-Pads 20 angeordnet, um so die Lagerfläche auszubilden. Insbesondere ist dabei die Anzahl der Gleitlager-Pads 20 pro Gleitlager 8, 9 ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von $D/10$ und einer oberen Grenze von $D/2$, wobei D in Zentimeter den maximalen Durchmesser des inneren Ringelementes 10 bezeichnet. Beispielsweise können also bei einem Lagerdurchmesser von 2,2 m 50 derartige Gleitlager-Pads 20 über den Umfang verteilt angeordnet sein.

[0049] Selbstverständlich richtet sich jedoch die Anzahl der Gleitlager-Pads 20 nach der Größe des Umfanges, sodass eine davon unterschiedliche Anzahl an Gleitlager-Pads 20 angeordnet sein kann. Diese Gleitlager-Pads 20 können beispielsweise eine Länge 21 in Umfangsrichtung von 122 mm sowie eine Breite 22 senkrecht dazu von 194 mm aufweisen.

[0050] Beispielsweise können diese Gleitlager-Pads eine Größe in der Größe von DIN A5 bis DIN A4 aufweisen.

[0051] Es besteht auch die Möglichkeit, dass nur eines der Gleitlager 8, 9 mit derartigen Gleitlager-Pads 20 versehen ist.

[0052] Die Gleitlager-Pads 20 sind bevorzugt am äußeren Ringelement 11 befestigt. Dazu kann gemäß einer Ausführungsvariante vorgesehen sein, wie dies aus Fig. 4 ersichtlich ist, dass in diesem äußeren Ringelement 20 auf der den Gleitlager-Pads 20 zugewandten Oberfläche Nuten 23 angeordnet sind, in die die Gleitlager-Pads 20 eingeschoben werden können. Vorzugsweise weisen diese Nuten 23 einen sich von der Oberfläche in Richtung auf einen Nutengrund 24 erweiternden Querschnitt auf, insbesondere sind diese Nuten 23 im Querschnitt zumindest annähernd schwalbenschwanzförmig oder T-förmig ausgebildet, wobei die Gleitlager-Pads 20 einen dazu komplementären Querschnittsverlauf aufweisen, also einen sich vergrößernden Querschnitt von einer Gleitoberfläche 25 in Richtung auf einen Gleitlager-Padrücken 26. Es wird damit zumindest ansatzweise eine Fixierung dieser Gleitlager-Pads 20 in radialer Richtung erreicht. Die Querschnittserweiterung kann dabei an allen Seitenwänden der Nuten 23 oder nur an einzelnen der Seitenwände, beispielsweise nur an der hinteren Seitenwand, ausgebildet sein.

[0053] Es besteht weiters die Möglichkeit, dass diese Nuten 23 in den Eckbereichen mit Rundungen versehen sind - vorzugsweise mit Ausnahme der vorderen Eckbereiche, an denen die Gleitlager-Pads eingeschoben werden, wie dies ebenfalls auf Fig. 4 ersichtlich ist.

[0054] Die durch das innere Ringelement 10, das heißt die Ringe 12, 13 bei dieser Ausführungsvariante, gebildete Gegenauflfläche, wird insbesondere durch Stahl gebildet, sodass also dieses Ringelement 10 aus Stahl geformt sein kann, ebenso wie das äußere Ringelement 11.

[0055] Die Befestigung der Gleitlager-Pads 20 am äußeren Ringelement 11, damit die Gleitlager-Pads 20 während des Betriebes besser gegen das Herausgleiten aus den Nuten 23 geschützt sind, kann über verschiedenste Methoden erfolgen, beispielsweise durch Schweißstellen, Lötstellen, Klemmelemente, etc. Bevorzugt erfolgt die Befestigung allerdings, wie dies aus Fig. 5 ersichtlich ist, über ein lösbares Befestigungselement 27, insbesondere eine Schraube. Angemerkt sei, dass die Fig. 5 nochmals in einer größeren Darstellung das äußere Ringelement 11, das innere Ringelement 10, bestehend aus den beiden Ringen 12, 13, sowie das dazwischen angeordnete Abstandselement 14 zeigt.

[0056] Das Befestigungselement 27 ist bevorzugt durch eine Gewindeschraube gebildet, wobei die Gleitlager-Pads 20 über Beilagscheiben 28 vor dem Herausrutschen aus den Nuten 23 im äußeren Ringelement 11 gesichert sind. Dazu können die Gleitlager-Pads 20, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, im Bereich des Gleitlager-Padrückens 26 zumindest teilweise in in Richtung der Breite 22 einander gegenüberliegenden Endbereichen 29, 30 zumindest annähernd keilförmig ausgebildet sein (in Richtung der Länge 21 betrachtet), wobei ein Keil 31 zur Fixierung des Gleitlager-Pads 20 in der Nut 23 des äußeren Ringelementes 11 dient, wozu diese Nut 23 eine dazu entsprechende, konträre Kontur aufweist, und ein weiterer Keil 32 an den Beilagscheiben 28 aufliegt. Es wird damit erreicht, dass durch die Schrägstellung der Gleitlager-Pads 20 und durch das Hineinschrauben des Befestigungselementes 27 das Gleitlager-Pad 20 in die Nut 23 des äußeren Ringelementes 11 hineingedrückt wird.

[0057] Wie insbesondere aus Fig. 5 ersichtlich ist, ist das Befestigungselement 27 - zumindest annähernd zentrisch in axialer Richtung betrachtet - im äußeren Ringelement 11 angeordnet, sodass durch ein Befestigungselement 27 jeweils zwei einander gegenüberliegende Gleitlager-Pads 20 der beiden Gleitlager 8, 9 gehalten und fixiert werden können.

[0058] Die Gleitlager-Pads 20 weisen bevorzugt einen Mehrschichtaufbau auf, wie dies aus Fig. 3 ersichtlich ist und umfassen zumindest eine Stützschiicht 33 sowie eine darauf angeordnete Gleitschiicht 34. Gegebenenfalls können zwischen der Stützschiicht 33 und der Gleitschiicht 34 noch weitere Schichten angeordnet sein, beispielsweise eine Lagermetallschiicht und/oder eine Bindschiicht bzw. eine Diffusionssperrschicht.

[0059] Die Gleitschicht 34 ist bevorzugt zumindest im Oberflächenbereich unterbrochen ausgeführt, sodass mehrere, insbesondere zwei, Gleitschichtteilflächen 35 ausgebildet sind. Es wurde nämlich festgestellt, dass durch die geteilte Gleitschicht 34 eine bessere Lastverteilung auf diese erreicht werden kann.

[0060] Selbstverständlich ist es im Rahmen der Erfindung möglich, mehrere Unterteilungen vorzunehmen, insbesondere auch drei, vier, fünf oder sechs Gleitschichtteilflächen 35, je nach Abhängigkeit der Größe der Fläche der Gleitschicht 34, auszubilden.

[0061] Zwischen den Gleitschichtteilflächen 35 können Ausnehmungen 36, insbesondere Nuten, vorgesehen sein, die sich beispielsweise nur über einen Teil der Schichtdicke der Gleitschicht 34 oder über die gesamte Schichtdicke erstrecken können. Diese Nuten 36 können insbesondere als Ölzuführnuten verwendet werden.

[0062] Es ist weiters gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen, dass eine Stirnseite 37 zumindest der Gleitschicht 34 zumindest teilweise mit einer Rundung versehen ist, um damit einen besseren Öleinzug im Bereich der Gleitschicht 33, das heißt der Lauffläche der Gleitlager-Pads 20, zu erreichen. Wie insbesondere aus Fig. 4 ersichtlich ist, erstreckt sich diese Rundung im Bereich zumindest einer der Seitenwände der Nuten 23 im äußeren Ringelement 11, wobei gegebenenfalls beide Seitenbereich, das heißt beide Stirnseiten 37, die einander gegenüberliegen und an den Seitenwänden der Nut anliegen, zumindest der Gleitschicht 34 mit einer derartigen Rundung versehen sein können, sodass die Gleitschicht 33 in Draufsicht eine hyperbelartige Außenkontur aufweist und damit ein Mittenbereich der Gleitschicht 34 weiter von der Seitenwand der Nuten 23 entfernt ist als ein Eckbereich.

[0063] Selbstverständlich ist die Oberfläche der Gleitlager-Pads 20 ebenfalls gerundet ausgeführt sein, das heißt die Oberfläche zumindest der Gleitschicht 34 entsprechend an die Rundung des inneren Ringelementes 10 angepasst.

[0064] Insbesondere besteht die Gleitschicht 34 aus einem relativ harten Gleitlagerwerkstoff mit einer Härte von zumindest 75 HV (0,001), insbesondere von zumindest 100 HV (0,001), zumindest an der Gleitschichtoberfläche 35. Beispielsweise kann die Gleitschicht aus einem Werkstoff gebildet sein, ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Aluminiumbasislegierungen, wie AlSn₂OCu, AlZn₄Si₃, Silberbasislegierungen oder Kupferbasislegierungen, gegebenenfalls jeweils mit Bismut, Bismutbasislegierungen.

[0065] Wie bereits voranstehend bereits erwähnt, kann die Gleitschicht 34 auch durch einen Gleitlack gebildet sein, wobei in diesem Fall die Gleitschicht 34 eine Härte zwischen 25 HV (0,001) bis 60 HV (0,001) aufweist.

[0066] Als Gleitlacke können zum Beispiel verwendet werden Polytetrafluorethylen, fluorhaltige Harze, wie z.B. Perfluoralkoxy-Copolymere, Polyfluoralkoxy-Polytetrafluorethylen-Copolymere, Ethylen-tetrafluorethylen, Polychlorotrifluorethylen, fluorierte Ethylen-Propylen Copolymere, Polyvinylfluorid, Polyvinylidenfluorid, alternierende Copolymere, statistische Copolymere, wie z.B. Perfluorethylenpropylen, Polyesterimide, Bismaleimide, Polyimidharze, wie z.B. Carboranimide, aromatische Polyimidharze, wasserstofffreie Polyimidharze, Poly-triazo-Pyromellithimide, Polyamidimide, insbesondere aromatische, Polyaryletherimide, gegebenenfalls modifiziert mit Isocyanaten, Polyetherimide, gegebenenfalls modifiziert mit Isocyanaten, Epoxyharze, Epoxyharzester, Phenolharze, Polyamid 6, Polyamid 66, Polyoxymethylen, Silikone, Polyarylether, Polyarylyketone, Polyaryletherketone, Polyarylether-etherketone, Polyetheretherketone, Polyetherketone, Polyvinylidendifluoride, Polyethylensulfide, Allylsulfid, Poly-triazo-Pyromellithimide, Polyesterimide, Polyarylsulfide, Polyvinylsulfide, Polyphenylsulfide, Polysulfone, Polyethersulfone, Polyarylsulfone, Polyaryloxide, Polyarylsulfide, sowie Copolymere daraus.

[0067] Bevorzugt wird ein Gleitlack der in trockenem Zustand aus 40 Gew.-% bis 45 Gew.-% MoS₂, 20 Gew.-% bis 25 Gew.-% Graphit und 30 Gew.-% bis 40 Gew.-% Polyamidimid besteht, wobei gegebenenfalls noch Hartpartikel, wie z.B. Oxide, Nitride oder Carbide, im dem Gleitlack in einem Anteil von in Summe maximal 20 Gew.-% enthalten sein können, die einen Anteil der Festschmierstoffe ersetzen.

[0068] Die Stützschrift 33 kann beispielsweise durch Stahl oder eine Kupferbasislegierung, insbesondere mit Zink, beispielsweise CuZn31Si, CuSnZn, eine AlZn- oder eine CuAl-Legierung gebildet sein.

[0069] Die Fig. 6 bis 8 zeigen eine andere Ausführungsvariante des Lagerelementes 7 für eine Windkraftanlage 1. Wiederum besteht das Lagerelement 7 aus zwei in axialem Abstand zueinander angeordneten Gleitlagern 38, 39 die zwischen einem inneren Ringelement 40 und einem äußeren Ringelement 41 angeordnet sind. In der bevorzugten Ausführungsvariante ist dabei das innere Ringelement 40 ein Teil einer Rotornabe 42 und das äußere Ringelement 41 ein Teil eines Stators 43 der Windkraftanlage 1. Anders als bei voranstehend beschriebener Ausführungsvariante der Erfindung, ist also bei dieser Ausführungsvariante das innere Ringelement 40 drehbeweglich und das äußere Ringelement 41 fixiert angeordnet.

[0070] Die beiden Gleitlager 38, 39 sind bei dieser Ausführungsvariante in einer Ebene angeordnet, wobei es selbstverständlich möglich ist, dass diese beiden Gleitlager 38, 39 auch bei dieser Ausführungsvariante in zwei winkelig zueinander stehenden Ebenen angeordnet werden.

[0071] Bevorzugt sind diese beiden Gleitlager 38, 39 aber relativ weit voneinander beabstandet, wobei ein Abstand 44 zwischen den beiden Gleitlagern 38, 39, gemessen zwischen den aufeinander zuweisenden Stirnflächen in Umfangsrichtung der Gleitlager 38, 39, zumindest 40 %, insbesondere zumindest 50 %, einer maximalen Umfangslänge des inneren Ringelementes 40 beträgt. Durch diese weite Beabstandung der beiden Gleitlager 38, 39 ist es möglich, dass das Lagerelement 7 höheren Belastungen ausgesetzt werden kann, insbesondere können damit am Rotor wirkende Kippmomente besser aufgenommen werden.

[0072] Bevorzugt sind die beiden Gleitlager 38, 39 als Gleitlagersegmente 45 ausgebildet, wie dies aus den Fig. 7 und 8 ersichtlich ist, sodass über den Umfang des inneren Ringelementes 40 mehrere Gleitlagersegmente 45 ein Gleitlager 38 bzw. 39 bilden. Zur Befestigung der Gleitlagersegmente 45 am Stator 43 können wiederum unterschiedlichste Verfahren und Methoden eingesetzt werden, wie bereits voranstehend beschrieben, wobei gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante die Gleitlagersegmente 45 an Stirnflächen 46, 47 abgeschrägt sind und zwischen den Gleitlagersegmenten 45 zu deren Vorspannung bzw. Befestigung ein Keilelement 48 angeordnet wird, wie dies aus Fig. 9 ersichtlich ist, wobei über dieses Keilelement 48 die Gleitlagersegmente 45 gegen die innere Oberfläche des äußeren Ringelementes 41 gepresst werden. Es sind also auch bei dieser Ausführungsvariante die Gleitlagersegmente 45 beabstandet zueinander angeordnet - in Umfangsrichtung betrachtet - bedingt durch die dazwischen angeordneten Keilelemente 48.

[0073] Zur Anordnung der beiden Gleitlager 38, 39 zwischen dem inneren Ringelement 40 und dem äußeren Ringelement 41 besteht auch bei dieser Ausführungsvariante die Möglichkeit, im inneren Ringelement 40, das heißt an einer dem äußeren Ringelement zugewandten Oberfläche des inneren Ringelementes 40 und/oder an einer dem inneren Ringelement 40 zugewandten Oberfläche des äußeren Ringelementes 41 eine Nut vorzusehen.

[0074] Wie insbesondere aus den Fig. 7 und 8 ersichtlich ist, können an einem Segmentrücken 49 der Gleitlager 38, 39 Nuten 50 und/oder Bohrungen 51 zur Zuführung bzw. generell zur Führung von Schmieröl angeordnet sein, um in besonders belasteten Bereichen der Gleitlager 38, 39 einen Schmierfilm besser aufbauen zu können. Es sei allerdings erwähnt, dass das Lagerelement 7 nach der Erfindung vorzugsweise ausschließlich hydrodynamisch betreibbar ist, dass also keine Hydrostatik als Anfahrunterstützung erforderlich ist. Mit dem Begriff „ausschließlich hydrodynamisch“ ist im Sinne der Erfindung gemeint, dass kein Öldruck von über 1 bar aufrechterhalten wird, sodass also nur eine Mindestmenge über die zumindest eine Nut und/oder die zumindest eine Bohrung 51 einer Gleitfläche 52 zugeführt wird. Es ist also über diese Nuten 50 bzw. Bohrungen 51 eine gezielte Zuführung von Öl pro Gleitlagersegment 45 möglich.

[0075] Selbstverständlich besteht auch bei der Ausführung mit den Gleitlager-Pads 20 die Möglichkeit über den Gleitlager-Padrücken 26 über entsprechende Nuten bzw. Bohrungen eine

gezielte Ölzuführung zur Gleitschichtfläche bzw. Gleitschichtteilfläche 35 der Gleitlager-Pads 20 vorzunehmen.

[0076] Es sei weiters erwähnt, dass die Ausführungen zur Werkstoffwahl für die Gleitlager 8, 9 der ersten Ausführungsvariante der Erfindung auch auf die Gleitlager 38, 39 anwendbar sind, sodass diese Gleitlager 38, 39 bevorzugt auch als Mehrschichtgleitlager ausgeführt sind.

[0077] Sowohl die Gleitlager-Pads 20 als auch die Gleitlagersegmente 45 können nicht nur als Radialgleitlager ausgeführt sein, sondern auch an zumindest einer parallel zur Umfangsrichtung ausgebildeten Stirnfläche mit einem entsprechenden Gleitschichtwerkstoff versehen sein, sodass also eine zusätzliche axiale Lagerung über diese Gleitlager-Pads 20 bzw. die Gleitlagersegmente 45 erreicht wird.

[0078] Es ist dabei ebenfalls eine gezielte Ölzuführung möglich, wie dies zum Beispiel aus Fig. 8 ersichtlich ist, die in diesen Stirnflächen der Gleitlagersegmente 45 entsprechende Ausnehmungen 53 für die Ölzuführung zeigt.

[0079] Der Austausch der Gleitlagersegmente 45 bzw. der Einbau dieser Gleitlagersegmente 45 in das Lagerelement 7 kann durch seitliches Herausnehmen aus dem bzw. seitliches Einschieben in das Lagerelement 7 - in axialer Richtung betrachtet - erfolgen.

[0080] Die Gleitlager-Pads 20 können hingegen über den Stator im Bereich einer Ölzuführung 54, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, entfernt werden. Dazu wird lediglich das Befestigungselement 27 gelöst und gegebenenfalls entfernt, ebenso wie das Abstandselement 14. In Folge dessen können diese Gleitlager-Pads 20 jeweils schräg nach unten aus den Nuten 23 herausgezogen werden. Der Einbau bzw. Austausch dieser Gleitlager-Pads 20 kann in genau umgekehrter Reihenfolge erfolgen.

[0081] Es ist also bei sämtlichen Ausführungsvarianten der Erfindung möglich, nur einzelne Teile der Gleitlager 8, 9 bzw. 38, 39 auszutauschen, sodass also nicht wie bei einem Wälzlager das gesamte Lagerelement 7 bzw. das gesamte Wälzlager ausgetauscht werden muss. Die Ausführungsform nach den Fig. 2 bis 5 hat zudem den Vorteil, dass dieses Lagerelement 7 ein Schrägrollenwälzlager, wie diese derzeit als Hauptlager zur Rotorlagerung eingesetzt werden, ersetzen kann, sodass also derartige Lagerelemente 7 im Zuge von Wartungsarbeiten auch die bislang verwendeten Wälzlager bei bestehenden Anlagen ersetzen können.

[0082] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Lagerelementes 7 dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

1	Windkraftanlage	16	Generator-Ständer
2	Turm	17	Maschinenträger
3	Gondel	18	Ringnut
4	Rotornabe	19	Winkel
5	Rotorblatt	20	Gleitlager-Pad
6	Generator	21	Länge
7	Lagerelement	22	Breite
8	Gleitlager	23	Nut
9	Gleitlager	24	Nutengrund
10	Ringelement	25	Gleitfläche
11	Ringelement	26	Gleitlager-Padrücken
12	Ring	27	Befestigungselement
13	Ring	28	Beilagscheibe
14	Abstandselement	29	Endbereich
15	Befestigungsanordnung	30	Endbereich

31 Keil	46 Stirnfläche
32 Keil	47 Stirnfläche
33 Stützschrift	48 Keilelement
34 Gleitschicht	49 Segmentrücken
35 Gleitschichtteilfläche	50 Nut
36 Nut	51 Bohrung
37 Stirnseite	52 Gleitfläche
38 Gleitlager	53 Ausnehmung
39 Gleitlager	54 Ölzuführung
40 Ringelement	
41 Ringelement	
42 Rotornabe	
43 Stator	
44 Abstand	
45 Gleitlagersegment	

Patentansprüche

1. Lagerelement (7) für die Lagerung der Rotornabe (4) einer Windkraftanlage (1) mit zumindest einem inneren Ringelement (10, 40) und zumindest einem äußeren Ringelement (11, 41), wobei zwischen dem inneren Ringelement (10, 40) und dem äußeren Ringelement (11, 41) eine Gleitlagerung ausgebildet ist, die durch zumindest zwei in axialem Abstand (44) zueinander angeordnete Gleitlager (8, 9, 38, 39) gebildet ist, wobei zumindest eines der oder die Gleitlager (8, 9) jeweils durch in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Gleitlager-Pads (20) gebildet ist oder sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das äußere Ringelement (11) auf der den Gleitlager-Pads (20) zugewandten Oberfläche Nuten (23) aufweist und die Gleitlager-Pads (20) teilweise in diesen Nuten (23) angeordnet sind.
2. Lagerelement (7) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Gleitlager-Pads (20) pro Gleitlager (8, 9) ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von $D/10$ und einer oberen Grenze von $D/2$, wobei D in cm der maximale Durchmesser des inneren Ringelementes (10) ist.
3. Lagerelement (7) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Gleitlager (8, 9) in winkelig zueinander stehenden Ebenen angeordnet sind.
4. Lagerelement (7) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Ebenen in einem Winkel (19) zueinander angeordnet sind, der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 30° und einer oberen Grenze von 75° .
5. Lagerelement (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nuten (23) einen sich in Richtung auf einen Nutengrund (24) erweiternden Querschnitt aufweisen, insbesondere einen schwalbenschwanzförmigen oder T-förmigen Querschnitt aufweisen, und die Gleitlager-Pads (20) einen dazu entsprechenden Querschnitt aufweisen.
6. Lagerelement (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleitlager-Pads (20) mit einem lösbaren Befestigungselement (27) am äußeren Ringelement (11) befestigt sind.
7. Lagerelement (7) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das innere Ringelement (10) aus zwei in axialer Richtung nebeneinander angeordneten und in axialer Richtung zueinander beabstandeten Ringen (12, 13) besteht, wobei gegebenenfalls zwischen den Ringen (12, 13) ein Abstandselement (14) angeordnet ist, und das Befestigungselement (27) zumindest teilweise zwischen den beiden Ringen (12, 13) angeordnet ist.

8. Lagerelement (7) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeweils zwei in axialer Richtung nebeneinander angeordnete Gleitlager-Pads (20) über ein gemeinsames Befestigungselement (27) am äußeren Ringelement (11) fixiert sind.
9. Lagerelement (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleitlager-Pads (20) an zumindest einer Stirnseite zumindest teilweise mit einer Rundung versehen sind.
10. Lagerelement (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleitlager (8, 9, 38, 39) durch Mehrschichtgleitlager gebildet sind.
11. Lagerelement (7) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine oberste Schicht der Mehrschichtgleitlager eine unterbrochene Oberfläche aufweist.
12. Windkraftanlage (1) mit einem Rotor der eine Rotornabe (4) aufweist, die sich auf einem Stator abstützt, wobei zwischen dem Rotor (4) und dem Stator ein Lagerelement (7) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lagerelement (7) entsprechend einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet ist.
13. Windkraftanlage (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das innere Ringelement (40) des Lagerelementes (7) einen Teil der Rotornabe (4) und das äußere Ringelement (41) einen Teil des Stators bilden.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

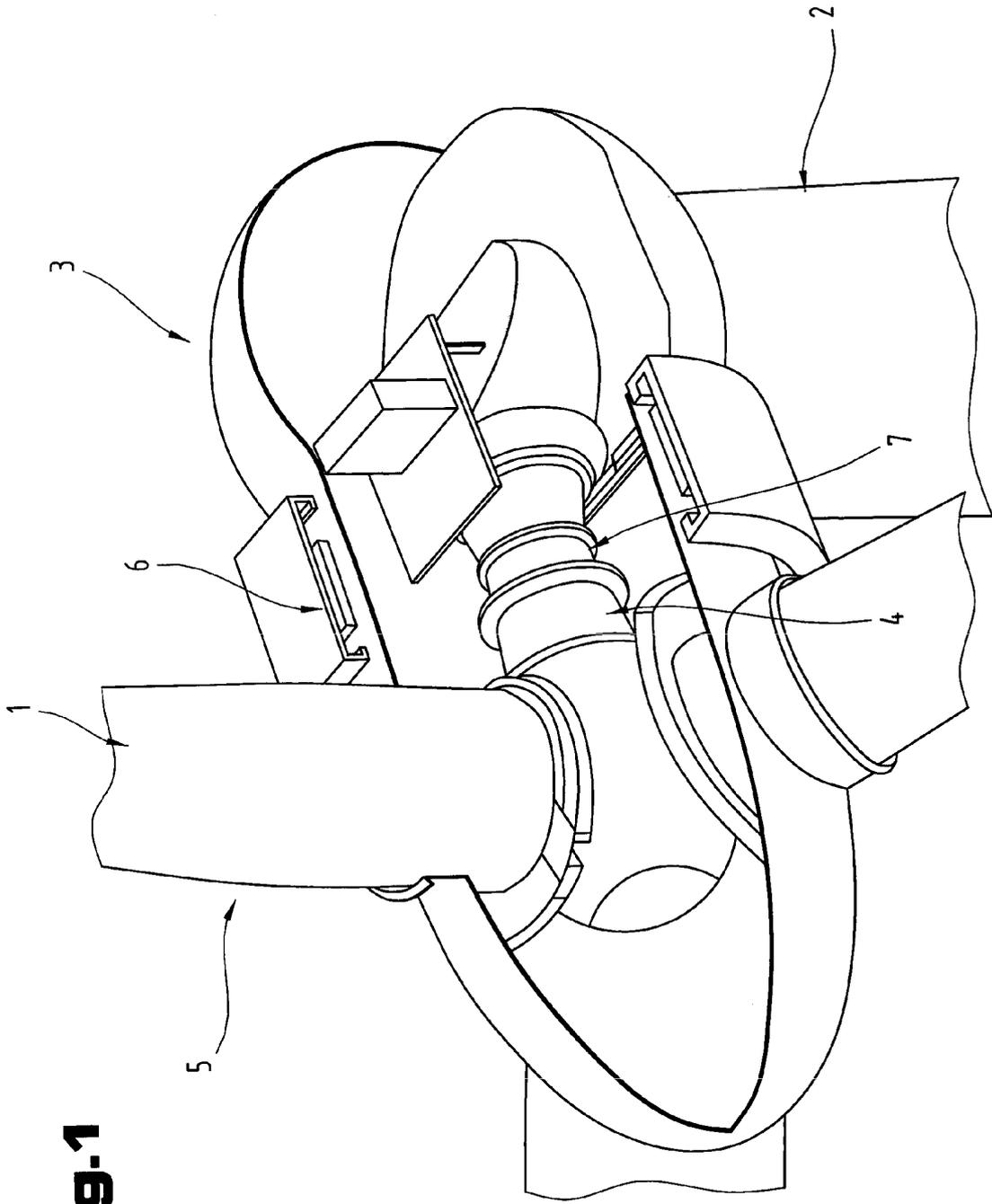


Fig. 1

Fig.4

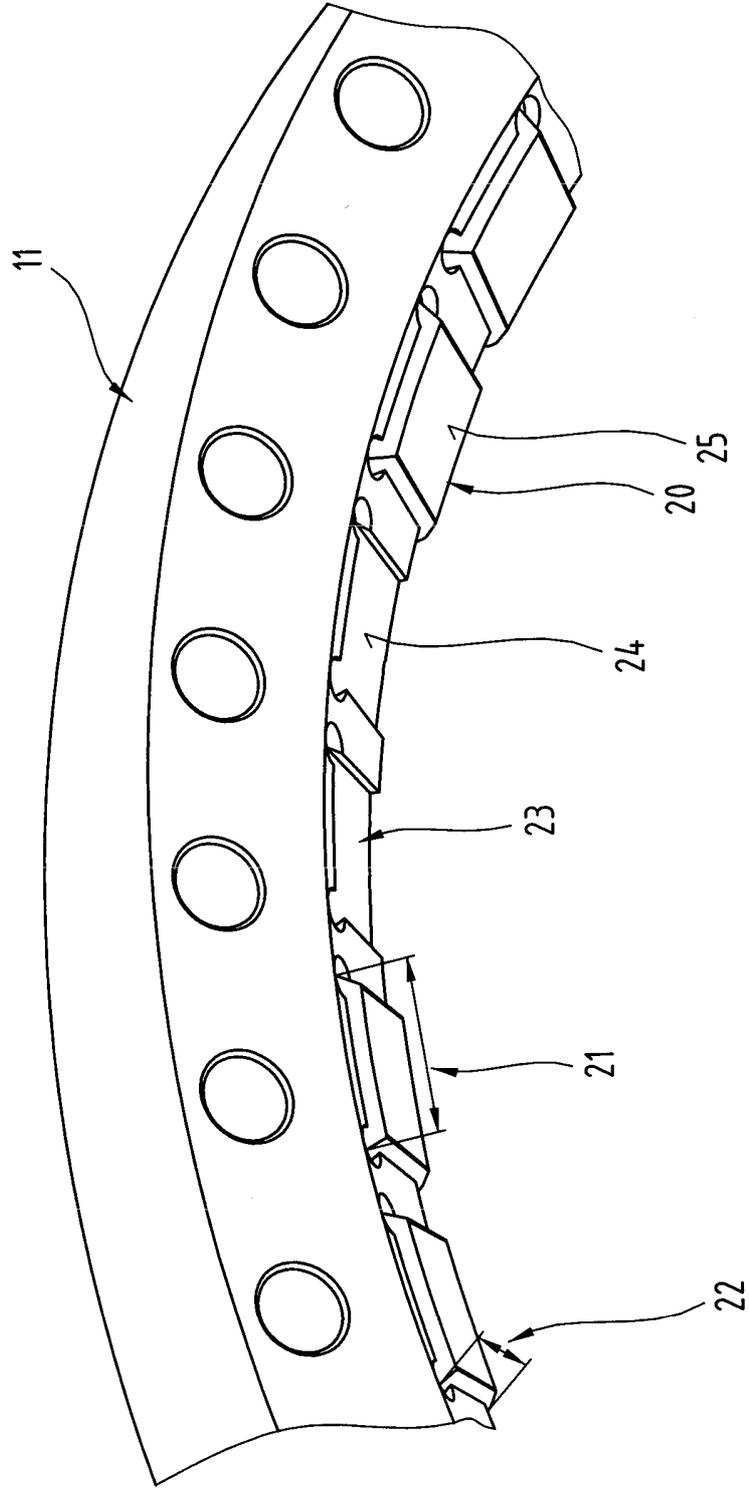


Fig.5

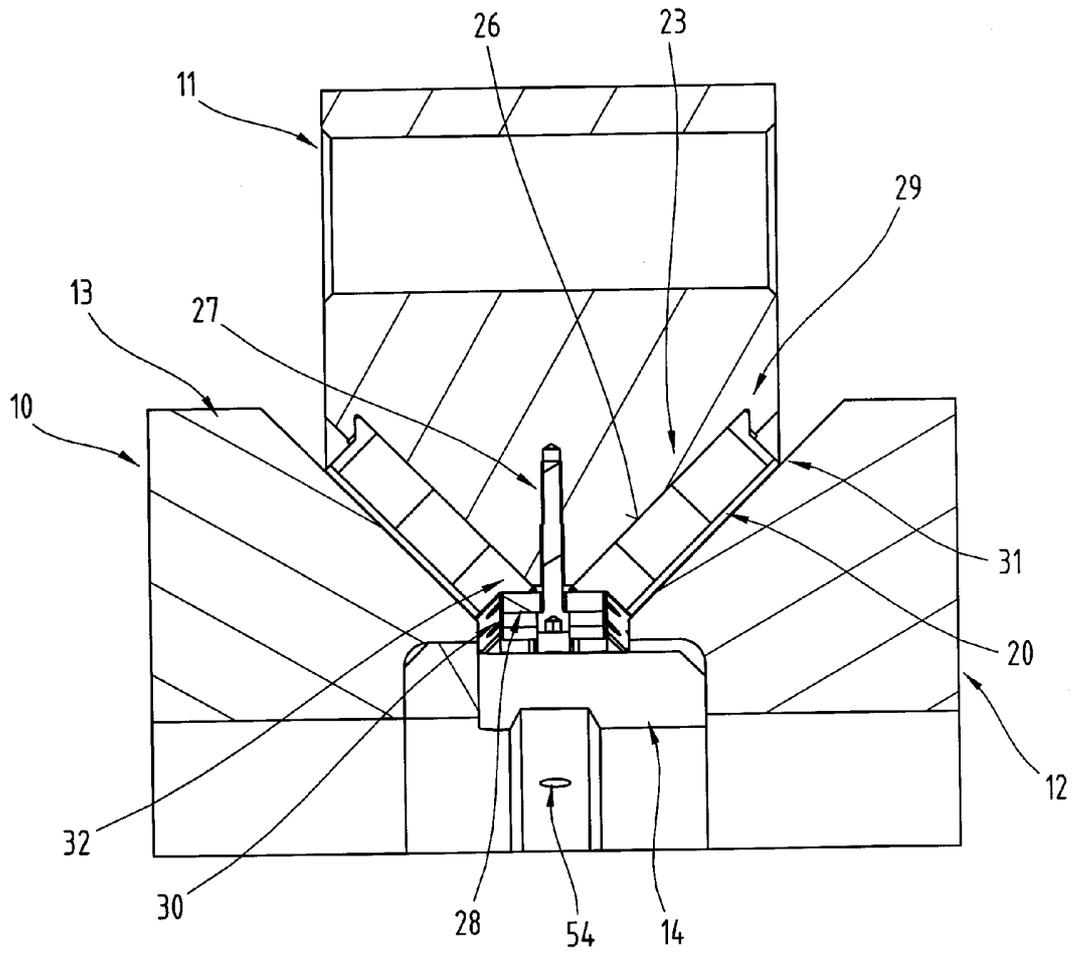


Fig.6

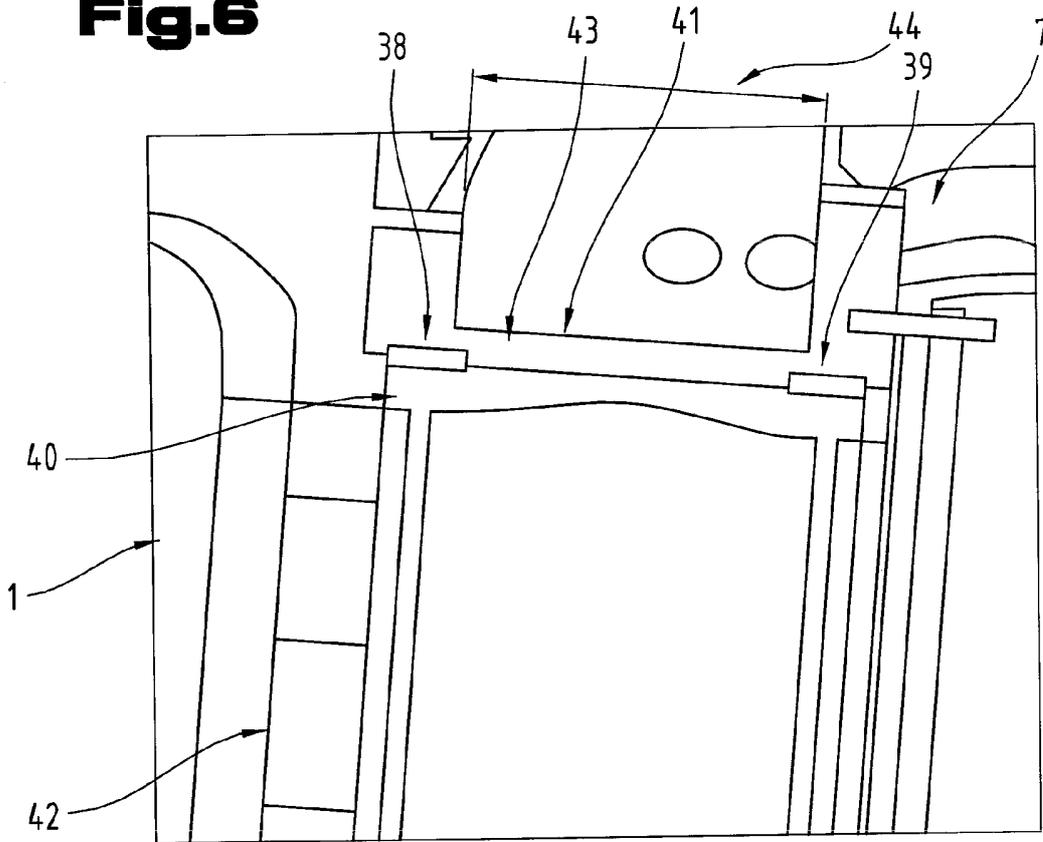


Fig.7

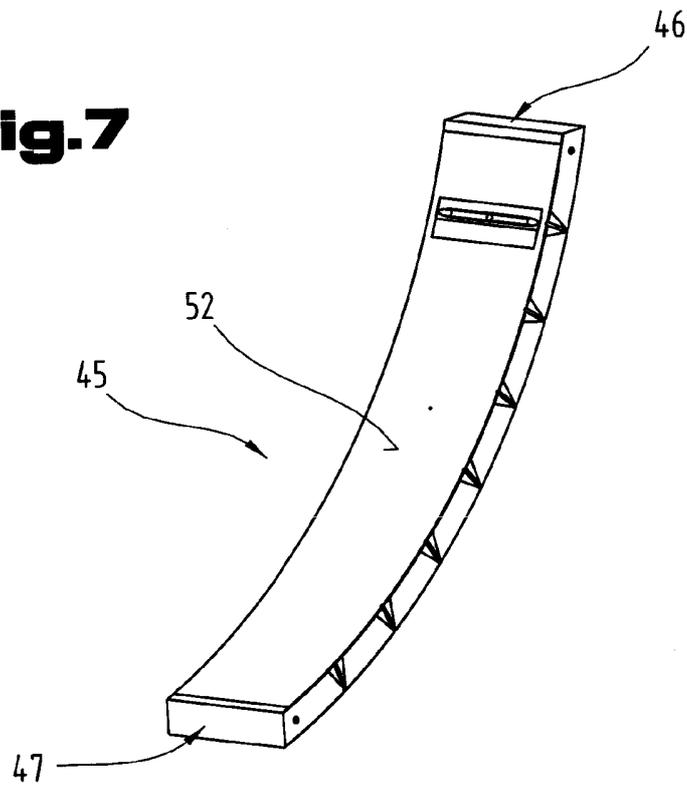


Fig.8

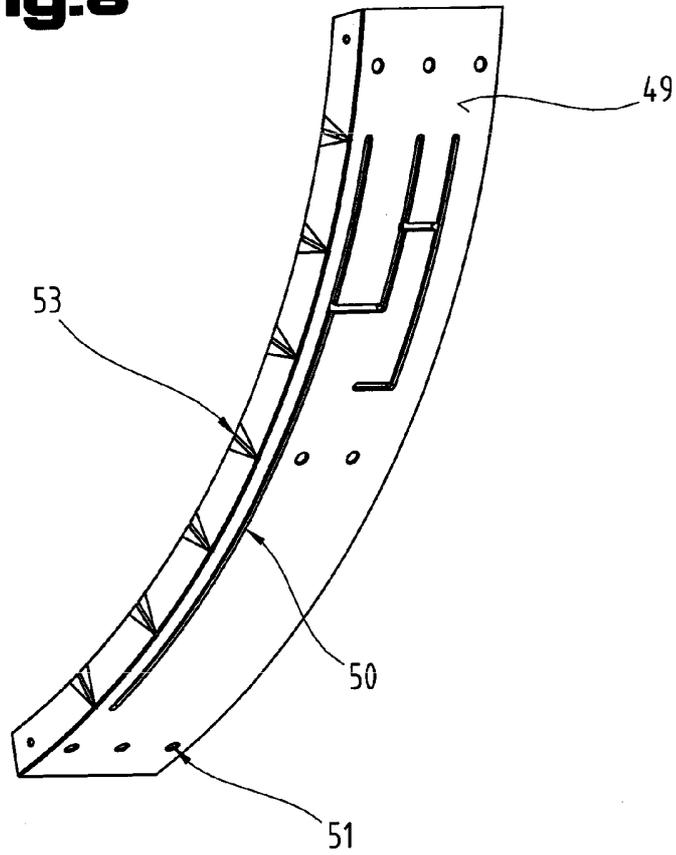


Fig.9

