

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 39/2012
(22) Anmeldetag: 16.01.2012
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2013

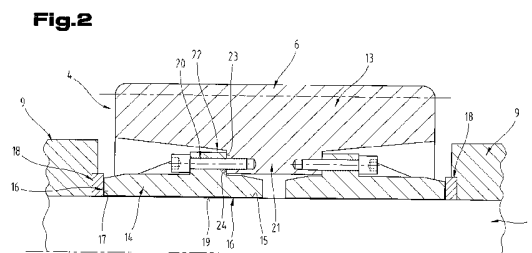
(51) Int. Cl. : **F03D 11/02** (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)
F16H 57/08 (2006.01)
F16C 33/08 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2011127509 A1
WO 2012029121 A1
US 2011092330 A1

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

(54) **WINDKRAFTANLAGE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Windkraftanlage mit einem Rotor und einem Generator, wobei zwischen dem Rotor und dem Generator ein Planetengetriebe (1) angeordnet ist, das in Wirkverbindung mit dem Rotor und dem Generator steht, wobei das Planetengetriebe (1) mehrere Planetenräder (4), mehrere Planetenbolzen (8), und einen Planetenträger (9) aufweist, wobei jeweils ein Planetenrad (4) auf jeweils einem Planetenbolzen (8) gelagert ist, wobei der Planetenbolzen (8) an dem Planetenträger (9) befestigt ist, wobei das Planetenrad (4) mehrteilig ausgebildet ist und ein - in radialer Richtung betrachtet - Außenteil (13) sowie zumindest ein mit dem Außenteil (13) verbundenes Innenteil (14) aufweist, wobei das zumindest eine Innenteil (14) an dem Planetenbolzen (8) anliegt und an zumindest einem Bereich seiner Oberfläche (15) eine Gleitbeschichtung (16) aufweist, und wobei die Verbindung des zumindest einen Innenteils (14) mit dem Außenteil (13) über ein Verbindungselement (20) ausgebildet ist, das seine größte Abmessung in axialer Richtung des Planetenrades (4) aufweist, wobei das Verbindungselement (20) durch eine Schraube oder Niete gebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Windkraftanlage mit einem Rotor und einem Generator, wobei zwischen dem Rotor und dem Generator ein Planetengetriebe angeordnet ist, das in Wirkverbindung mit dem Rotor und dem Generator steht, wobei das Planetengetriebe mehrere Planetenräder, mehrere Planetenbolzen, und einen Planetenträger aufweist, wobei jeweils ein Planetenrad auf jeweils einem Planetenbolzen gelagert ist, wobei der Planetenbolzen an dem Planetenträger befestigt ist, wobei das Planetenrad mehrteilig ausgebildet ist und ein - in radialer Richtung betrachtet - Außenteil sowie zumindest ein mit dem Außenteil verbundenes Innenteil aufweist, wobei das zumindest eine Innenteil an dem Planetenbolzen anliegt und an zumindest einem Bereich seiner Oberfläche eine Gleitbeschichtung aufweist.

[0002] Planetengetriebe für Windkraftanlagen zur Erzeugung von elektrischem Strom, wie sie zum Beispiel aus der DE 102 60 132 A1 bekannt sind, werden dazu verwendet, um die relativ geringe Drehzahl des Rotors der Windkraftanlage in eine höhere Drehzahl des Generatorrotors zu übersetzen. Üblicherweise werden in derartigen Planetengetrieben, wie dies ebenfalls in der DE 102 60 132 A1 beschrieben ist, Wälzlager als Lagerelemente für die Planetenräder verwendet. Der Stand der Technik beschreibt aber auch Gleitlager als Lagerelemente, beispielsweise die EP 1 544 504 A2 oder die AT 509 624 A1.

[0003] Die hohe elastische Deformation der Planetenträger eines Windgetriebes, insbesondere im Multi-Megawatt-Leistungsbereich, führt im Zusammenspiel mit einem umlaufenden Angriffspunkt zu einem so genannten Außenringwandern von Wälzlagern. Selbst durch eine sehr hohe Überdeckung des Außenrings mit dem Innendurchmesser des Planetenrades lässt sich diese Relativbewegung nicht vermeiden und wird häufig durch den Verzicht des Außenrings und der Ausführung der Planetenbohrung als Wälzkörperlaufläche gelöst.

[0004] In der Ausführung mit Gleitlagern ist eine derartige Lösung praktisch nicht möglich, zumindest aber nicht praktikabel. Diese hinsichtlich Wälzlageranordnung naheliegende Lösung des Problems würde nämlich eine Direktbeschichtung der Planetenbohrung bedeuten. In der Praxis scheitert dies an der notwendigen Wärmebehandlung zur Härtung der Planetenräder, weshalb alle bekannten metallischen und synthetischen Lagerwerkstoffe ausscheiden. Weiter ist durch die große Wandstärke der Planetenräder ein Ausguss der Planetenbohrung im Rotationsverfahren mit metallischen Werkstoffen sehr problematisch. Nicht zuletzt stellt die Direktbeschichtung auch ein logistisches Problem dar, da die Planetenräder eines Windkraftanlagegetriebes üblicherweise mehrere hundert Kilogramm je Planetenrad aufweisen.

[0005] In der AT 509 624 A1 wird beschrieben, dass eine radiale Verschiebbarkeit der Mehrschichtgleitlager möglich ist, sodass auch Kantenträger ausgebildet werden können. Dies wird durch eine harte Gleitschicht und gegebenenfalls eine Einlaufschicht ausgeglichen bzw. abgefangen.

[0006] Die prioritätsältere WO 2012/029121 A1 beschreibt eine Windkraftanlage bei dem die Gleitlagerbuchse des Planetenrades auswechselbar ist.

[0007] Aus der US 2011/092330 A1 ist eine Windkraftanlage mit einem Planetengetriebe mit mehrteiligem Planetenrad bekannt.

[0008] Es ist die Aufgabe vorliegender Erfindung, die Gleitlagerung in einem mit Gleitlagern ausgerüsteten Planetengetriebe einer Windkraftanlage zu verbessern.

[0009] Diese Aufgabe der Erfindung wird bei der eingangs genannten Windkraftanlage dadurch gelöst, dass die Verbindung des zumindest einen Innenteils mit dem Außenteil über ein Verbindungselement ausgebildet ist, das seine größte Abmessung in axialer Richtung des Planetenrades aufweist, wobei das Verbindungselement durch eine Schraube oder Niete gebildet ist.

[0010] Es sei darauf hingewiesen, dass im Folgenden hinsichtlich des Planetenrades die Einzahl verwendet wird. Es versteht sich aber von selbst, dass die Erfindung auf sämtliche Planetenräder eines derartigen Planetengetriebes anwendbar ist und in der bevorzugten Ausführung

sämtliche Planetenräder erfindungsgemäß ausgebildet sind.

[0011] Mit einer derartigen Aufteilung des Planetenrades auf mehrere Bauteile wird erreicht, dass auf zusätzliche Gleitlager verzichtet werden kann, da das Planetenrad selbst die Aufgabe der Gleitlagerung übernehmen kann. Zudem wird damit eine Gewichtsreduktion erreicht. Von Vorteil ist dabei weiter, dass der Innenteil des Planetenrades gegebenenfalls ausgetauscht oder neu beschichtet werden kann, ohne dass das gesamte Planetenrad an sich einer aufwändigen Manipulation unterzogen werden muss. Es ist damit auch möglich, bei einer hydrodynamischen Gleitlagerung die Beschichtung relativ dünnwandig auszuführen, wodurch ebenfalls eine Gewichtsreduktion möglich ist. Durch die Summe der Gewichtsreduktionen ist eine geringere mechanische Belastung der Lagerung der Planetenräder realisierbar, wodurch die Gleitlager trotz hydrodynamischer Betriebsweise eine längere Standzeit aufweisen können. Zudem können lokale Spitzenlasten reduziert werden, da das Innenteil völlig unabhängig vom Außenteil hinsichtlich bewusster Elastizität konstruktiv frei gestaltet werden kann.

[0012] Dadurch, dass die Verbindung des zumindest einen Innenteils mit dem Außenteil über ein Verbindungselement ausgebildet ist, das seine größte Abmessung axialer Richtung aufweist, ist eine weitere Reduktion von lokalen Spitzenbelastungen der Gleitlager erreichbar, da damit durch die Einleitung der Drehmomentkräfte über das Verbindungselement ausschließlich in axialer Richtung der Walkeffekt der Gleitlagerungen zumindest großteils ausgeschlossen werden kann, da dieser nur zwischen sich relativ bewegenden radialen Flächen entsteht, hervorgerufen durch die Kombination aus elastischer Verformung und umlaufender Krafteinleitung.

[0013] In der bevorzugten Ausführungsvariante ist das zumindest eine Innenteil mit dem Außenteil über eine Schraubverbindung verbunden, also das Verbindungselement in Form einer Schraube ausgebildet, da damit eine lösbare Verbindung zur Verfügung gestellt werden kann, die im Reparaturfall einfach gelöst werden kann. Zudem kann die Schraubverbindung auch als Sollbruchstelle bei Überbelastung ausgebildet werden.

[0014] Indem das zumindest eine Innenteil mit dem Außenteil verbunden ist, werden Relativbewegungen der Gleitlagerung in Bezug auf den Außenteil des Planetenrades vermieden, wodurch Spitzenbelastungen infolge von Kippmomenten und damit auch die mögliche Zerstörung der Gleitlagerungen besser vermieden werden können.

[0015] Nach einer anderen Ausführungsvariante kann vorgesehen werden, dass das zumindest eine Innenteil mit dem Außenteil zusätzlich formschlüssig verbunden ist. Es ist damit eine bessere Kraftübertragung erzielbar. Darüber hinaus kann das Formschlusselement auch als Einbauhilfe des Innenteils an dem Außenteil verwendet werden, indem über das Formschlusselement die richtige Positionierung vorgegeben wird. Dies ist insbesondere in Hinblick auf geteilte Lagerschalen, also beispielsweise Gleitlagerhalbschalen oder Gleitlagersegmente, von Vorteil.

[0016] Nach einer weiteren Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass das Außenteil einen in radialer Richtung nach innen auf den Bolzen weisenden Steg aufweist, an dem der zumindest eine Innenteil anliegt. Es wird damit eine großflächigere Kraftübertragung in axialer Richtung vom Außenteil auf den Innenteil und umgekehrt ermöglicht, wodurch in der Folge ebenfalls infolge des verbesserten Kraftflusses eine höhere Lebensdauer der Lagerung erreicht werden kann.

[0017] Zur einfacheren Anordnung des Verbindungselementes, insbesondere zur Ausbildung der Schraubverbindung, kann vorgesehen werden, dass das Innenteil einen in radialer Richtung nach außen weisenden Steg aufweist, mit dem das zumindest eine Innenteil an dem Außenteil anliegt. Durch den in radialer Richtung vorragenden Steg ist es möglich, die Verbindungsstelle weiter entfernt von der Lagerfläche auszubilden, wodurch deren Zugänglichkeit verbessert wird. Darüber hinaus kann aber über den Steg die Anlagefläche zwischen dem Außenteil und dem Innenteil verbessert werden bzw. die Bearbeitung dieser Teile des Planetenrades zur Ausbildung dieser Anlageflächen vereinfacht werden.

[0018] Es ist weiter möglich, dass zur Verbesserung der Verbindung des Außenteils mit dem zumindest einen Innenteil zumindest eine der Anlageflächen im Bereich der Verbindung aufge-

raut ist und/oder mit einer reibungserhöhenden Beschichtung versehen sind. Es wird damit eine zusätzliche Verbindung infolge einer zusätzlichen „Verkrallung“ der Bauteile des Planetenrades geschaffen, wodurch höhere Kräfte über die Verbindungsstelle übertragen werden können.

[0019] In der bevorzugten Ausführungsvariante ist das zumindest eine Innenteil als Buchse ausgebildet, da damit die Einbindung der Gleitlagerung in das Planetenrad einfacher ausgeführt werden kann, indem weniger Verbindungsstellen im Vergleich zu Halbschalen oder Segmenten erforderlich sind.

[0020] Es ist auch möglich, dass das Außenteil einen weiteren radial nach innen auf den Bolzen weisenden Steg aufweist, der zumindest teilweise zwischen zwei Innenteilen angeordnet ist. Es ist damit ebenfalls eine weitere Verbesserung der Verbindung mit zwischen dem zumindest einen Innenteil und dem Außenteil erzielbar, indem eine zusätzliche Anlagefläche für die Innenteile zur Verfügung gestellt wird. Zudem kann dieser weitere Steg als Zentrierung für die beiden Innenteile, die in axialer Richtung hintereinander angeordnet werden, wirken.

[0021] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0022] Es zeigen jeweils in schematisch vereinfachter Darstellung:

[0023] Fig. 1 ein Getriebe in Form eines Planetengetriebes in Seitenansicht geschnitten;

[0024] Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem Planetenrad im Querschnitt;

[0025] Fig. 3 einen Ausschnitt aus einem Planetenrad einer Ausführungsvariante im Querschnitt;

[0026] Fig. 4 einen Ausschnitt aus einem Planetenrad einer weiteren Ausführungsvariante im Querschnitt.

[0027] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen 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.

[0028] Fig. 1 zeigt ein Getriebe in Form eines einfachen Planetengetriebes 1 für eine Windkraftanlage in Seitenansicht geschnitten.

[0029] Bekanntlich umfassen Windkraftanlagen einen Turm an dessen oberem Ende eine Gondel angeordnet ist, in der der Rotor mit den Rotorblättern gelagert ist. Dieser Rotor ist über das Planetengetriebe 1 mit einem Generator, der sich ebenfalls in der Gondel befindet, wirkungsverbunden, wobei über das Planetengetriebe 1 die niedrige Drehzahl des Rotors in eine höhere Drehzahl des Generatorrotors übersetzt wird. Da derartige Ausführungen von Windkraftanlagen zum Stand der Technik gehören, sei an dieser Stelle an die einschlägige Literatur hierzu verwiesen.

[0030] Das Planetengetriebe 1 weist ein Sonnenrad 2 auf, das mit einer Welle 3, die zum Generatorrotor führt, drehfest verbunden ist. Das Sonnenrad 2 ist von mehreren Planetenrädern 4, beispielsweise zwei, vorzugsweise drei oder vier, umgeben. Sowohl das Sonnenrad 2 als auch die Planetenräder 4 weisen Stirnverzahnungen 5, 6 auf, die in kämmenden Eingriff miteinander stehen, wobei diese Stirnverzahnungen 5, 6 in Fig. 1 mit einem Kreuz angedeutet sind. Die Planetenräder 4 sind jeweils über Gleitlager 7 auf einer durch einen Planetenbolzen 8 gebildeten Achse, der so genannten Planetenachse gelagert. Diese Planetenbolzen 8 können entweder einstückig mit zumindest einem Teil eines Planetenträgers 9 ausgebildet sein oder sie sind als gesonderte Bauteile in Bohrungen des Planetenträgers 9 eingesetzt. Über den Planetenrädern 4 ist ein Hohlrad 10 angeordnet, das an einer inneren Oberfläche ebenfalls zumindest teilweise eine Verzahnung 11 aufweist, die in kämmenden Eingriff mit der Stirnverzahnung 6

der Planetenräder 4 steht. Das Hohlrad 10 ist drehfest mit einer Rotorwelle 12 des Rotors der Windkraftanlage verbunden. Die Stirnverzahnungen 5, 6 bzw. die Verzahnung 11 können als Geradverzahnung oder Schrägverzahnung ausgeführt sein.

[0031] Da derartige Planetengetriebe ebenfalls bereits aus dem Stand der Technik bekannt sind, beispielsweise aus den voranstehend zitierten Dokumenten zum Stand der Technik, erübrigt sich eine weitere Erörterung an dieser Stelle. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass nicht nur einstufige Ausführungen von Planetengetrieben im Rahmen der Erfindung möglich sind, sondern auch mehrstufige, beispielsweise zwei- oder dreistufige, wozu in zumindest einem Planeten weitere Stirnradstufen integriert sein können.

[0032] Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsvariante des Planetenrades 4 nach der Erfindung. Das Planetenrad 4 besteht bzw. umfasst ein Außenteil 13 sowie zumindest ein Innenteil 14, wobei in gegenständlicher Darstellung das Planetenrad 4 zwei Innenteile 14 aufweist.

[0033] Das Außenteil 13 des Planetenrades 4 ist dabei jener Bauteil, der in radialer Richtung des Planetenrades 4 außen, d.h. oberhalb, des zumindest einen Innenteils 14 angeordnet ist und das die Stirnverzahnung 6 trägt. Demzufolge wird unter dem Innenteil 14 des Planetenrades 4 jener Bauteil verstanden, der in radialer Richtung innerhalb, d.h. unterhalb, des Außenteils 13 angeordnet ist, wobei sich aber ein Bereich des Außenteils 13 in radialer Richtung bis in die Höhe des Innenteils 14 erstrecken kann, wie dies nachfolgend noch erläutert wird. Das Planetenrad 4 liegt über den zumindest einen Innenteil 14 an dem Planetenbolzen 8 an. Das Außenteil 13 hat hingegen keinen Kontakt mit dem Planetenbolzen 8.

[0034] In der gegenständlichen Darstellung der Fig. 2 sind die beiden Innenteile 14 in axialer Richtung des Planetenrades 4 hintereinander und bevorzugt in axialem Abstand zueinander angeordnet.

[0035] Das Innenteil 14 ist getrennt vom Außenteil 13 ausgebildet, also nicht einstückig mit diesem ausgebildet.

[0036] Das zumindest eine Innenteil 14 weist an zumindest einer Oberfläche 15 eine Gleitbeschichtung 16 auf. Die Oberfläche 15 weist in Richtung auf den Planetenbolzen 8, sodass also das Planetenrad 4 über diese Gleitbeschichtung 16 an dem Planetenbolzen 8 anliegt.

[0037] Neben der Beschichtung dieser Oberfläche 15 können auch noch andere Oberflächen des Innenteils zumindest teilweise mit der Gleitbeschichtung 16 versehen sein, beispielsweise eine axial äußere Stirnfläche 17, die an einer Anlaufscheibe 18 anliegt. Die Anlaufscheibe 18 wird im bzw. vom Planetenträger gehalten. Das Innenteil 14 kann somit neben der radialen Lagerfunktion auch eine axiale Lagerfunktion erfüllen.

[0038] Die Anlaufscheibe 18 kann beispielsweise aus Stahl bestehen.

[0039] Prinzipiell können die Gleitbeschichtungen 16 auf mehreren Oberflächen des Innenteils 14 zueinander unterschiedlich sein, beispielsweise in Hinblick auf die Zusammensetzung der Beschichtung und/oder im Aufbau aus unterschiedlichen Schichten. Es kann also die Gleitbeschichtung 16 auf der Oberfläche 15 zu jener auf der Stirnfläche 17 unterschiedlich ausgebildet sein. Bevorzugt wird jedoch eine Ausführung verwendet, bei der sämtliche Gleitbeschichtungen 16 des Planetenrades 4 gleich sind.

[0040] Es sei darauf hingewiesen, dass die voranstehenden und nachfolgenden Ausführungen zu dem Innenteil 14 bei Vorhandensein von mehr als einem Innenteil 14 auf sämtliche oder mehrere Innenteile 14 übertragen werden können, wenngleich auch eine spiegelbildliche Ausbildung, wie in Fig. 2 dargestellt, möglich ist.

[0041] Die Gleitbeschichtung 16 besteht im einfachsten Fall aus einer Gleitschicht. Diese Gleitschicht bildet eine Lauffläche 19 für den Planetenbolzen 8.

[0042] Neben dieser einschichtigen Ausführung der Gleitbeschichtung 16 besteht im Rahmen der Erfindung auch die Möglichkeit, dass Zwischenschichten zwischen der Gleitschicht und der Oberfläche 15 des Innenteils 14 angeordnet sind, beispielsweise eine Lagermetallschicht

und/oder zumindest eine Bindschicht und/oder eine Diffusionssperrschicht.

[0043] Beispiele für Lagermetallschichten sind:

[0044] Lagermetalle auf Aluminiumbasis, insbesondere:

AlSn₆CuNi, AlSn₂₀Cu, AlSi₄Cd, AlCd₃CuNi, AlSi₁₁Cu, AlSn₆Cu, AlSn₄₀,
AlSn₂₅CuMn, AlSi₁₁CuMgNi;

[0045] Lagermetalle auf Kupferbasis, insbesondere:

CuSn₁₀, CuAl₁₀Fe₅Ni₅, CuZn₃₁Si₁, CuPb₂₄Sn₂, CuSn₈Bi₁₀;

[0046] Lagermetalle auf Zinnbasis, insbesondere:

SnSb₈Cu₄, SnSb₁₂Cu₆Pb.

[0047] Es können auch andere als die genannten Lagermetalle auf Basis von Nickel-, Silber-, Eisen- oder Chromlegierungen verwendet werden.

[0048] Eine Bindschicht oder eine Diffusionssperrschicht kann beispielsweise durch eine Aluminiumschicht, Zinnschicht, Kupferschicht, Nickelschicht, Silbersicht oder deren Legierungen, insbesondere binäre Legierungen, gebildet werden.

[0049] Die Gleitschicht besteht bevorzugt aus einem Werkstoff ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Legierungen auf Al-, AlZn-, AlSi-, AlSnSi-, CuAl-, CuSn-, CuZn-, CuSnZn-, CuZnSn-, CuBi-, Bi-, Ag-, AlBi-Basis, Gleitlacke.

[0050] Beispiele für bevorzugte Legierungen für die Gleitschicht sind AlSn₂₀Cu, AlZn₄Si₃, AlZnSi_{4,5}.

[0051] 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. Carbora-nimide, aromatische Polyimidharze, wasserstofffreie Polyimidharze, Polytriazol-Pyromellithimide, Polyamidimide, insbesondere aromatische, Polyaryletherimide, gegebenenfalls modifiziert mit Isocyanaten, Polyetherimide, gegebenenfalls modifiziert mit Isocyanaten, Epoxyharze, Epoxyharzester, Phenolharze, Polyamid 6, Polyamid 66, Polyoxymethylen, Silikone, Polyarylether, Polyarylketone, Polyaryletherketone, Polyarylether-etherketone, Polyetheretherketone, Polyetherketone, Polyvinylidendifluoride, Polyethylensulfide, Allylsulfid, Polytriazol-Pyromellithimide, Polyesterimide, Polyarylsulfide, Polyvinylensulfide, Polyphenylensulfide, Polysulfone, Polyethersulfone, Polyarylsulfone, Polyaryloxide, Polyarylsulfide, sowie Copolymere daraus.

[0052] 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, in dem Gleitlack in einem Anteil von in Summe maximal 20 Gew.-% enthalten sein können, die einen Anteil der Festschmierstoffe ersetzen.

[0053] Es besteht weiter die Möglichkeit, dass auf der Gleitschicht eine Einlaufschicht, beispielsweise aus dem Gleitlack, angeordnet ist. Andererseits besteht die Möglichkeit, dass auf der Gleitschicht zusätzlich noch eine Hartschicht aufgetragen ist, beispielsweise eine so genannte DLC-Schicht, beispielsweise SiC, oder C.

[0054] Die Gleitbeschichtung 16 bzw. die Schichten der Gleitbeschichtung 16 können mit aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren abgeschieden werden, beispielsweise mittels eines PVD-Verfahrens, insbesondere mittels Sputtern, oder mittels eines CVD-Verfahrens, oder galvanisch oder mittels Schleuderguss oder mittels Flammgespritzen.

[0055] Das Innenteil 14 ist bevorzugt mit dem Außenteil 13 verbunden. Insbesondere wird dazu zumindest ein Verbindungselement 20 verwendet, das seine größte Abmessung axialer Rich-

tung aufweist. Das zumindest eine Verbindungselement 20 kann beispielsweise eine Niete sein. In der bevorzugten Ausführungsvariante ist das Verbindungselement 20 durch eine Gewindeschraube gebildet, die von - in axialer Richtung betrachtet - außen durch das Innenteil 14 bis in das Außenteil 13 ragt. Vorzugsweise ist dieses Verbindungselement 20 so angeordnet, dass es in axialer Richtung des Planetenrades 4 nicht über dieses vorragt. Insbesondere ist ein Kopf des Verbindungsmittels 20 im Innenteil versenkt.

[0056] Die Schraube kann eine einfache Gewindeschraube sein. Es ist aber auch möglich Gewindeschrauben mit einem selbsthemmenden Gewinde zu verwenden bzw. eine Schraube mit einem mehrgängigen Gewinde.

[0057] Für eine bessere Anbindung des Innenteils 14 an den Außenteil 13 kann das Außenteil 13 einen in radialer Richtung nach innen auf den Planetenbolzen 8 weisenden Steg 21 aufweisen, an dem das zumindest eine Innenteil 14 anliegt. Vorzugsweise ist dieser Steg 21 so ausgebildet, dass er teilweise in radialer Richtung über dem Innenteil 14 platziert ist. Dazu kann gemäß einer weiteren Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass das Innenteil 14 einen in radialer Richtung nach außen weisenden Steg 22 aufweist, mit dem das zumindest eine Innenteil 14 an dem Außenteil 13, insbesondere an dem Steg 21 des Außenteils 13, anliegt. Eine Anlagefläche 23 des Innenteils 14 und eine an dieser anliegende Anlagefläche 24 des Außenteils 13 sind dabei zumindest annähernd vertikal bzw. vertikal orientiert, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich ist.

[0058] Zur Verbesserung der Verbindung kann vorgesehen sein, dass die Anlagefläche des Innenteils 14 und/oder die Anlagefläche 24 des Außenteils 13 zumindest bereichsweise aufgeraut ist bzw. sind und/oder zumindest bereichsweise mit einer reibungserhöhenden Beschichtung versehen ist bzw. sind. Als reibungserhöhende Beschichtung kann beispielsweise eine Kleberschicht oder Harzschicht, z.B. aus einem Phenol- oder Acrylatharz, verwendet werden, in der Hartpartikel, wie beispielsweise Oxide, Nitride oder Carbide von Übergangsmetallen, oder Korund, etc., eingelagert sind, wobei diese Hartpartikel bevorzugt über die Beschichtungsoberfläche vorragen, sodass sie sich in die jeweils andere Anlagefläche 23 oder 24 beim Verbinden des Innenteils 14 mit dem Außenteil 13 einprägen.

[0059] Das Innenteil 14 ist vorzugsweise als Buchse ausgebildet, verläuft also über den gesamten Umfang des Planetenbolzens 8 ohne Unterbrechung. Das Innenteil 14 kann aber prinzipiell auch in Form einer Halbschale oder eines Segmentes ausgeführt sein, wobei in diesem Fall in Umfangsrichtung mehrere Innenteile 14 hintereinander und bevorzugt ohne Abstand zueinander angeordnet sind.

[0060] In der Fig. 3 ist eine weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsform des Planetenrades 4 gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1 und 2 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1 und 2 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

[0061] Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt des Planetenrades 4 im Querschnitt. Dieses umfasst wieder das Außenteil 13 und zumindest ein Innenteil 14, das die Gleitbeschichtung 16 aufweist.

[0062] Die Verbindung der beiden Bauteile des Planetenrades 4 erfolgt bei dieser Ausführungsvariante über ein Formschlusselement 25, das an dem Innenteil 14, insbesondere an dem Steg 22 des Innenteils 14, angeordnet ist und das über die Anlagefläche 23 des Innenteils 14 vorragt. Das Außenteil 13, insbesondere der Steg 21 des Außenteils 13, weist dazu eine entsprechende Vertiefung 26 auf, in die das Formschlusselement 25 hineinragt. Der Querschnitt der Vertiefung 26 ist dabei an den Querschnitt des Formschlusselementes 25 hinsichtlich seiner Größe angepasst, d.h. dass die beiden Querschnitte annähernd gleich groß sind, wobei der Querschnitt der Vertiefung 26 geringfügig größer ist als der Querschnitt des Formschlusselementes 25 (jeweils in gleicher Richtung betrachtet).

[0063] Prinzipiell kann das Formschlusselement 25 jede beliebige Form aufweisen, wobei auch Formen mit zumindest einer Hinterschneidung möglich sind. Beispielsweise kann das Form-

schlusselement noppenförmig oder stegförmig ausgebildet sein. Es ist auch möglich, dass das Formschlusselement in Richtung des Umfangs des Innenteils 14 sich mit seiner Längserstreckung sich erstreckend ausgebildet ist. Des Weiteren kann sich eine Querschnittsfläche in Draufsicht betrachtet sich verjüngend bzw. verbreiternd ausgebildet sein.

[0064] Wie in Fig. 3 strichliert angedeutet besteht die Möglichkeit, dass die formschlüssige Verbindung nicht nur alternativ sondern auch zusätzlich zur Verbindung mit dem Verbindungselement 20 im Planetenrad 4 eingesetzt wird.

[0065] Selbstverständlich kann nicht nur ein Formschlusselement 25 angeordnet werden, sondern können mehrere diskrete Formschlusselemente 25 über die Anlagefläche 23 des Innenteils 14 und/oder die Anlagefläche 14 des Außenteils 13 verteilt ausgebildet sein.

[0066] Es besteht weiter die Möglichkeit, dass das Innenteil 14 durch Bruchtrennung vom Außenteil 13 hergestellt wird, wobei in diesem Fall die Bruchstelle ebenfalls als Formschlusselement 25 wirken kann.

[0067] In der Fig. 4 ist eine weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsform des Planetenrades 4 gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1 und 2 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1 und 2 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

[0068] Mit dieser Ausführungsvariante soll verdeutlicht werden, dass es im Rahmen der Erfindung auch möglich ist, dass das Planetenrad 4 nur ein einziges Innenteil 14 aufweist, das sich über die gesamte Breite des Planetenrades 4 in axialer Richtung erstreckt, also nicht nur über einen Teilbereich dieser Breite wie in den Fig. 2 und 3 gezeigt, wenngleich eine derartige Ausbildung auch möglich ist, d.h. dass nur ein einziges Innenteil 14 mit dem Außenteil 13 verbunden wird, wobei sich das Innenteil 14 nur über einen Teilbereich der Breite des Planetenrades 4 erstreckt.

[0069] Auch bei dieser Ausführungsvariante weist das Außenteil 13 den Steg 21 auf. Das Innenteil 14 weist hingegen zwei Stege 22 auf, die so weit in axialer Richtung voneinander entfernt sind, dass der Steg 21 des Außenteils 13 zwischen diesen beiden Stegen 22 aufgenommen werden kann und bevorzugt an diesen anliegt.

[0070] Es ist im Rahmen der Erfindung weiter möglich, dass das Außenteil 13 einen weiteren radial nach innen auf den Bolzen weisenden Steg aufweist (in den Fig. nicht dargestellt), der zumindest teilweise zwischen zwei in axialer Richtung hintereinander angeordneten Innenteilen 14 angeordnet ist.

[0071] Bei sämtlichen Ausführungsvarianten können in der Gleitbeschichtung 16 bzw. in zumindest einer Schicht der Gleitbeschichtung 16 kanalförmige Ausnehmungen zur Führung eines Schmiermittels vorgesehen sein.

[0072] In der bevorzugten Ausführungsform des Planetenrades kann die Gleitbeschichtung 16 rein hydrodynamisch ohne hydrostatische Unterstützung betrieben werden. Es sind damit keinerlei Ölpumpen oder dergleichen für die Schmierölauführung und zur Aufrechterhaltung eines hydrostatischen Druckes erforderlich. Das Öl wird bei dieser rein hydrodynamischen Lösung auf der unbelasteten Lagerseite zugeführt und durch die Drehbewegung des Planetenrades 4 in das Lager hineingezogen.

[0073] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Planetengetriebes 1 bzw. des Planetenrades 4 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

- 1 Planetengetriebe
- 2 Sonnenrad
- 3 Welle
- 4 Planetenrad
- 5 Stirnverzahnung

- 6 Stirnverzahnung
- 7 Gleitlager
- 8 Planetenbolzen
- 9 Planetenträger
- 10 Hohlrad

- 11 Verzahnung
- 12 Rotorwelle
- 13 Außenteil
- 14 Innenteil
- 15 Oberfläche

- 16 Gleitbeschichtung
- 17 Stirnfläche
- 18 Anlaufscheibe
- 19 Lauffläche
- 20 Verbindungselement

- 21 Steg
- 22 Steg
- 23 Anlagefläche
- 24 Anlagefläche
- 25 Formschlusselement

- 26 Vertiefung

Patentansprüche

1. Windkraftanlage mit einem Rotor und einem Generator, wobei zwischen dem Rotor und dem Generator ein Planetengetriebe (1) angeordnet ist, das in Wirkverbindung mit dem Rotor und dem Generator steht, wobei das Planetengetriebe (1) mehrere Planetenräder (4), mehrere Planetenbolzen (8), und einen Planetenträger (9) aufweist, wobei jeweils ein Planetenrad (4) auf jeweils einem Planetenbolzen (8) gelagert ist, wobei der Planetenbolzen (8) an dem Planetenträger (9) befestigt ist, wobei das Planetenrad (4) mehrteilig ausgebildet ist und ein -in radialer Richtung betrachtet - Außenteil (13) sowie zumindest ein mit dem Außenteil (13) verbundenes Innenteil (14) aufweist, wobei das zumindest eine Innenteil (14) an dem Planetenbolzen (8) anliegt und an zumindest einem Bereich seiner Oberfläche (15) eine Gleitbeschichtung (16) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindung des zumindest einen Innenteils (14) mit dem Außenteil (13) über ein Verbindungselement (20) ausgebildet ist, das seine größte Abmessung in axialer Richtung des Planetenrades (4) aufweist, wobei das Verbindungselement (2) durch eine Schraube oder Niete gebildet ist.
2. Windkraftanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine Innenteil (14) mit dem Außenteil (13) zusätzlich formschlüssig verbunden ist.
3. Windkraftanlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Außenteil (13) einen in radialer Richtung nach innen auf den Planetenbolzen (8) weisenden Steg (21) aufweist, an dem das zumindest eine Innenteil (14) anliegt.
4. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Innenteil (14) einen in radialer Richtung nach außen weisenden Steg (22) aufweist, mit dem das zumindest eine Innenteil (14) an dem Außenteil (13) anliegt.
5. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Anlagefläche (23) des Innenteils (14) und/oder eine Anlagefläche (24) des Außenteils (13) im Bereich der Verbindung des Innenteils (14) mit dem Außenteil (13) aufgeraut sind und/oder mit einer reibungserhöhenden Beschichtung versehen sind.
6. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest eine Innenteil (14) als Buchse ausgebildet ist.
7. Windkraftanlage nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Außenteil (13) einen weiteren radial nach innen auf den Planetenbolzen (8) weisenden Steg aufweist, der zumindest teilweise zwischen zwei Innenteilen (14) angeordnet ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig.1

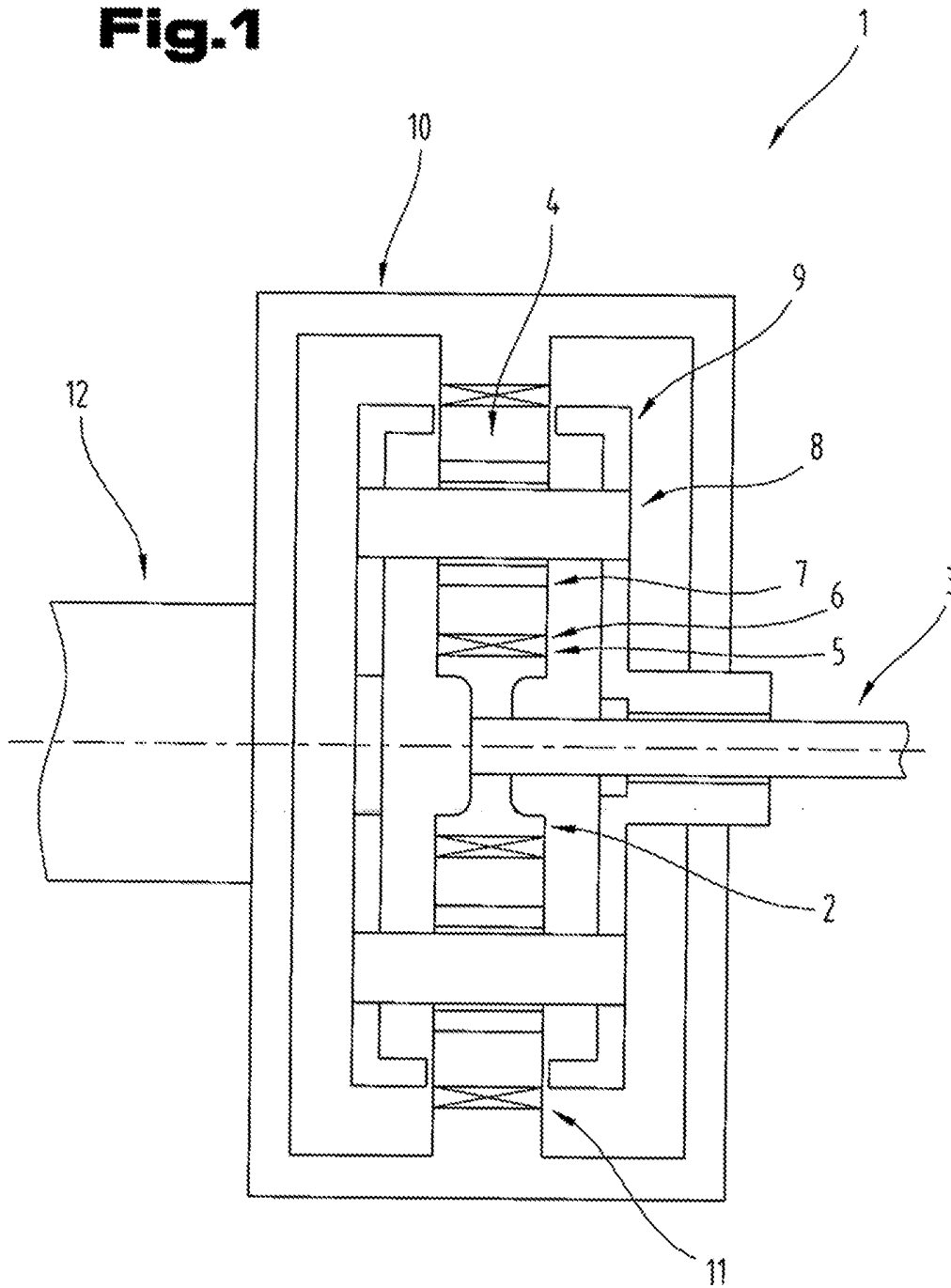


Fig.2

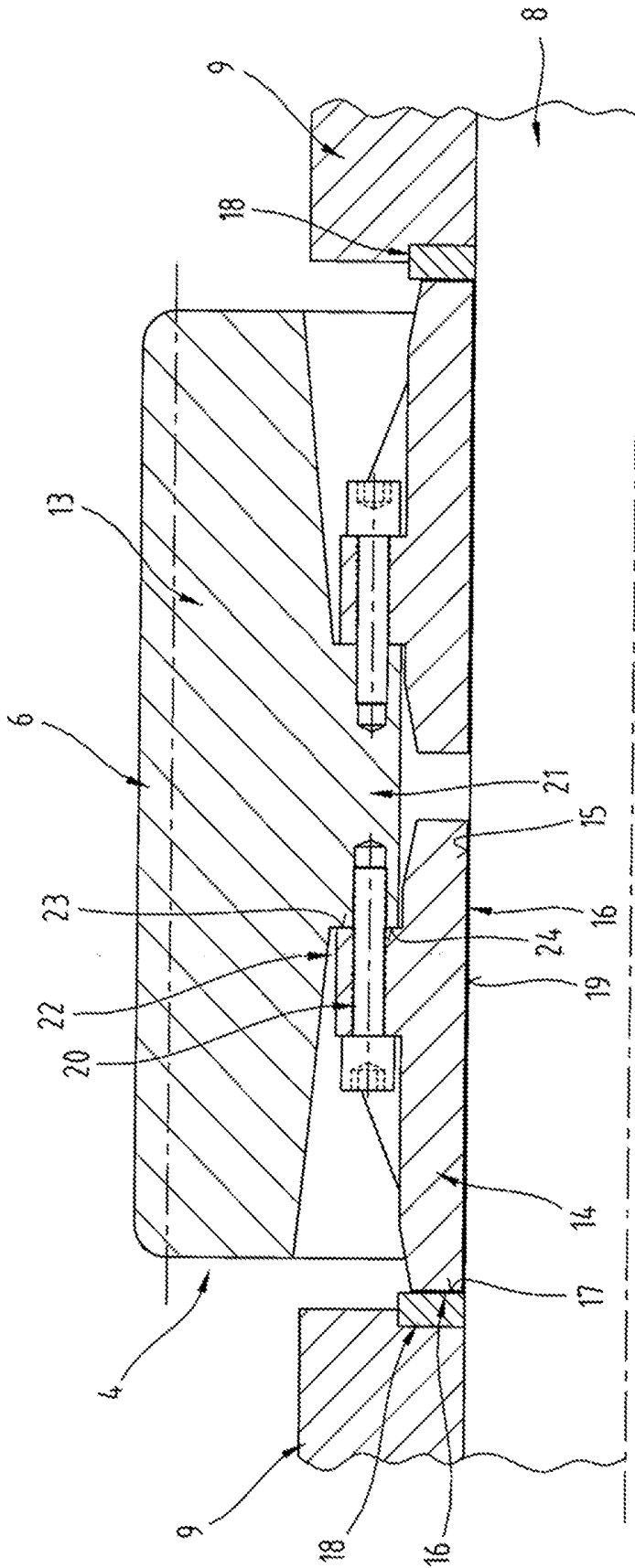


Fig.3

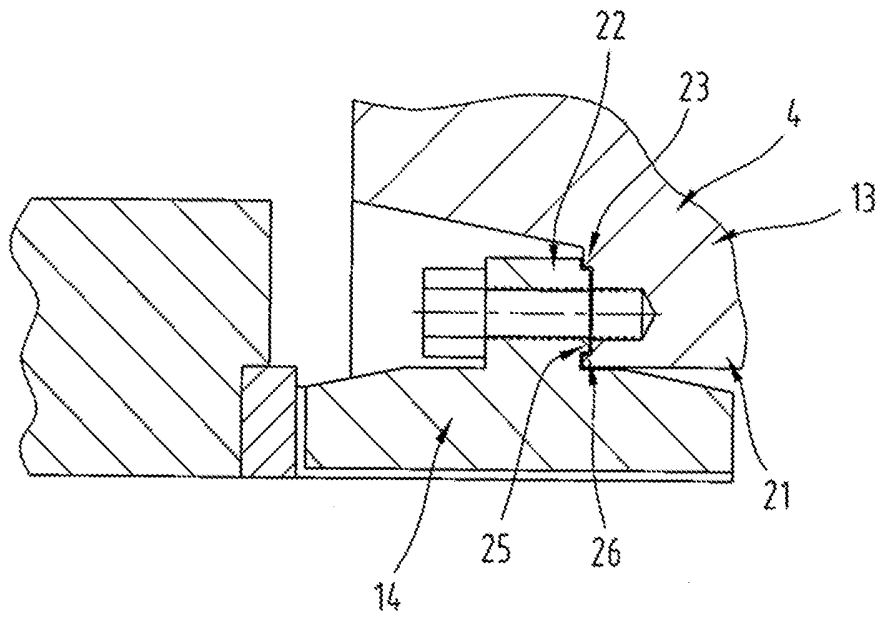


Fig.4

