



(10) **DE 10 2011 082 811 A1** 2013.03.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 082 811.7**

(22) Anmeldetag: **16.09.2011**

(43) Offenlegungstag: **21.03.2013**

(51) Int Cl.: **F03D 11/04 (2011.01)**

(71) Anmelder:  
**Aktiebolaget SKF, Göteborg, SE**

(74) Vertreter:  
**Kohl, Thomas, Dipl.-Ing. Univ., 97421,  
Schweinfurt, DE**

(72) Erfinder:  
**Vries, Alexander de, Tiel, NL; Ziegler, Sebastian,  
Utrecht, NL; Olschewski, Armin, 97422,  
Schweinfurt, DE; Stubenrauch, Arno, 97491,  
Aidhausen, DE; Leeuwen, Bernardus Gerardus  
van, Utrecht, NL**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 10 2009 017 028 A1**

**DE 10 2009 018 361 A1**

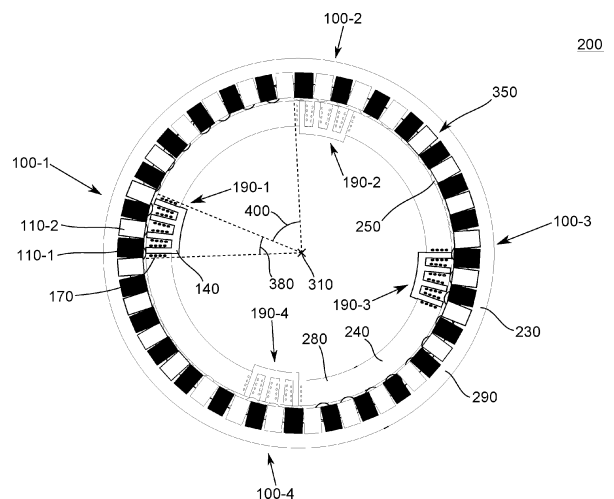
**WO 2005/ 019 642 A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Lager und Windkraftanlage**

(57) Zusammenfassung: Ein Lager (200) zum Einstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblatts (220) einer Windkraftanlage gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst einen ersten Lagerring (230) und einem zweiten Lagerring (240), wobei der erste (230) und der zweite Lagerring (240) zueinander drehbar sind, wobei der erste Lagerring (230) als Translator eines Linearmotors (100) eine Mehrzahl (350) von entlang wenigstens eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander angeordneten Magnetfeldquellen (110) umfasst, wobei die Magnetfeldquellen (110) so ausgebildet sind, dass jeweils zwei benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen (110) ein Magnetfeld mit alternierender Polarität erzeugen, und wobei der zweite Lagerring (230) als Stator eines Linearmotors (100) eine Gruppe (190) von wenigstens zwei entlang wenigstens eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander angeordneten Spulen (170) umfasst.



**Beschreibung**

**[0001]** Ausführungsbeispiele beziehen sich auf ein Lager und eine Windkraftanlage.

**[0002]** Bei Windkraftanlagen wird eine Geschwindigkeit, mit der sich ein Rotor der betreffenden Windkraftanlage dreht, durch ein Verändern des Anstellwinkels eines oder mehrerer Rotorblätter des betreffenden Rotors der Windkraftanlage bewirkt. Der Anstellwinkel der betreffenden Rotorblätter kann hierbei derart eingestellt werden, dass es zu einem Strömungsabriss kommt, worauf hin eine Krafteinwirkung durch anströmende Luft auf den Rotor bzw. seine Rotorblätter abbricht. Hierdurch kann der Rotor beispielsweise auslaufen. Dieser Vorgang wird auch als aktiver Strömungsabriss (engl.: Active Stall) bezeichnet. Eine Änderung des Anstellwinkels bedeutet hierbei, dass die Rotorblätter entlang ihrer longitudinalen Achse gedreht werden, um der anströmenden Luft, also dem Wind oder Böen eine geringere Angriffsfläche zu bieten.

**[0003]** Bei Windkraftanlagen ist eine entsprechende Möglichkeit zur Änderung des Anstellwinkels der Rotorblätter häufig schon deshalb sinnvoll einzuplanen, um eine Ausgangsleistung des betreffenden Systems zu limitieren und das System gegen eine Überlastung zu schützen. Der Winkel, um den die Rotorblätter gedreht werden, um die Ausgangsleistung der Windkraftanlage zu steuern, liegt typischerweise im Bereich zwischen einigen wenigen Grad bis hin zu 25° oder darüber. In Notsituationen werden hingegen die Rotorblätter häufig um 90° gedreht, um den Rotor wie oben beschrieben, zu stoppen.

**[0004]** Eine Änderung des Anstellwinkels der Rotorblätter kann hierbei auf unterschiedlichem Wege erreicht werden. Im Falle eher kleinerer Windkraftwerke mit einer Ausgangsleistung von bis zu 300 kW, wobei typische Werte im Bereich von etwa 100 kW liegen, wird häufig auf mechanische Systeme zurückgegriffen, bei denen die Änderung des Anstellwinkels über Zentrifugalkräfte bewirkt wird. Im Falle mittlerer Windkraftanlagen, die typischerweise eine Ausgangsleistung im Bereich zwischen etwa 300 kW und 500 kW besitzen, werden hydraulische Systeme zur Einstellung des Anstellwinkels verwendet. Im Bereich größerer Windkraftanlagen, die typischerweise mehr als 500 kW Ausgangsleistung aufweisen, werden hierzu elektrische Systeme verwendet.

**[0005]** Elektrische Systeme zur Nachführung des Anstellwinkels eines Rotorblatts haben häufig den positiven Effekt, dass die Ausgangsleistung des Windkraftwerks genauer gesteuert und kontrolliert werden kann. Darüber hinaus kann auch die Gesamtlebensdauer der Komponenten einer Windkraftanlage gegebenenfalls erhöht werden, da Belastungsspitzen gegebenenfalls vermieden werden können.

Auch weisen elektrische Systeme gegenüber hydraulischen den Vorteil auf, dass eine Gefahr eines Lecks der Hydraulikflüssigkeiten entfällt.

**[0006]** Neuere Windkraftanlagen mit einer Ausgangsleistung von mehr als 500 kW sind typischerweise mit elektrischen Systemen zur Einstellung bzw. Nachführung des Anstellwinkels der Rotorblätter ausgerüstet, da der Anstellwinkel der einzelnen Rotorblätter im Falle einer Windkraftanlage mit mehr als einem Rotorblatt einzeln über elektrische Motoren gesteuert werden können. Hierdurch kann Bauraum im Inneren des Rotorgehäuses eingespart werden.

**[0007]** In diesem Zusammenhang werden häufig zweireihige Großschrägkugellager als Anstellwinkel-lager (engl. Pitch Bearing) verwendet. Hierbei wird einer der Lagerringe mit einer Verzahnung ausgeführt, über die der elektrische Antrieb mit dem betreffenden Lagerring verbindbar ist. Hierbei wird häufig der Innenring mit dem entsprechenden Rotorblatts drehfest verbunden, sodass dieser die entsprechende Verzahnung an seiner Innenseite aufweist.

**[0008]** Zur Verstellung des Anstellwinkels der Rotorblätter wird häufig ein vergleichsweise hohes Drehmoment benötigt. Aus diesem Grund weisen die elektrischen Antriebe typischerweise ein einstufiges oder mehrstufiges Planetengetriebe oder auch ein Schneckengetriebe auf, welches zwischen dem elektrischen Motor und einem mit dem betreffenden Wälzlagering in Eingriff stehendem Ritzel.

**[0009]** Die Herstellung eines Lagerrings mit einer entsprechenden Verzahnung stellt jedoch aufgrund der einzuhaltenden Toleranzen, der geforderten und einzuhaltenden Eigenschaften des Materials im Bereich der Verzahnung (z. B. Härte und Zähigkeit) und anderer Eigenschaften eine große Herausforderung dar. Die Herstellung der entsprechenden Verzahnung bei so großen Lagerringen stellt daher einen typischerweise teuren Prozess dar.

**[0010]** Es besteht so ein Bedarf daran, ein Lager zum Einstellen eines Anstellwinkels für ein Rotorblatt einer Windkraftanlage zu schaffen, welches eine einfachere Herstellung ermöglicht.

**[0011]** Diesem Bedarf tragen ein Lager gemäß Patentanspruch 1 und eine Windkraftanlage gemäß Patentanspruch 10 Rechnung.

**[0012]** Ein Lager zum Einstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblatts einer Windkraftanlage gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst einen ersten Lagerring und einen zweiten Lagerring, wobei der erste und der zweite Lagerring zueinander drehbar sind, wobei der erste Lagerring als Translator eines Linear-motors eine Mehrzahl von entlang wenigstens eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander ange-

ordneten Magnetfeldquellen umfasst, und wobei die Magnetfeldquellen so ausgebildet sind, dass jeweils zwei benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen ein Magnetfeld mit alternierender Polarität erzeugen. Der zweite Lagerring umfasst als Stator des Linearmotors eine Gruppe von wenigstens zwei entlang wenigstens eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander angeordneten Spulen.

**[0013]** Eine Windkraftanlage gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst einen Rotor und ein Rotorblatt sowie ein Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel, das zwischen dem Rotor und dem Rotorblatt so angeordnet ist, dass das Rotorblatt mit dem ersten Lagerring und der Rotor mit dem zweiten Lagerring jeweils mechanisch verdrehfest miteinander verbunden sind, um eine Änderung eines Anstellwinkels des Rotorblatts zu ermöglichen.

**[0014]** Einem Ausführungsbeispiel eines Lagers und einer Windkraftanlage liegt so die Erkenntnis zu Grunde, dass durch den Einsatz eines Linearmotors, der unmittelbar als Teil des ersten und des zweiten Lagerrings ausgeführt ist, die Notwendigkeit zur Implementierung einer Verzahnung an den Lagerringen entfallen kann. Der konventionelle elektrische Motor mit einem entsprechenden Getriebe wird durch einen Direktantriebsmotor ersetzt. Dieser kann nicht nur eine hinreichend hohes Drehmoment und eine gute Steuerbarkeit bzw. Kontrollierbarkeit ermöglichen, er kann vielmehr auch den Einsatz eines Getriebes und eines damit verbundenen Spiels überflüssig machen.

**[0015]** Auch kann durch die fehlende Implementierung eines Getriebes ein gegebenenfalls über die Zeit auftretender Zahnverschleiß vermieden werden. Dieser kann bei Implementierung eines auf Zahnradern basierenden Getriebes auftreten und dazu führen, dass die genaue Einstellbarkeit nicht mehr gewährleistet werden kann. In einem solchen Fall ist häufig bei einem konventionellen Lager ein sehr kostenintensiver Austausch notwendig, der durch den Einsatz eines Lagers gemäß einem Ausführungsbeispiel gegebenenfalls eingespart werden kann.

**[0016]** Ebenso kann durch den Einsatz eines Lagers gemäß einem Ausführungsbeispiel Bauraum in einem Inneren der Windkraftanlage, beispielsweise in einem Inneren des Rotorgehäuses, eingespart werden, da die zusätzlichen mechanischen Komponenten, insbesondere ein entsprechendes Getriebe entfallen können.

**[0017]** Ein Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann als Wälzlager ausgeführt werden, welches eine Mehrzahl von Wälzkörpern aufweist, die zwischen dem ersten Lagerring und dem zweiten Lagerring angeordnet sind und mit Laufbahnen des ersten und des zweiten Lagerrings in Kontakt stehen. So kann es sich bei dem Lager beispielsweise um ein einreihiges

oder ein mehrreihiges, beispielsweise ein zweireihiges Vierpunktlager handeln.

**[0018]** Bei anderen Ausführungsbeispielen kann es sich bei dem Lager jedoch ebenso um ein Gleitlager handeln. Unabhängig von dem implementierten Lagertypen kann ein Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel ferner ein Schmiermittelsystem als optionale Komponente aufweisen.

**[0019]** Die Spulen der Gruppe von Spulen und die Magnetfeldquellen der Mehrzahl von Magnetfeldquellen sind häufig bei einem Ausführungsbeispiel eines Lagers der Art angeordnet, dass diese einander zugewandt sind. Hierdurch kann eine ein Kopplung oder Wechselwirkung des magnetischen Feldes bzw. des magnetischen Flusses von den Magnetfeldquellen mit den Spulen gegebenenfalls dadurch verbessert werden, dass der Abstand zwischen diesen reduziert wird.

**[0020]** Auch können bei einem Ausführungsbeispiel benachbarte Spulen der Gruppe von Spulen eine übereinstimmende Wicklungsorientierung aufweisen. In einem solchen Fall können alle Spulen der Gruppe von Spulen die gemeinsame Wicklungsorientierung aufweisen. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann jedoch auch eine alternierende Wicklungsorientierung benachbarter Spulen implementierbar sein. Die Spulen können unabhängig hiervon in Serie oder parallel geschaltet werden.

**[0021]** Bei einem Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Mehrzahl von Magnetfeldquellen im Wesentlichen vollständig entlang des Umfangs des ersten Lagerrings angeordnet sein. Hierdurch kann es möglich sein, dem Lager einen größeren Verfahrensweg zu ermöglichen. Ebenso kann es hierdurch gegebenenfalls möglich sein, dass das Lager Drehungen um beliebige, auch 360° übersteigende Winkel durchführen kann.

**[0022]** Bei anderen Ausführungsbeispielen eines Lagers kann die Mehrzahl von Magnetfeldquellen auch in einem vorbestimmten Winkelbereich bezogen auf einen Mittelpunkt des ersten Lagerrings entlang seines Umfangs angeordnet sein, an den sich unmittelbar ein weiterer vorbestimmter Winkelbereich anschließt, in dem keine Magnetfeldquellen angeordnet sind.

**[0023]** Bei einem solchen Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der vorbestimmte Winkelbereich wenigstens 75° umfassen. Hierdurch kann es möglich sein, den Anstellwinkel des Rotorblatts nicht nur zur Regelung der Ausgangsleistung zu verwenden, sondern der Anstellwinkels des Rotorblatts kann gegebenenfalls auch im Falle eines Vorliegens einer Notsituation soweit verdreht werden, dass eine Wahrscheinlichkeit für ein Auftreten eines signifikanten

ten Schadens an der Windkraftanlage aufgrund starker Winde reduziert werden kann. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann das Lager derart ausgebildet sein, dass der vorbestimmte Winkelbereich wenigstens 90° umfasst, um ein weiteres Drehen des Rotorblatts, also eine größere Änderung seines Anstellwinkels zu ermöglichen, um die Gefahr einer Beschädigung weiter zu reduzieren.

**[0024]** Bei einem solchen Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der vorbestimmte Winkelbereich einen Winkelbereich umfassen, der einer Summe von wenigstens 90°, beispielsweise 100° oder 120°, und einem kleinsten Winkelbereich entspricht, in dem die Gruppe von Spulen bezogen auf einen Mittelpunkt des zweiten Lagerrings angeordnet ist. Hierdurch kann gegebenenfalls eine Verdrehung des Rotorblatts, also eine Anpassung seines Anstellwinkels um wenigstens 90° garantiert werden, sodass dieses vollständig „aus dem Wind“ gedreht werden kann, um die zuvor genannten Beschädigungen durch das Auftreten von Böen oder Winden zu reduzieren oder vollständig zu vermeiden.

**[0025]** Bei einem solchen Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der weitere vorbestimmte Winkelbereich wenigstens einem Einfachen eines kleinsten Winkelbereichs entsprechen, in dem die Gruppe von Spulen bezogen auf einen Mittelpunkt des zweiten Lagerrings angeordnet ist. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann der weitere vorbestimmte Winkelbereich auch ein Mehrfaches, beispielsweise ein Zweifaches oder ein Dreifaches des vorbestimmten Winkelbereichs umfassen. So ermöglicht der Einsatz eines Linearmotors gerade eine im Vergleich zu einem konventionellen Elektromotor sparsame Implementierung notwendiger Magnetfeldquellen. Hierdurch kann nicht nur der finanzielle Aufwand zur Herstellung eines Lagers gemäß einem Ausführungsbeispiel reduziert werden, die Herstellung kann gegebenenfalls vereinfacht werden.

**[0026]** Bei einem Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Gruppe von Spulen derart angeordnet sein, dass ein Verhältnis eines Winkels, unter dem zwei benachbarte Spulen der Gruppe von Spulen bezogen auf einen Mittelpunkt des zweiten Lagerrings angeordnet sind, zu einem weiteren Winkel, unter dem zwei benachbarte Magnetfeldquellen bezogen auf einen Mittelpunkt des ersten Lagerrings angeordnet sind, zwischen 0,6 und 0,95 oder zwischen 1,05 und 1,4 liegt. Hierdurch kann eine kompakte Bauweise des Linearmotors umgesetzt werden und/oder eine Drehmomententwicklung und/oder ein Ansprechverhalten des Linearmotors gegebenenfalls verbessert werden. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann das oben genannte Verhältnis beispielsweise auch im Bereich zwischen 0,8 und 0,95 bzw. zwischen 1,05 und 1,25, oder aber auch zwischen 0,85 und 0,95 bzw. zwischen 1,05 und 1,15 liegen. Hier-

durch kann gegebenenfalls der benötigte Bauraum effizienter genutzt werden und/oder das Ansprechverhalten und/oder die Drehmomententwicklung weiter verbessert werden.

**[0027]** Bei einem Ausführungsbeispiel ist so typischerweise die Gesamtanzahl der Spulen an dem zweiten Lagerring von der Anzahl der Magnetfeldquellen an dem ersten Lagerring verschieden. Bei Ausführungsbeispielen ist so häufig die Gesamtanzahl der Spulen an dem zweiten Lagerring geringer als ein Drittel, ein Viertel, ein Fünftel oder ein Siebtel der Gesamtzahl der Magnetfeldquellen an dem ersten Lagerring. Aber auch hier kann bei anderen Ausführungsformen ein entsprechendes abweichendes Verhältnis der Gesamtzahlen der Spulen und Magnetfeldquellen implementiert werden.

**[0028]** Bei einem Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Gruppe von Spulen bezogen auf einen Mittelpunkt des zweiten Lagerrings in einem Winkelbereich von höchstens 30° angeordnet sein. Hierdurch kann es möglich sein, den Einsatz von Magnetfeldquellen räumlich weiter zu beschränken und/oder den möglichen Verfahren Weg des Linearmotors weiter zu steigern. So kann gegebenenfalls eine einfachere und/oder kostengünstigere Herstellung eines Lagers gemäß einem Ausführungsbeispiel ermöglicht werden.

**[0029]** Bei einem solchen Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann sich an den Winkelbereich unmittelbar ein weiterer Winkelbereich anschließen, in dem an dem zweiten Lagerring keine Spulen angeordnet sind, und der wenigstens 30° umfasst. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann der weitere Winkelbereich wenigstens 45°, wenigstens 75°, wenigstens 90°, wenigstens 100° oder wenigstens 120° umfassen. So kann gegebenenfalls bei einem Ausführungsbeispiel jeder Mehrzahl von Magnetfeldsensoren genau eine Gruppe von Spulen zugeordnet sein.

**[0030]** Bei einem Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel können die Spulen einer Gruppe von Spulen auf einem gemeinsamen Joch angeordnet sein. Hierdurch kann gegebenenfalls eine Effizienz des Linearmotors und damit gegebenenfalls das erzielbare Drehmoment verbessert werden.

**[0031]** Bei einem solchen Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel können auf dem gemeinsamen Joch nur die Spulen der Gruppe von Spulen, also die Spulen genau einer einzigen Gruppe von Spulen angeordnet sein. Bei einem solchen Lager sind auf dem gemeinsamen Joch nur die Spulen genau der Gruppe von Spulen angeordnet. Hierdurch kann gegebenenfalls eine Effizienz des Linearmotors weiter gesteigert werden, da eine Beeinträchtigung oder Überlagerung mit Magnetfeldern anderer Spulen gegebenenfalls vermieden werden kann.

**[0032]** Das gemeinsame Joch kann hierbei beispielsweise aus einem weichmagnetischen Material gefertigt werden. Hierdurch kann gegebenenfalls eine weitere Effizienzsteigerung des Linearmotors durch eine bessere Führung der magnetischen Feldlinien möglich sein.

**[0033]** Ein Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann eine, beispielsweise regelmäßig, entlang des ersten Lagerrings angeordnete Mehrzahl von Gruppen von Spulen aufweisen, wobei jeweils zwischen zwei benachbarten Gruppen von Spulen in einem Winkelbereich von wenigstens  $30^\circ$  entlang des Umfangs des zweiten Lagerrings keine Spulen angeordnet sind. Der erste Lagerring kann dann eine weitere Mehrzahl von entlang eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander angeordneten Magnetfeldquellen umfassen, wobei die Magnetfeldquellen der weiteren Mehrzahl von Magnetfeldquellen so ausgebildet sind, dass jeweils zwei benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen ein Magnetfeld mit alternierender Polarität erzeugen. Hierdurch kann gegebenenfalls eine weitere Steigerung des Drehmoments des Linearmotors erzielt werden, indem eine zweite Gruppe von Spulen und eine entsprechende weiteren Mehrzahl von Magnetfeldquellen, also ein weiterer Linearmotor vorgesehen werden.

**[0034]** Bei einem solchen Ausführungsbeispiel kann es gegebenenfalls aufgrund eines wenigstens zu garantierenden Verfahrensweges des Linearmotors, also eines minimalen Änderungsbereich des Anstellwinkels des Rotorblatts von beispielsweise  $90^\circ$  oder darüber ratsam oder notwendig sein, höchstens drei Gruppen von Spulen oder aber höchstens zwei Gruppen von Spulen implementieren.

**[0035]** Bei einem Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel können die Magnetfeldquellen der Mehrzahl von Magnetfeldquellen jeweils einen Dauermagneten, beispielsweise einen NdFeB-Permanentmagneten, oder eine Spule umfassen. Hierdurch kann im Falle der Verwendung eines Permanentmagneten oder eines Dauermagneten eine einfachere Herstellung eines Lagers ermöglicht werden, da eine elektrische Kontaktierung der Magnetfeldquellen dann gegebenenfalls entfallen kann. Im Falle der Verwendung einer Spule als Magnetfeldquellen kann gegebenenfalls eine bessere Steuerbarkeit des Linearmotors erzielbar sein. Eine Führung der elektrischen Kabel zur Kontaktierung der Spulen ist in diesem Fall häufig unproblematisch, da ein maximaler Drehwinkel, um dem das Lager schwenkbar sein muss, typischerweise deutlich weniger als  $360^\circ$  beträgt. Darüber hinaus kann auch eine Kombination der beiden zuvor genannten Optionen möglich sein, bei der die Spulen zur Verstärkung des durch die Permanentmagneten erzeugten Magnetfeldes verwendet werden.

**[0036]** Bei einem Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel können die Magnetfeldquellen gegebenenfalls ein weichmagnetisches Material zur Führung der Magnetfeldlinien umfassen. Hierdurch kann gegebenenfalls eine genauere Anpassung der Magnetfeldquellen an die Geometrie des Lagers erfolgen, wodurch gegebenenfalls ein Wirkungsgrad des Linearmotors gesteigert werden kann.

**[0037]** Bei einem Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der erste Lagerring ein Innenring des Lagers und der zweite Lagerring ein Außenring des Lagers sein. Diese Konfiguration stellt die häufig bei Windkraftanlagen verwendete Konfiguration dar. Selbstverständlich kann bei anderen Ausführungsbeispielen auch der erste Lagerring der Außenring des Lagers sein, während der zweite Lagerring der Innenring des Lagers ist.

**[0038]** Darüber hinaus besteht selbstverständlich die Möglichkeit, ein Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel auch so einzusetzen, dass einer der beiden oder beide Lagerringe, also der erste und der zweite Lagerring, bezüglich eines weiteren Bauteils rotatorische oder translatorische Bewegung ausführen. Die Verwendung der Begriffe „Stator“ und „Translator“ spiegeln in diesem Zusammenhang lediglich die Verwendung der üblichen Terminologie im Zusammenhang mit Linearmotoren wieder, sondern jedoch – insbesondere im Hinblick auf die Verwendung des Begriffs „Stator“ – keine Festlegung auf eine ortsfeste Anordnung des betreffenden Lagerrings andeuten. So kann gegebenenfalls ein Lagerring gemäß einem Ausführungsbeispiel auch so verwendet werden, dass der zweite Lagerring als sich drehend angesehen wird.

**[0039]** Unter einem Mittelpunkt eines Lagerrings wird in diesem Zusammenhang ein (beliebiger) Punkt auf eine Achse des Lagers, einer Drehachse des Lagers, einer Symmetrieachse oder einer Rotationsachse des betreffenden Lagerrings verstanden.

**[0040]** Unter einem Winkel oder Winkelbereich wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung ferner ein solcher verstanden, der einen kleinsten Winkel oder ein kleinster Winkelbereich darstellt, sofern sich nicht aus dem Zusammenhang oder durch explizite Nennung etwas anderes ergibt. Schließen so beispielsweise Gruppen oder andere Objekte einen Winkel ein oder sind in einem Winkelbereich angeordnet, so wird jeweils unter dem Winkel bzw. Winkelbereich der zahlenmäßig kleinste Wert des entsprechenden Winkels oder Winkelbereich verstanden. Vielfache von  $360^\circ$  werden im Allgemeinen ebenso wenig berücksichtigt, wie entsprechend größere Winkel, die gegebenenfalls einander schneidende Geraden, Ebenen oder andere geometrische Objekte miteinander einschließen.

**[0041]** Benachbart sind hierbei zwei Objekte, zwischen denen kein weiteres Objekt desselben Typs angeordnet ist. Unmittelbar benachbart sind entsprechende Objekte, wenn sie aneinander grenzen, also beispielsweise miteinander in Kontakt stehen.

**[0042]** Eine kraftschlüssige Verbindung kommt durch Haftreibung, eine stoffschlüssige Verbindung durch molekulare oder atomare Wechselwirkungen und Kräfte und eine formschlüssige Verbindung durch geometrische Verbindung der betreffenden Verbindungspartner zustande. Die Haftreibung setzt somit insbesondere eine Normalkraftkomponente zwischen den beiden Verbindungspartnern voraus.

**[0043]** Wie bereits oben beschrieben wurde, können Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel beispielsweise im Zusammenhang mit einer Windkraftanlage verwendet werden. Sie können daher als Großlager, Großwälzlager oder Großgleitlager implementiert werden. Aufgrund ihres typischerweise auf weniger als 360° beschränkten Schwenkbereichs werden sie auch als Schwenklager bezeichnet.

**[0044]** Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren Ausführungsbeispiele näher beschrieben.

**[0045]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Linearmotors;

**[0046]** [Fig. 2](#) zeigt eine Querschnittsdarstellung durch ein Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel;

**[0047]** [Fig. 3](#) illustriert zwei unter einem Winkel benachbart angeordnete Objekte;

**[0048]** [Fig. 4](#) zeigt eine schematische Aufsicht auf ein Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel;

**[0049]** [Fig. 5](#) zeigt eine schematische Aufsicht auf ein weiteres Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

**[0050]** [Fig. 6](#) zeigt eine schematische Aufsicht auf ein weiteres Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel.

**[0051]** Im Rahmen der vorliegenden Beschreibung werden zusammenfassende Bezugszeichen für Objekte, Strukturen und andere Komponenten verwendet werden, wenn die betreffende Komponente an sich oder mehrerer entsprechende Komponenten innerhalb eines Ausführungsbeispiels oder innerhalb mehrerer Ausführungsbeispiele beschrieben werden. Passagen der Beschreibung, die sich auf eine Komponente beziehen, sind daher auch auf andere Komponenten in anderen Ausführungsbeispielen übertragbar, soweit dies nicht explizit ausgeschlossen ist

oder sich dies aus dem Zusammenhang ergibt. Werden einzelne Komponenten bezeichnet, werden individuelle Bezugszeichen verwendet, die auf den entsprechenden zusammenfassenden Bezugszeichen basieren. Bei der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsformen bezeichnen daher gleiche Bezugszeichen gleiche oder vergleichbare Komponenten.

**[0052]** Komponenten, die mehrfach in einem Ausführungsbeispiel oder in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen auftreten, können hierbei bezüglich einiger ihrer technischen Parameter identisch und/oder unterschiedlich ausgeführt oder implementiert werden. Es ist so beispielsweise möglich, dass mehrere Komponenten innerhalb eines Ausführungsbeispiels bezüglich eines Parameters identisch, bezüglich eines anderen Parameters jedoch unterschiedlich ausgeführt sein können.

**[0053]** Bevor im Zusammenhang mit den [Fig. 2](#) bis [Fig. 6](#) Ausführungsbeispiele eines Lagers und einer Windkraftanlage beschrieben werden, wird zunächst ein Linearmotor in seiner grundsätzlichen Ausgestaltung beschrieben. So zeigt [Fig. 1](#) schematisch einen Aufbau eines Linearmotors **100**, wie er beispielsweise im Rahmen eines Lagers gemäß einem Ausführungsbeispiel zum Einsatz kommen kann. Der Linearmotors **100** weist eine Mehrzahl von Magnetfeldquellen **110** auf, die entlang eines Bauteils **120** der Art benachbart zueinander angeordnet oder ausgebildet sind, dass benachbarte Magnetfeldquellen **110** eine alternierender Polarität hinsichtlich ihres magnetischen Feldes oder ihres magnetischen Flusses erzeugen bzw. bereitstellen.

**[0054]** So ist in [Fig. 1](#) zur Vereinfachung der Darstellung ein Linearmotor bzw. ein Ausschnitt eines Linearmotors **100** gezeigt, der vier Magnetfeldquellen **110-1**, ..., **110-4** umfasst. Wie auch in [Fig. 1](#) durch die Bezeichnung ihrer Polaritäten („N“ für Nordpol und „S“ für Südpol) dargestellt ist, erzeugen jeweils zwei zueinander benachbarte Magnetfeldquellen, beispielsweise die Magnetfeldquellen **110-1** und **110-2**, entsprechend magnetische Felder mit unterschiedlicher Polarität. Gleiches gilt ebenso für die weiteren in [Fig. 1](#) gezeigten Magnetfeldquellen **110**.

**[0055]** Die Magnetfeldquellen **110** sind mit dem Bauteil **120** mechanisch verbunden. Dies kann beispielsweise durch eine stoffschlüssigen, eine kraftschlüssige, eine formschlüssige Verbindung oder auch durch eine Kombination derselben geschehen. So können diese gegebenenfalls verklebt oder verschraubt werden. Je nach konkreter Implementierung kann das Bauteil **120** beispielsweise ein weichmagnetisches Material umfassen oder auch aus diesem gefertigt sein, um eine Führung der magnetischen Feldlinien der Magnetfeldquellen **110** in seinem Inneren zu ermöglichen.

[0056] Der Linearmotors **100** umfasst ferner eine weitere Bauteil **130**, bei dem es sich beispielsweise um ein Joch **140** handeln kann. Das Joch **140** umfasst wenigstens einen Abschnitt **150**, der sich über einen Basisabschnitt **160** des Joch **140** erhebt. Auf dem wenigstens einen Abschnitt **150** ist eine Spule **170** angeordnet, die über entsprechende, nicht in **Fig. 1** gezeigten Zuleitungen mit einem elektrischen Strom beaufschlagt werden kann.

[0057] So zeigt **Fig. 1** einen Linearmotor **100** bzw. einen Abschnitt desselben, der zwei Abschnitte **150-1**, **150-2** und entsprechend zwei Spulen **170-1**, **170-2** umfasst. **Fig. 1** zeigt hierbei die Wicklungen der Spulen **170** und ihrer Wicklungsorientierung an, indem sie die Richtung des Stromflusses in den Wicklungen der Spulen **170** im Falle einer Beauftragung mit einem Strom darstellt. Zwei benachbarte Spulen, also beispielsweise die Spulen **170-1** und **170-2**, weisen hierbei eine identische Wicklungsorientierung auf. Die Spulen **170** können parallel oder auch in Serie geschaltet sein.

[0058] Die Spulen **170** und die Magnetfeldquellen **110** sind hierbei der Art angeordnet, dass zwischen diesen ein Spalt **180** vorliegt, durch den die von den Magnetfeldquellen **110** erzeugten Magnetfeldlinien in die Spule **170** bzw. das Joch **140** eindringen. Auch das Joch **140** kann selbstverständlich aus einem weichmagnetischen Material gefertigt sein oder dieses zumindest umfassen, um eine Führung der magnetischen Feldlinien in seinem Inneren zu ermöglichen. Der Spalt **180** bestimmt durch seine Ausdehnung nicht zuletzt eine Kopplungsstärke, mit der sie Magnetfeldlinien der Magnetfeldquellen **110** in die Spulen **170** einkoppeln. Dieser sollte entsprechend möglichst gering ausgelegt sein, jedoch so groß sein, dass auch im Falle von Erschütterungen und anderen mechanischen Beeinflussungen eine Kollision oder eine Berührung der Spulen **170** und der Magnetfeldquellen **110** unterbunden wird.

[0059] Die Magnetfeldquellen **110** können grundsätzlich auf Basis von Permanentmagneten bzw. Dauermagneten oder aber auch auf Basis von Spulen realisiert werden. Im ersten Fall können die Magnetfeldquellen **110** beispielsweise auf Basis eines Neodym-Eisen-Bor-Magneten (NdFeB-Magneten) implementiert werden. Selbstverständlich können aber auch andere Dauermagneten Einsatz kommen. Darüber hinaus können selbstverständlich die Magnetfeldquellen **110** ebenso auf Basis von Spulen realisiert werden. Während zur Erzeugung der alternierender Polarität bei der Verwendung von Permanentmagneten diese entsprechend orientiert mit dem Bauteil **120** mechanisch verbunden werden, kann im Falle einer Implementierung auf Basis von Spulen über eine Verschaltung und/oder eine alternierende Wicklungsorientierung die alternierender Polarität benachbarter Magnetfeldquellen **110** realisiert werden.

Selbstverständlich können auch Kombinationen eines Permanentmagneten und einer Spule im Rahmen der Magnetfeldquellen **110** implementiert werden. So kann gegebenenfalls durch den Einsatz einer zusätzlichen Spule das Magnetfeld des Permanentmagneten erhöht werden.

[0060] Unabhängig hiervon können die Magnetfeldquellen **110** und/oder Bauteil **120** ein weichmagnetisches Material zur Führung der Feldlinien der Magnetfeldquellen **110** umfassen hierdurch kann gegebenenfalls eine bessere Anpassung der Magnetfeldquellen **110** an die Geometrie des Linearmotors **100** erzielbar sein.

[0061] Ein Linearmotor **100** stellt eine elektrische Antriebsmaschine dar, die im Gegensatz zu den verbreiteten rotierenden Maschinen ein mit ihm verbundenes Objekt nicht in eine drehende, sondern in eine im Wesentlichen geradlinige Bewegung (Translationsbewegung) versetzt. Dabei ist grundsätzlich entweder eine asynchrone – das Magnetfeld ist nicht fest mit der Bewegung gekoppelte – oder eine synchrone Arbeitsweise – zum Beispiel beim Linearschrittmotor – möglich.

[0062] Ein Linearmotor **100** folgt demselben Funktionsprinzip wie ein Drehstrommotor, wobei die ursprünglich kreisförmig angeordneten elektrischen Erregerwicklungen (Stator) auf einer ebenen Strecke angeordnet sind. Der „Läufer“ oder Translator, der dem Rotor des Drehstrommotors entspricht, wird beim Linearmotor von dem längs bewegten Magnetfeld über die Verfahrstrecke gezogen. Daher rührt auch die vielfach verwendete Bezeichnung Wanderfeldmaschine. Einem Linearmotor **100** kann so als abgerollte Version eines Rotations-Elektromotors angesehen werden. Erzeugt eine lineare Kraft entlang seiner Erstreckung oder Länge.

[0063] Ein Linearmotor ist dabei nicht auf gerade Bahnen im Sinne auf eine mathematische Gerade oder einen Geradenabschnitt beschränkt. Linearmotoren **100** können vielmehr auch für Bewegungen entlang einer gekrümmten Bahn oder Linie verwendet und entsprechend in gekrümmter Form ausgeführt werden.

[0064] Linearmotoren **100** können es ermöglichen, direkt eine translatorische Bewegung darzustellen. Sie ermöglichen so den Bau von Direktantrieben, bei denen eine Unter- oder Übersetzung entfallen kann. Linearmotoren haben in diesem Bereich den Vorteil hoher Beschleunigungen und entsprechend hoher Kräfte bzw. Drehmomente. Auch können sie gegebenenfalls hohe Verfahrgeschwindigkeiten erreichen oder erzeugen.

[0065] Linearmotoren **100** können sowohl auf Basis konventioneller Leiter als auch auf Basis von Supra-



leiten implementiert werden. Im letzteren Fall kann das Vorsehen einer entsprechenden Kühlung ratsam sein, um den supraleitenden Zustand der betreffenden Komponenten zu erreichen.

**[0066]** Bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten Linearmotor **100** sind die Spulen **170** in Form einer Gruppe **190** angeordnet, wobei jede Gruppe **190** wenigstens zwei Spulen **170** umfasst.

**[0067]** [Fig. 2](#) zeigt eine Querschnittsdarstellung durch eine Windkraftanlage gemäß einem Ausführungsbeispiel mit einem Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel. Eine Windkraftanlage gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst einen Rotor **210** sowie wenigstens ein Rotorblatt **220**, von denen in [Fig. 2](#) ihre jeweiligen Befestigungsstrukturen gezeigt sind, mit denen diese mit dem Lager **200** zum Einstellen eines Anstellwinkels des Rotorblatts **220** verbunden sind. Der Rotor **210** stellt in diesem Zusammenhang das „stationäre Bauteil“, das Rotorblatt **220** das „bewegliche Bauteil“ dar, da das Rotorblatt **220** hinsichtlich seines Anstellwinkels zu dem Rotor **210** durch das Lager **200** einstellbar ausgeführt wird.

**[0068]** Das Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel ist hierbei als Wälzlager, genauer gesagt als Kugellager ausgeführt. Es umfasst so einen ersten Lagerring **230** und einen zweiten Lagerring **240** zwischen denen eine Mehrzahl von Wälzkörpern **250** angeordnet sind. Die Wälzkörper **250** laufen hierbei auf Laufbahnen **260**, **270** der beiden Lagerringe **230**, **240** ab.

**[0069]** Der erste Lagerring **230**, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Innenring **280** ausgeführt ist, ist hierbei über entsprechende Bohrungen mit dem Rotor **210** verschraubt und so verdrehfest verbunden. Der zweite Lagerring **240**, der in dem in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiel als Außenring **290** ausgeführt ist, weist ebenfalls entsprechende Bohrungen auf, um mit dem Rotorblatt **220** verschraubbar zu sein, um so eine verdrehfeste Verbindung mit diesem zu schaffen. Sowohl der Rotor **210** als auch der Rotorblatts **220** können selbstverständlich mehrteilig ausgeführt sein, sodass in [Fig. 2](#) beispielsweise lediglich entsprechende Befestigungsstrukturen zur Verbindung mit dem Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel dargestellt sind. Selbstverständlich können bei anderen Ausführungsbeispielen der Rotor **210** und das Rotorblatt **220** auch mithilfe anderer Verbindungstechniken mit den entsprechenden Lagerringen **230**, **240** des Lagers **200** verbunden werden.

**[0070]** Der erste Lagerring **230** ist als Translator eines Linearmotors ausgebildet und umfasst so eine Mehrzahl von entlang wenigstens eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander angeordneten Magnetfeldquellen **110**. Die Magnetfeldquellen **110** sind

hierbei derart ausgebildet, dass jeweils zwei benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen **110** ein Magnetfeld bzw. einem magnetischen Fluss mit alternierender Polarität erzeugen. Wie nachfolgend im Zusammenhang mit den [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) noch näher erläutert wird, kann die Mehrzahl von Magnetfeldquellen **110** hierbei im Wesentlichen vollständig entlang des Umfangs des ersten Lagerrings **230**, oder aber in einem vorbestimmten Winkelbereich bezogen auf einen Mittelpunkt des ersten Lagerrings bei **130** entlang seines Umfangs angeordnet sein, an den sich unmittelbar ein weiterer vorbestimmter Winkelbereich anschließt, in dem keine Magnetfeldquellen angeordnet sind.

**[0071]** Der zweite Lagerring **240** ist als Stator eines Linearmotors ausgebildet und umfasst entsprechend eine Gruppe **190** (nicht gezeigte in [Fig. 2](#)) von wenigstens zwei entlang wenigstens eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander angeordneten Spulen **170**. Zwischen den Magnetfeldquellen **110** und den Spulen **170** bilden sich entsprechende Spalte **180** aus, über die die Magnetfelder der Magnetfeldquellen **110** und der Spulen **170** miteinander in Wechselwirkung treten.

**[0072]** Bei dem in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiel eines Lagers **200** sind so die Magnetfeldquellen **110** an dem Innenring **280**, die Spulen **170** an dem Außenring **290** angeordnet und bilden so einen Direktantrieb für das Rotorblatt **220** unter Umgehung und Vermeidung eines Getriebes. Selbstverständlich kann bei anderen Ausführungsbeispielen auch die Rolle des ersten Lagerrings **230** und des zweiten Lagerrings **240** hinsichtlich ihrer Ausprägung als Innenring und Außenring vertauscht werden. In einem solchen Fall würde der Innenring **280** der zweite Lagerring **240** und dem Rotorblatt **220** zugewandt sein, während der Außenring **290** der erste Lagerring **230** und dem Rotor **210** zugewandt wäre.

**[0073]** Auch wenn in [Fig. 2](#) das Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel als ein einreihiges Kugellager gezeigt ist, sind Ausführungsbeispiele bei weitem nicht auf diesen Typ von Lager beschränkt. So können entsprechende Lager **200** beispielsweise als zwei- oder mehrreihige Lager ausgeführt werden. Auch können andere Wälzkörper **250** als Kugeln verwendet werden. So können beispielsweise ebenso tonnen-, zylinder-, nadel- oder kegelförmige Wälzkörper als Wälzkörper **250** verwendet werden. Auch können Ausführungsbeispiele auf Basis von Schrägkugellagern, beispielsweise Vierpunktkugellagern umgesetzt werden. Aber auch als Gleitlager können Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel implementiert werden.

**[0074]** Bevor im Zusammenhang mit [Fig. 4](#) eine Aufsicht auf ein Lager gemäß einem Ausführungsbeispiel näher erläutert und beschrieben wird, soll zu-



nächst im Zusammenhang mit [Fig. 3](#) erläutert werden, was unter einem Winkel zu verstehen ist, unter dem zwei benachbarte Objekte bezogen auf einen Mittelpunkt angeordnet sind.

**[0075]** So zeigt [Fig. 3](#) ein erstes Objekt **300-1** und ein zweites Objekt **300-2**, in die benachbart zueinander angeordnet sind. Wie bereits zuvor erläutert wurde, bedeutet dies, dass zwischen diesen beiden Objekten **301** weiteres gleichartiges oder ähnliches Objekt **300** angeordnet ist. Die Objekte **300** sind ferner auf einen Mittelpunkt **310** ausgerichtet, der in Figur bei mit einem „X“ gekennzeichnet ist. Die Objekte **300** weisen entsprechend jeweils eine Vorzugsrichtung **320-1** und **320-2** auf, bei denen es sich beispielsweise um eine Außenkante, eine Magnetisierung, oder eine andere charakteristische Ausrichtung des betreffenden Objekts **300** handelt.

**[0076]** Die Ausrichtung der Objekte **300** auf den Mittelpunkt **310** bedeutet in diesem Fall, dass ihre Vorzugsrichtungen **320** auf den gemeinsamen Mittelpunkt **310** hin ausgerichtet sind. Entsprechend verlaufen Verbindungsgeraden **330-1** und **330-2**, die den Mittelpunkt **310** mit dem jeweiligen Objekt **300** verbinden, parallel zu den Vorzugsrichtungen **320** der beiden Objekte **300**.

**[0077]** Bei dem in [Fig. 3](#) gezeigten Fall liegt dies daran, dass die Objekte **300** jeweils gerade eine entsprechende Vorzugsrichtung **320** aufweisen, die auf den gemeinsamen Mittelpunkt **310** hin zulaufen. Bei anderen Fällen, in denen eine entsprechende Vorzugsrichtungen **320** zwar den Objekten **300** zugeordnet werden kann, diese jedoch nicht auf den Mittelpunkt **310** ausgerichtet sind, schließen die Verbindungsgeraden **330**, die den Mittelpunkt einer zehnte und das entsprechende Objekt **300** verbinden, mit den Vorzugsrichtungen **320** der entsprechenden Objekte einen für alle beteiligten Objekte **300** gleichen Winkel ein. Der zuerst genannte Fall stellt also einen Spezialfall des allgemeineren, zweiten Falls dar, bei dem der entsprechende Winkel  $0^\circ$  beträgt.

**[0078]** Bei den Objekten **300** kann es sich beispielsweise um Spulen **170** oder auch um Magnetfeldquellen **110** handeln. Je nachdem, wie die entsprechenden Objekte **300** implementiert sind, können entsprechende Vorzugsrichtungen **320** beispielsweise durch ihre geometrischen Ausgestaltung, also beispielsweise durch die äußere Form, oder aber auch durch funktionale Merkmale gegeben sein. So kann beispielsweise im Falle einer Magnetfeldquelle **110** eine Magnetisierung oder eines von der Magnetfeldquelle erzeugtes oder erzeugte bares Magnetfeld die Vorzugsrichtungen **320** darstellen. In diesem Zusammenhang bleiben gegebenenfalls durch alternierende Polarisierung hervorgerufene Winkel (Winkel von etwa  $180^\circ$ ) unberücksichtigt. Ebenso kann im Falle einer Spule **170** ein durch diese erzeugtes oder

erzeugbares Magnetfeld als Vorzugsrichtungen **320** herangezogen werden. Je nach konkreter Implementierung bleiben entsprechend auch hier Winkel, die auf eine Verschaltung und/oder eine Wicklungsorientierung zurückzuführen sind (Winkel von etwa  $180^\circ$ ) unberücksichtigt. Alternativ oder ergänzend kann hier selbstverständlich ebenso eine geometrische Ausgestaltung der Spulen **170**, beispielsweise eine Flächennormale, die durch die Spulen Wicklungen gegeben ist, herangezogen werden.

**[0079]** Der zuvor genannte Winkel ist dann der Winkel **340**, den die beteiligten Verbindungsgeraden **330** miteinander einschließen. Wie bereits zuvor erwähnt wurde, wird in diesem Zusammenhang unter einem Mittelpunkt **310** ein – beliebiger, beispielsweise in einer Ebene senkrecht zu den betreffenden Strukturen angeordneter – Punkt auf einer Achse oder Rotationsachse eines Lagers bei **100** gemäß einem Ausführungsbeispiel oder aber auf einer Symmetrieachse oder Rotationsachse eines Lagerrings **230**, **240** verstanden.

**[0080]** [Fig. 4](#) zeigt eine Aufsicht auf ein Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel mit einem ersten Lagerring **230**, bei dem es sich – abweichend von dem in [Fig. 2](#) gezeigten Lager **200** – um einen Außenring **290** handelt. Entsprechend ist ein zweiter Lagerring **240** als Innenring **280** des Lagers **200** ausgebildet. Mit dem ersten Lagerring **230** ist eine Mehrzahl **350** von Magnetfeldquellen **110** mechanisch verbunden. Die Magnetfeldquellen **110** sind bei diesem Ausführungsbeispiel eines Lagers **200** im Wesentlichen vollständig entlang des Umfangs des ersten Lagerrings **230** angeordnet. Zwei benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen **110** erzeugen entsprechend jeweils ein Magnetfeld mit alternierender Polarität. In [Fig. 4](#) ist dies durch eine Darstellung der Magnetfeldquellen **110** in Schwarz bzw. Weiß dargestellt. Die beiden in [Fig. 4](#) mit einem Bezugszeichen versehenen Magnetfeldquellen **110-1** und **110-2** sind so entsprechend angeordnet, wie dies bereits zuvor im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) beschrieben wurde.

**[0081]** Das Lager **200** weist ferner wenigstens eine Gruppe **190** von Spulen **170** auf, von denen zur Vereinfachung der Darstellung in [Fig. 4](#) lediglich eine mit einem Bezugszeichen versehen ist. Genauer gesagt weist das Lager **200** in [Fig. 4](#) insgesamt vier Gruppen **190-1**, ..., **190-4** von Spulen **170** auf. Die Spulen **170** einer Gruppe **190** von Spulen **170** sind hierbei jeweils auf einem gemeinsamen Joch **140** angeordnet, auf dem nur die Spulen **170** der jeweiligen Gruppe **190** angeordnet sind. Die Gruppen **190** von Spulen **170** sowie die Mehrzahl **350** von Magnetfeldquellen **110** bilden so jeweils einen Linearmotor **100-1**, ..., **100-4**, wie dieser im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) beschrieben wurde.

**[0082]** Die insgesamt vier Gruppen **190** von Spulen **170** sind in diesem Ausführungsbeispiel eines Lagers **200** identisch ausgeführt, jedoch um einen gemeinsamen Mittelpunkt **310** des ersten und des zweiten Lagerrings **230**, **240** um jeweils etwa  $90^\circ$  verdreht angeordnet. Sie erstrecken sich hierbei jeweils über einen Winkelbereich **380** von etwa  $22^\circ$ , der zu Vereinfachung der Darstellung der [Fig. 4](#) nur im Zusammenhang mit der Gruppe **190-1** eingezeichnet ist. Selbstverständlich können sich bei anderen Ausführungsbeispielen die Gruppen **190** von Spulen **170** auch über einen von etwa  $22^\circ$  abweichenden Winkelbereich **380** erstrecken. Auch können die Gruppen **190** gegebenenfalls unterschiedlich ausgeführt werden. Der jeweilige Winkelbereich **380** der einzelnen Gruppen **190** kann daher größer oder auch kleiner sein.

**[0083]** Der Winkelbereich **380** wird hierbei typischerweise als der kleinste Winkelbereich definiert, in dem eine jede Gruppe **190** von Spulen **170** vollständig umfasst werden kann. Selbstverständlich kann bei anderen Ausführungsbeispielen auch eine geringere oder größere Anzahl von Gruppen **190** von Spulen **170** implementiert werden. So kann beispielsweise auch nur eine einzige Gruppe **190** von Spulen umfasst sein. Ebenso können jedoch auch zwei, drei oder mehr als vier Gruppen **190** vorgesehen werden.

**[0084]** Bei einem Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die einzelnen Gruppen **190** von Spulen **170** – unabhängig von ihrer Anzahl – bezogen auf den Mittelpunkt **310** typischerweise in einem kleinsten Winkelbereich **380** von höchstens  $30^\circ$  angeordnet. Hierin kommt nicht zu Letzt die Ausgestaltung des Antriebs als Linearmotor **100** zum Ausdruck. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann der Winkelbereich **380** auch auf höchstens  $25^\circ$ , höchstens  $20^\circ$  oder höchstens  $15^\circ$  beschränkt sein.

**[0085]** So schließt sich bei vielen Ausführungsbeispielen eines Lagers **200** an den Winkelbereich **380** des zweiten Lagerrings **240**, in dem eine Gruppe **190** von Spulen **170** vollständig angeordnet ist, unmittelbar ein weiterer Winkelbereich **400** des zweiten Lagerrings **240** an, in dem keine Spulen angeordnet sind, der also frei von Spulen ist. Dieser weitere Winkelbereich **400** des zweiten Lagerrings **240** erstreckt sich häufig wenigstens über  $30^\circ$ , wenigstens über  $45^\circ$ , wenigstens über  $75^\circ$ , wenigstens  $90^\circ$ , wenigstens  $100^\circ$  oder wenigstens  $120^\circ$ .

**[0086]** Wie bereits zuvor im Zusammenhang mit den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) beschrieben wurde, können die Magnetfeldquellen **110** jeweils einen Dauermagneten oder Permanentmagneten, beispielsweise einen NdFeB-Magneten, oder auch eine Spule umfassen. Selbstverständlich können Magnetfeldquellen **110** ebenso eine Kombination beider Techniken darstellen, bei denen beispielsweise mithilfe einer

Spule ein von einem Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld verstärkt wird.

**[0087]** Um einerseits ein gutes Ansprechverhalten des Linearmotors **100** mit seinen Magnetfeldquellen **110** und seinen Spulen **170** und andererseits auch eine gute Drehmomententwicklung bzw. Kraftentfaltung zu ermöglichen, können die Gruppen **190** von Spulen **170** derart angeordnet sein, dass ein Verhältnis eines Winkels, unter dem zwei benachbarte Spulen **170** einer Gruppe **190** von Spulen **170** bezogen auf den Mittelpunkt **310** angeordnet sind, zu einem weiteren Winkel, unter dem zwei benachbarte Magnetfeldquellen **110** (beispielsweise die Magnetfeldquellen **110-1** und **110-2**) bezogen auf den Mittelpunkt **310** angeordnet sind, zwischen  $0,6$  und  $0,95$  oder zwischen  $1,05$  und  $1,4$  liegt. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann das Verhältnis ebenfalls zwischen  $0,8$  und  $0,95$  bzw. zwischen  $1,05$  und  $1,25$ , oder aber auch zwischen  $0,85$  und  $0,95$  bzw. zwischen  $1,05$  und  $1,15$  liegen. Selbstverständlich können aber auch andere Verhältnisse bei Ausführungsbeispielen implementiert werden. Dies kann beispielsweise dann interessant sein, wenn der Linearmotor **100** als Schrittmotor ausgeführt wird.

**[0088]** [Fig. 5](#) zeigt eine Aufsicht auf ein weiteres Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das Lager **200** aus [Fig. 5](#) unterscheidet sich von dem in [Fig. 4](#) gezeigten Lager **200** hinsichtlich mehrerer Punkte. So sind die Magnetfeldquellen **110** zwar auch hier entlang wenigstens eines Teils des Umfangs des ersten Lagerrings **230** benachbart zueinander angeordnet, wobei zwei benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen **110** entsprechend ebenfalls ein Magnetfeld mit alternierender Polarität erzeugen. Auch hier ist dies wiederum durch eine Darstellung der Magnetfeldquellen **110** in Schwarz bzw. Weiß dargestellt. Die beiden in [Fig. 5](#) mit einem Bezugszeichen versehenen Magnetfeldquellen **110-1** und **110-2** sind so entsprechend angeordnet, wie dies bereits zuvor im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) beschrieben wurde.

**[0089]** Allerdings ist die Mehrzahl **350** von Magnetfeldquellen **110** hierbei nur in einem vorbestimmten Winkelbereich **360** angeordnet, an denen sich ein weiterer vorbestimmter Winkelbereich **370** anschließt, in dem keine Magnetfeldquellen **110** angeordnet sind. Anders ausgedrückt ist der weitere vorbestimmte Winkelbereich **370** frei von Magnetfeldquellen. Bei dem in [Fig. 5](#) gezeigten Ausführungsbeispiel eines Lagers **200** erstreckt sich der vorbestimmte Winkelbereich **360** über etwa  $90^\circ$ . Da das Lager **200** aus [Fig. 5](#) genau eine Mehrzahl von Magnetfeldquellen **110** aufweist, erstreckt sich entsprechend der weitere vorbestimmte Winkelbereich **370** über etwa  $270^\circ$ . Bei anderen Ausführungsbeispielen eines Lagers **200** kann der vorbestimmte Winkelbereich auch kleiner oder auch größer ausgeführt sein. Bei vielen

Ausführungsbeispielen ist es jedoch sinnvoll, einen vorbestimmten Winkelbereich zu implementieren, der wenigstens 75° umfasst.

**[0090]** Das Lager **200** weist ferner nur eine Gruppe **190** von Spulen **170** auf, von denen zur Vereinfachung der Darstellung in [Fig. 5](#) ebenfalls lediglich eine mit einem Bezugszeichen versehen ist. Die Spulen **170** der Gruppe **190** von Spulen **170** sind hierbei auf einem gemeinsamen Joch **140** angeordnet, auf dem nur die Spulen **170** der Gruppe **190** angeordnet sind. Die Gruppe **190** von Spulen **170** und die Mehrzahl **350** von Magnetfeldquellen **110** bilden einen Linearmotor **110**, wie dieser im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) beschrieben wurde.

**[0091]** Die Gruppe **190** von Spulen **170** erstreckt sich hierbei über einen Winkelbereich **380** von etwa 22°. Selbstverständlich kann sich bei anderen Ausführungsbeispielen die Gruppe **190** von Spulen **170** auch über einen von etwa 22° abweichenden Winkelbereich **380** erstrecken. Dieser kann größer oder auch kleiner sein. Um eine Überlappung im Winkelbereich zwischen den Magnetfeldquellen **110** und den Spulen **170** zu ermöglichen, weist so das in [Fig. 5](#) dargestellte Lager einen effektiven Verfahrensweg von etwa 68° (= 90° – 22°) auf. Anders ausgedrückt ergibt sich der effektive Verfahrensweg als Differenz des vorbestimmten Winkelbereichs **360** und des Winkelbereichs **380**, über den sich die Spulen **170** der Gruppe **190** von Spulen an **170** erstrecken.

**[0092]** Um beispielsweise einen Verfahrensweg von 90° zu ermöglichen, kann es ratsam sein, wie Magnetfeldquellen **110** über einen vorbestimmten Winkelbereich **360** anzuordnen, der einer Summe von 90° und einem kleinsten Winkelbereich **380** entspricht, in dem die Gruppe **190** von Spulen **170** bezogen auf einen Mittelpunkt des **310** des zweiten Lagerrings **240** angeordnet ist. Der Mittelpunkt **310** des zweiten Lagerrings **240** fällt hierbei mit dem Mittelpunkt des ersten Lagerrings **230** zusammen. Anders ausgedrückt kann es ratsam sein, die Mehrzahl **350** von Magnetfeldquellen **110** über einen vorbestimmten Winkelbereich **360** anzuordnen, der wenigstens eine Summe des beabsichtigten Verfahrenswegs (in Grad) und des Winkelbereichs **380** umfasst, über denen sich die Gruppe **190** von Spulen **170** erstreckt.

**[0093]** Um die Anzahl der Magnetfeldquellen **110** gegebenenfalls reduzieren zu können, kann es daher sinnvoll sein, den Winkelbereich **380** auf höchstens 30°, höchstens 25°, höchstens 20° oder höchstens 15° zu beschränken. So erstreckt sich bei einem Ausführungsbeispiel eines Lagers **200** die Gruppe **190** von Spulen **170** über einen Winkelbereich **380** zwischen 10° und 15°.

**[0094]** Bei dem in [Fig. 5](#) gezeigten Ausführungsbeispiel eines Lagers **200** umfasst der weitere vorbe-

stimmte Winkelbereich **300**, in dem keine Magnetfeldquellen angeordnet sind, mehr als ein Zwölffaches des Winkelbereichs **380**, indem die Gruppe **190** von Spulen **170** umfasst ist. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann auch ein anderes vielfaches, beispielsweise ein Einfaches, ein Zweifaches oder ein Dreifaches implementiert werden. Selbstverständlich ist dieses Verhältnis nicht auf ganzzahligen Verhältnisse beschränkt. Durch eine Reduzierung dieses Verhältnisses kann gegebenenfalls ein weiterer Linearmotor **100** implementiert werden.

**[0095]** Der Winkelbereich **380** wird hierbei typischerweise als der kleinste Winkelbereich definiert, in dem die Gruppe **190** von Spulen **170** vollständig umfasst werden kann. Im Hinblick auf die Ausgestaltung der Magnetfeldquellen **110** sowie die Ausgestaltung der Winkel, unter denen zwei benachbarte Magnetfeldquellen **110** und/oder zwei benachbarte Spulen **170** einer Gruppe **190** angeordnet sind, wird auf die Ausführungen oben verwiesen. Der weitere Winkelbereich **400**, in dem keine Spulen an dem zweiten Lagerring **240** angeordnet sind, der also frei von Spulen ist, erstreckt sich so bei diesem Ausführungsbeispiel eines Lagers **200** über mehr als 330°.

**[0096]** [Fig. 5](#) zeigt so ein Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel, bei dem die Magnetfeldquellen **110** an dem Außenring **290** angebracht sind, um den magnetischen Fluss zu leiten. Spulen **170** sind entsprechend an dem Innenring **280** angebracht durch ein Anlegen eines Stroms an die Spulen **170** wird so eine Verdrehung bzw. Rotation des Lagers **200** bewirkt. Die Magnetfeldquellen **110** können hierbei durch Permanentmagneten und/oder Elektromagneten, also Spulen gebildet werden oder diese umfassen.

**[0097]** [Fig. 6](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Lagers **200**, welches sich von dem in [Fig. 5](#) gezeigten Lager **200** im Wesentlichen dadurch unterscheidet, dass dieses nunmehr zwei Linearmotoren **100-1** und **100-2** umfasst. Bei dem in [Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsbeispiel sind die beiden Linearmotoren **100-1**, **100-2** identisch ausgeführt, jedoch um 180° bezogen auf den Mittelpunkt **310** gedreht angeordnet.

**[0098]** So weist der erste Linearmotors **100-1** eine erste Gruppe **190-1** von Spulen **100** sich auf, die – analog zu dem in [Fig. 5](#) gezeigten Ausführungsbeispiel – an dem Innenring **280** befestigt sind. Entsprechend ist wiederum die Mehrzahl **350** von Magnetfeldquellen **100** mit dem Außenring **290** verbunden.

**[0099]** Allerdings weist das in [Fig. 6](#) gezeigte Lager **200** ferner einen zweiten Linearmotors **100-2** auf. Auch dieser weist aufgrund seiner identischen Ausfertigung eine Gruppe **190-2** von Spulen **170** auf, die ebenfalls mit dem Innenring **280**, also dem zweiten

Lagerring **240** verbunden sind. Darüber hinaus weist der zweite Linearmotors **100-2** jedoch ebenso eine weitere Mehrzahl **390** von Magnetfeldquellen **110** auf. Die weitere Mehrzahl **390** von Magnetfeldquellen **110** entspricht hierbei hinsichtlich Ausgestaltung und Orientierung der Mehrzahl **350** von Magnetfeldquellen **110** des Linearmotors **100-1**.

**[0100]** Bei anderen Ausführungsbeispielen eines Lagers **200** kann die weitere Mehrzahl **390** von Magnetfeldquellen **110** jedoch auch abweichende implementiert sein. Unabhängig hiervon weist diese jedoch ebenso entlang eines Teils des Umfangs des ersten Lagerrings **230** benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen **110** auf, wobei die Magnetfeldquellen **110** der weiteren Mehrzahl **390** von Magnetfeldquellen ebenso ausgebildet sind, dass jeweils zwei benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen **110** ein Magnetfeld mit alternierender Polarität erzeugen.

**[0101]** Die beiden Gruppen **190-1** und **190-2** von Spulen **170** sind hierbei voneinander beabstandet angeordnet. Genauer gesagt weist so der zweite Lagerring **240** einen weiteren Winkelbereich **400** auf, der typischerweise wenigstens als  $30^\circ$  umfasst, in dem keine Spulen **170** mit dem zweiten Lagerring **240** verbunden sind.

**[0102]** Bei anderen Ausführungsbeispielen können jedoch auch mehr als die zuvor genannte Anzahl von Linearmotoren **100** mit einer entsprechend höheren Anzahl von Gruppen **190** von Spulen **170** und einer entsprechend höheren Anzahl von Mehrzahlen **350**, **390** von Magnetfeldquellen **110** implementiert werden. Je nach konkreter Implementierung kann im Falle eines beabsichtigten Verfahrensweges von wenigstens  $90^\circ$  die Zahl der implementiert waren Linearmotoren **100** jedoch auf maximal drei beschränkt sein. In diesem Fall können die Gruppen **190** von Spulen **170** und/oder die Mehrzahlen **350**, **390** von Magnetfeldquellen **110** beispielsweise jeweils um  $120^\circ$  um den Mittelpunkt **310** verdreht zueinander implementiert werden.

**[0103]** Anders ausgedrückt sind nunmehr bei diesem Ausführungsbeispiel die Linearmotoren **100**, die auch als Linearantriebe bezeichnet werden, an beiden Seiten des Lagers **200** angebracht. Hierdurch kann eine Erhöhung des Drehmoments bzw. der Kräfte erzeugt werden. Dies kann beispielsweise dann ratsam sein, wenn aufgrund konstruktiver Bedingungen ein einzelner Linearmotor **100** nicht mehr zur Bereitstellung eines entsprechenden Drehmoments ausweichen könnte.

**[0104]** Ausführungsbeispiele eines Lagers **200** ermöglichen so eine Anstellwinkellagerung ein Rotorblatt einer Windkraftanlage mit einem auf einen Linearmotorkonzept beruhenden Direktantrieb.

**[0105]** Ausführungsbeispiel eines Lagers **200** können so eine einfachere Herstellung eines Lagers und/oder bauraumeinsparendere Lagerung und/oder – aufgrund des eingesparten Getriebes – eine spieglärmere Anstellwinkelleinstellung eines Rotorblatts einer Windkraftanlage ermöglichen. Ausführungsbeispiele eines Lagers können so im Zusammenhang mit Windkraftanlagen eingesetzt werden, die ein oder mehrere Rotorblätter **220** umfassen. Lager **200** gemäß einem Ausführungsbeispiel können jedoch auch bei anderen Anlagen und Maschinen zum Einsatz gebracht werden, bei denen eine ähnliche Nachführung eines Anstellwinkels oder eines ähnlichen Winkels ratsam ist.

**[0106]** Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung von Ausführungsbeispielen in ihren verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein und – soweit sich nicht aus der Beschreibung etwas anderes ergibt – beliebig miteinander kombiniert werden.

#### Bezugszeichenliste

<b>100</b>	Linearmotor
<b>110</b>	Magnetfeldquelle
<b>120</b>	Bauteil
<b>130</b>	weiteres Bauteil
<b>140</b>	Joch
<b>150</b>	Abschnitt
<b>160</b>	Basisabschnitt
<b>170</b>	Spule
<b>180</b>	Spalt
<b>190</b>	Gruppe
<b>200</b>	Lager
<b>210</b>	Rotor
<b>220</b>	Rotorblatt
<b>230</b>	erste Lagerring
<b>240</b>	zweiter Lagerring
<b>250</b>	Wälzkörper
<b>260</b>	Laufbahn
<b>270</b>	Laufbahn
<b>280</b>	Innenring
<b>290</b>	Außenring
<b>300</b>	Objekt
<b>310</b>	Mittelpunkt
<b>320</b>	Vorzugsrichtung
<b>330</b>	Verbindungsgerade
<b>340</b>	Winkel
<b>350</b>	Mehrzahl von Magnetfeldquellen
<b>360</b>	vorbestimmter Winkelbereich
<b>370</b>	weiterer vorbestimmter Winkelbereich
<b>380</b>	Winkelbereich
<b>390</b>	weitere Mehrzahl von Magnetfeldquellen
<b>400</b>	weiterer Winkelbereich

**Patentansprüche**

1. Lager (200) zum Einstellen eines Anstellwinkels eines Rotorblatts (220) einer Windkraftanlage mit folgenden Merkmalen:

einem ersten Lagerring (230) und einem zweiten Lagerring (240),

wobei der erste (230) und der zweite Lagerring (240) zueinander drehbar sind;

wobei der erste Lagerring (230) als Translator eines Linearmotors (100) eine Mehrzahl (350) von entlang wenigstens eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander angeordneten Magnetfeldquellen (110) umfasst;

wobei die Magnetfeldquellen (110) so ausgebildet sind, dass jeweils zwei benachbart zueinander angeordnete Magnetfeldquellen (110) ein Magnetfeld mit alternierender Polarität erzeugen;

wobei der zweite Lagerring (230) als Stator eines Linearmotors (100) eine Gruppe (190) von wenigstens zwei entlang wenigstens eines Teils seines Umfangs benachbart zueinander angeordneten Spulen (170) umfasst.

2. Lager (200) nach Anspruch 1, bei dem die Mehrzahl (350) von Magnetfeldquellen (110) im Wesentlichen vollständig entlang des Umfangs des ersten Lagerrings (230) angeordnet ist.

3. Lager (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Gruppe (190) von Spulen (170) derart angeordnet ist, dass ein Verhältnis eines Winkels, unter dem zwei benachbarte Spulen (170) der Gruppe (190) von Spulen (170) bezogen auf einen Mittelpunkt (310) des zweiten Lagerrings (240) angeordnet sind, zu einem weiteren Winkel, unter dem zwei benachbarte Magnetfeldquellen (110) bezogen auf einen Mittelpunkt (310) des ersten Lagerrings (230) angeordnet sind, zwischen 0,6 und 0,95 oder zwischen 1,05 und 1,4 liegt.

4. Lager (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Gruppe (190) von Spulen (170) bezogen auf einen Mittelpunkt (310) des zweiten Lagerrings (240) in einem kleinsten Winkelbereich (380) von höchstens 30° angeordnet sind.

5. Lager (200) nach Anspruch 4, bei dem sich an den Winkelbereich (380) unmittelbar ein weiterer Winkelbereich (400) anschließt, in dem an dem zweiten Lagerring (240) keine Spulen angeordnet sind, und der wenigstens 30° umfasst.

6. Lager (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Spulen (170) einer Gruppe (190) von Spulen (170) auf einem gemeinsamen Joch (140) angeordnet sind.

7. Lager (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das eine, beispielsweise regelmä-

ßig, entlang des ersten Lagerrings (230) angeordnete Mehrzahl von Gruppen (190) von Spulen (170) aufweist, wobei jeweils zwischen zwei benachbarten Gruppen (190) von Spulen (170) in einem weiteren Winkelbereich (400) von wenigstens 30° entlang des Umfangs des zweiten Lagerrings (240) keine Spulen angeordnet sind.

8. Lager (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Magnetfeldquellen (110) der Mehrzahl (350) von Magnetfeldquellen (110) jeweils einen Dauermagneten, beispielsweise einen NdFeB-Permanentmagneten, oder eine Spule umfassen.

9. Lager (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der erste Lagerring (230) ein Innenring (280) des Lagers (200) und der zweite Lagerring (240) ein Außenring (290) des Lagers (200) ist.

10. Windkraftanlage mit folgenden Merkmalen: einem Rotor (210) und einem Rotorblatt (220); und einem Lager (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, das zwischen dem Rotor (210) und dem Rotorblatt (220) so angeordnet ist, dass das Rotorblatt (220) mit dem ersten Lagerring (230) und der Rotor (210) mit dem zweiten Lagerring (240) jeweils mechanisch verdrehfest miteinander verbunden sind, um eine Änderung eines Anstellwinkels des Rotorblatts (220) zu ermöglichen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

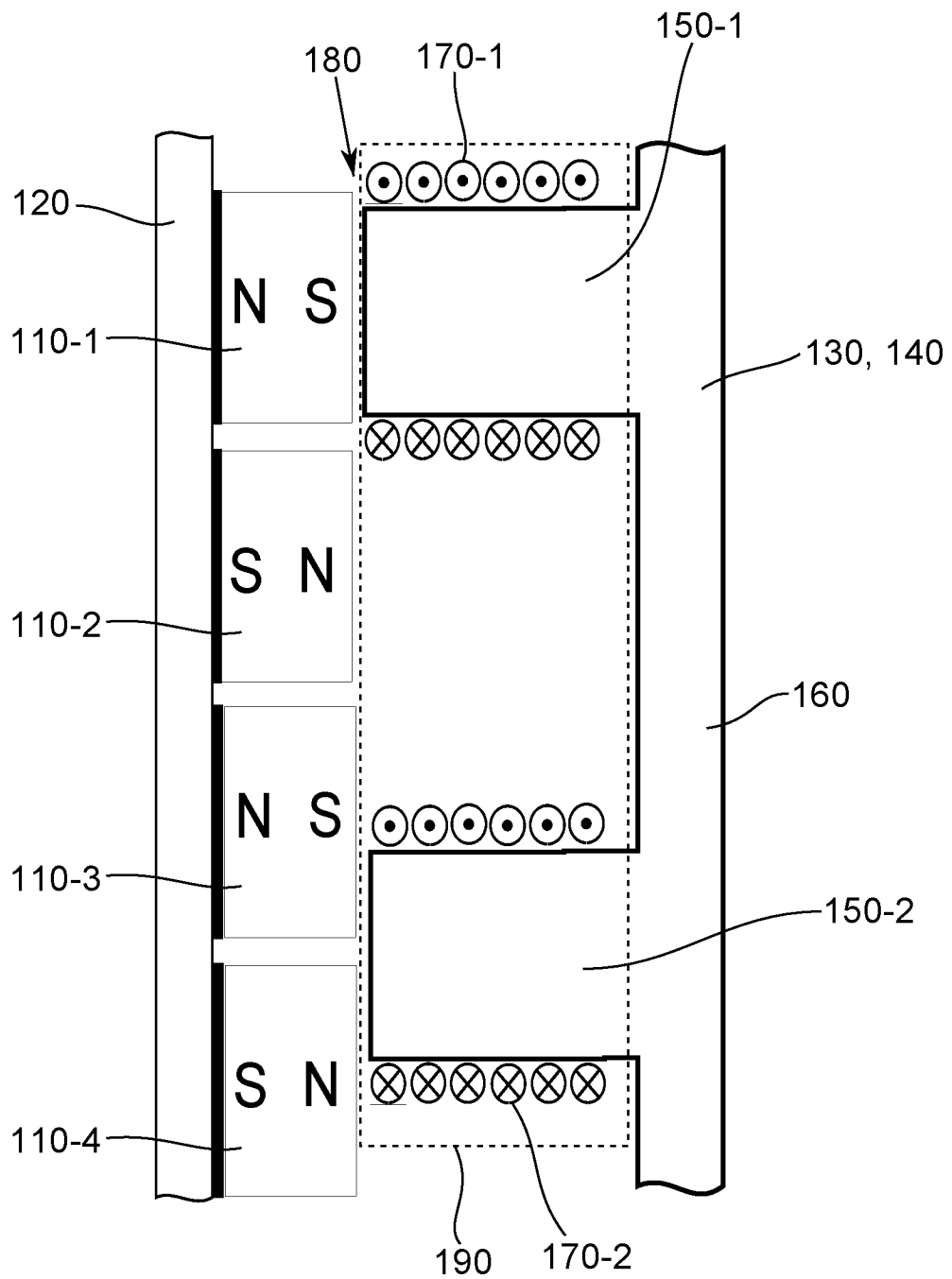


Fig. 1



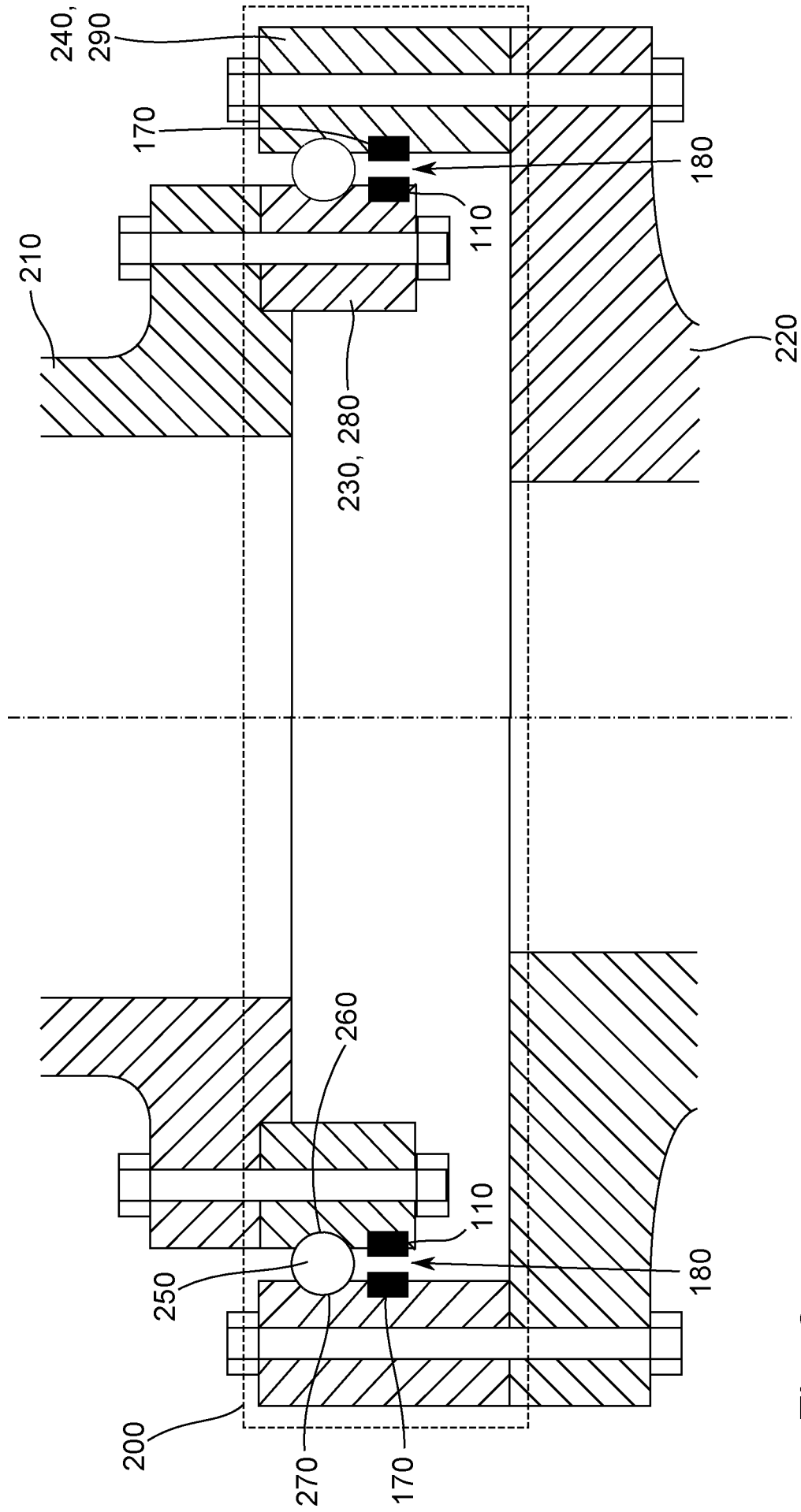


Fig. 2

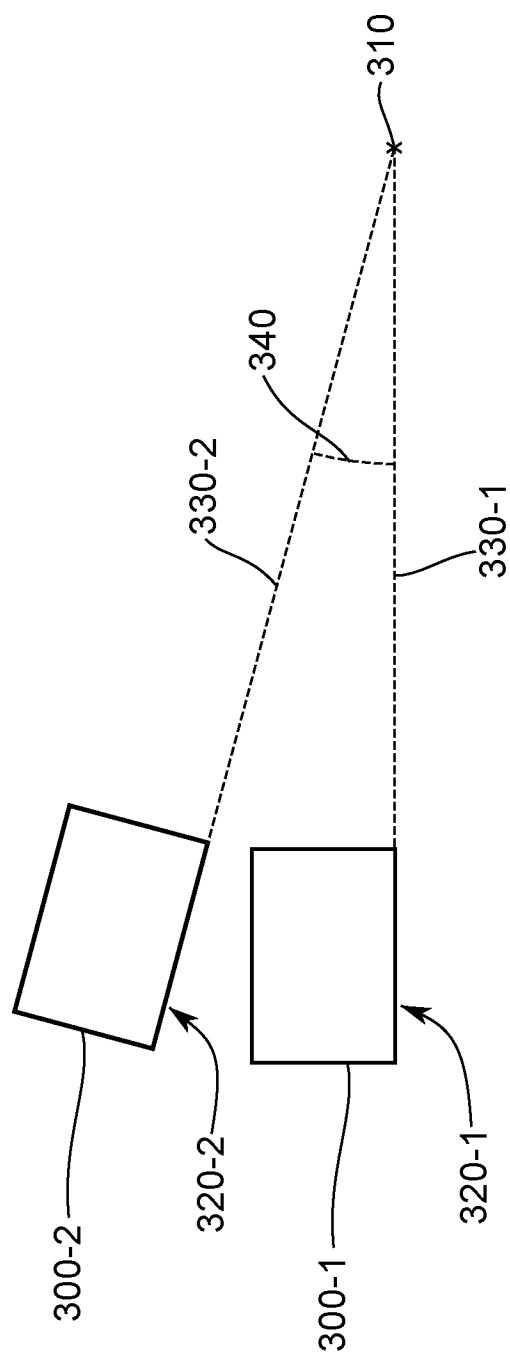


Fig. 3

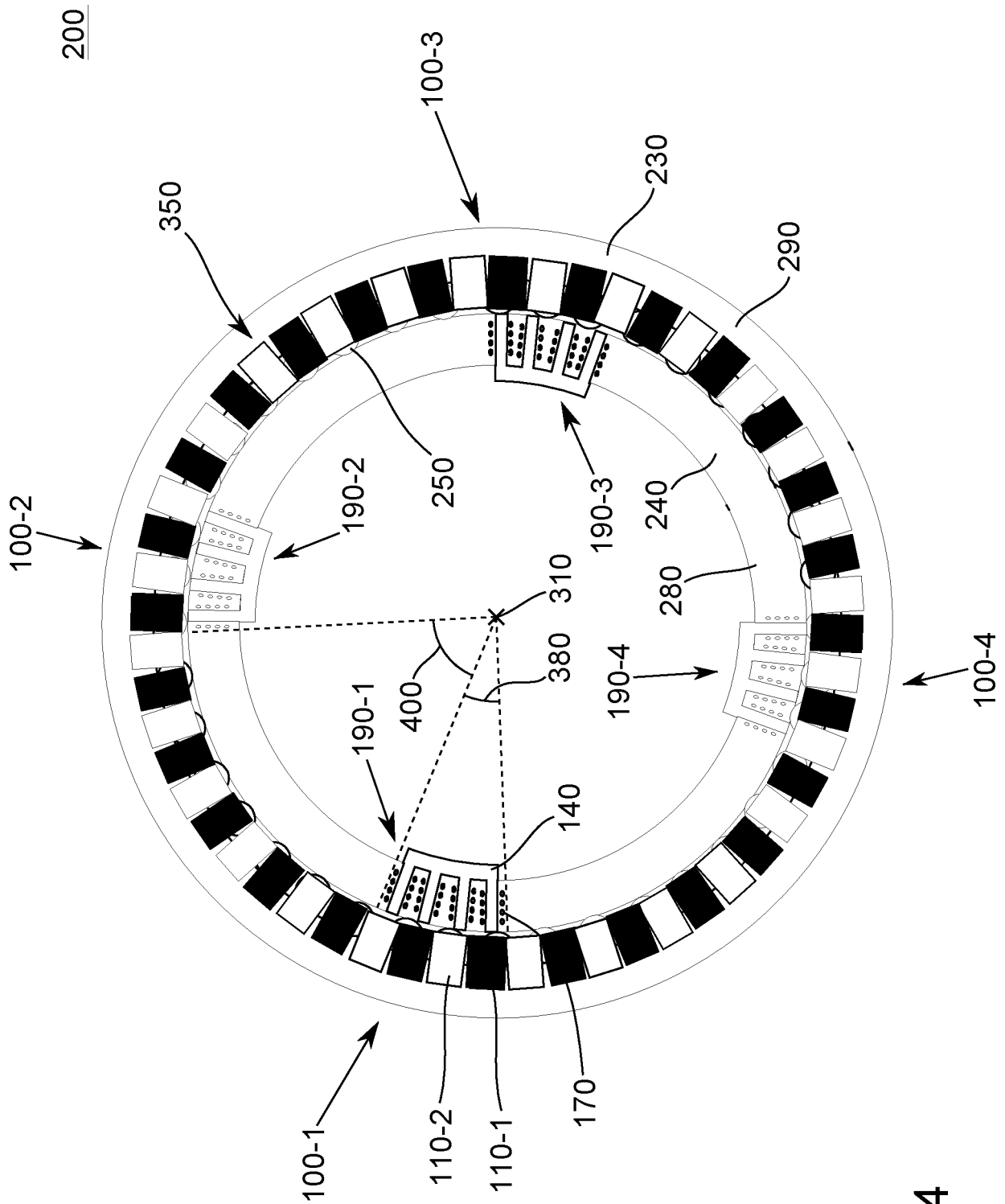


Fig. 4

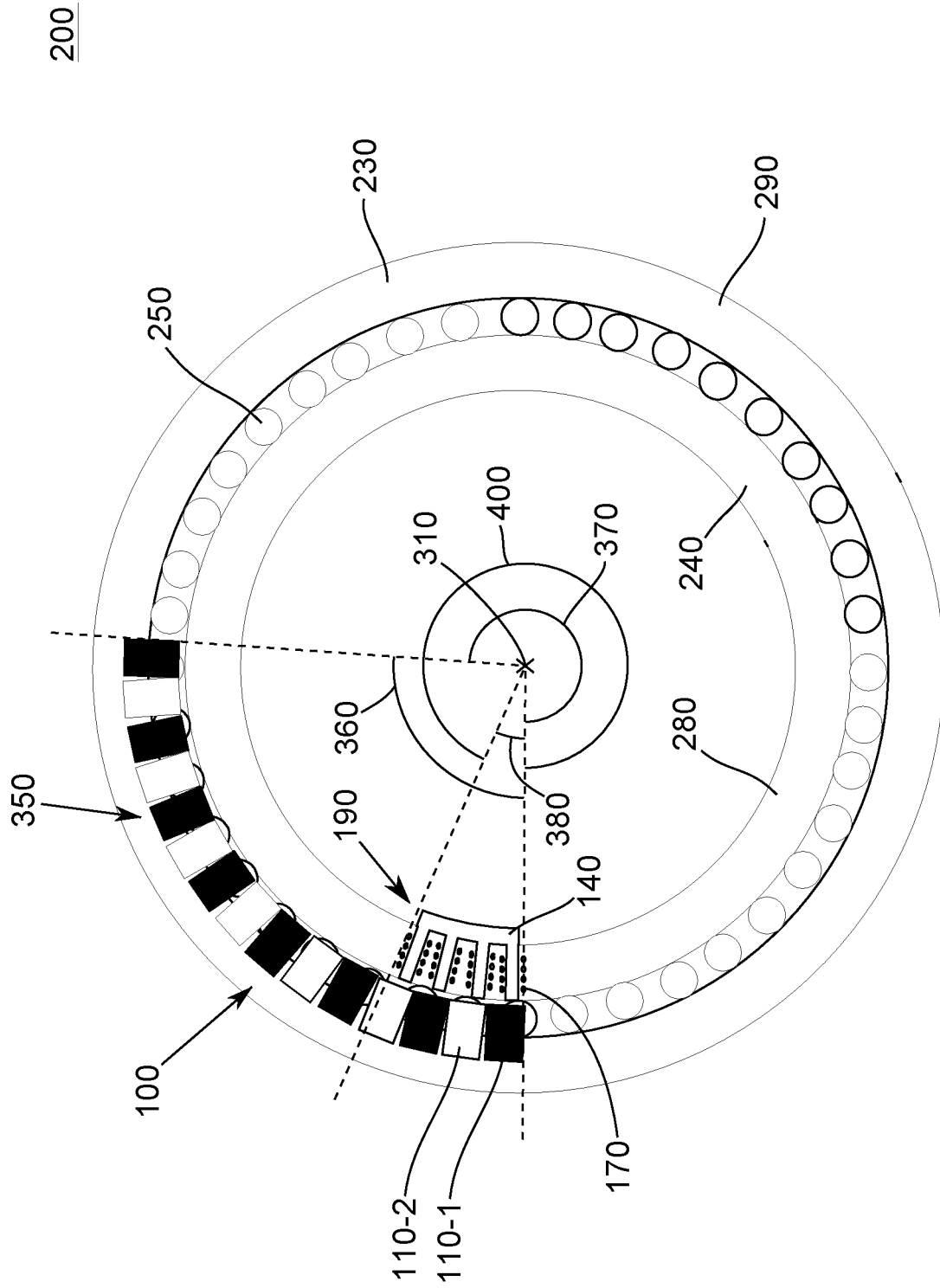


Fig. 5

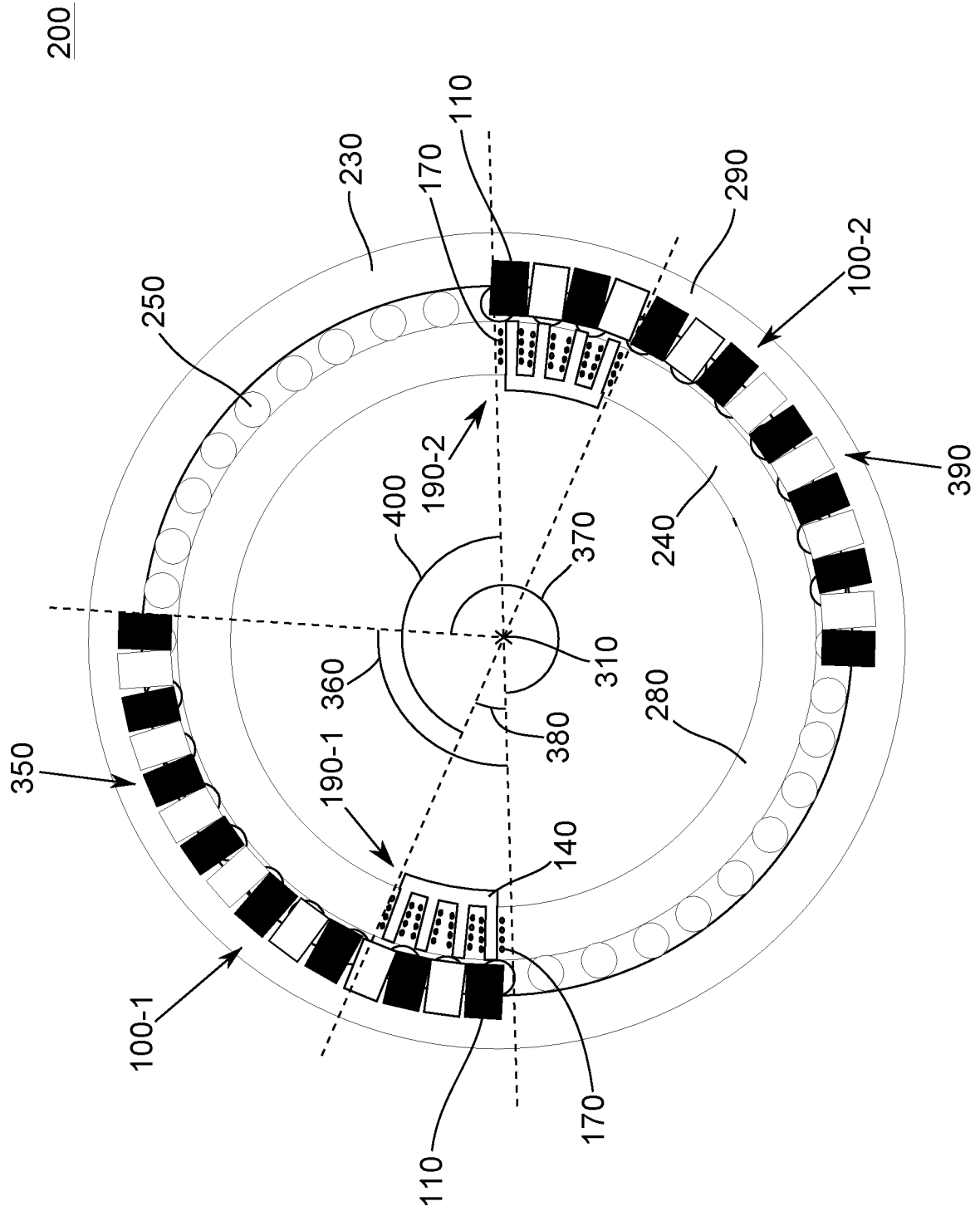


Fig. 6