



(10) **DE 10 2016 213 591 B3** 2017.05.18

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 213 591.0**  
(22) Anmeldetag: **25.07.2016**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **18.05.2017**

(51) Int Cl.: **G01L 1/12 (2006.01)**  
**G01L 3/10 (2006.01)**  
**F16C 17/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074  
Herzogenaurach, DE**

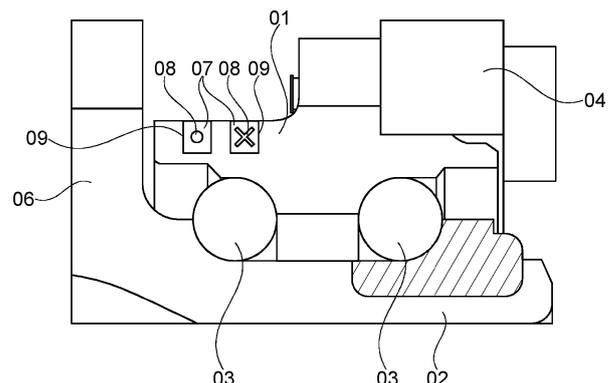
(72) Erfinder:  
**Neuschaefer-Rube, Stephan, 91074  
Herzogenaurach, DE; Glück, Stefan, 97424  
Schweinfurt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2015 202 240</b>	<b>B3</b>
<b>DE</b>	<b>10 2011 078 819</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>692 22 588</b>	<b>T2</b>
<b>US</b>	<b>6 490 934</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>7 308 835</b>	<b>B2</b>
<b>EP</b>	<b>0 803 053</b>	<b>B1</b>
<b>EP</b>	<b>2 365 927</b>	<b>B1</b>
<b>EP</b>	<b>2 799 827</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Lageranordnung mit Messanordnung zum Messen einer Kraft und/oder eines Momentes**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lageranordnung mit einem ersten Lagerring (01) und mit einem gegenüber dem ersten Lagerring (01) um eine Achse rotierbaren zweiten Lagerring (02). Die Lageranordnung umfasst eine Messanordnung (07, 08) zur Messung einer auf den ersten Lagerring (01) wirkenden Kraft und/oder eines auf den ersten Lagerring (01) wirkenden Momentes. Die Messanordnung (07, 08) umfasst mindestens einen Ring (07) aus einem magnetostruktiven Material. Der eine Ring (07) bzw. die mehreren Ringe (07) sitzen auf dem ersten Lagerring (01) und weisen mindestens eine um die Achse umlaufende Permanentmagnetisierung (08) auf. Die Messanordnung (07, 08) umfasst weiterhin mindestens vier Magnetfeldsensoren, die gegenüber der mindestens einen umlaufenden Permanentmagnetisierung (08) angeordnet und zur Messung eines durch die jeweilige umlaufende Permanentmagnetisierung (08) und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet sind. Somit beruht die Messanordnung (07, 08) auf dem invers-magnetostruktiven Effekt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Lageranordnung mit einem ersten Lagerring und mit einem gegenüber dem ersten Lagerring um eine Achse rotierbaren zweiten Lagerring. Die Lageranordnung umfasst eine Messanordnung zur Messung einer auf den ersten Lagerring wirkenden Kraft und/oder eines auf den ersten Lagerring wirkenden Momentes.

**[0002]** Die EP 2 365 927 B1 zeigt ein Tretlager mit zwei Tretkurbeln und mit einem Kettenblattträger, der mit einer Welle des Tretlagers verbunden ist. Der Kettenblattträger ist drehfest mit einer Kettenblattwelle verbunden, die wiederum drehfest mit der Welle verbunden ist. Die Kettenblattwelle weist abschnittsweise eine Magnetisierung auf. Es ist ein Sensor vorgesehen, der eine Änderung der Magnetisierung bei einem im Bereich der Magnetisierung vorliegenden Drehmoment erfasst.

**[0003]** Die US 6,490,934 B2 lehrt einen magnetoelastischen Drehmomentsensor zur Messung eines Drehmomentes, welches auf ein Element mit einem ferromagnetischen, magnetostriktiven und magnetoelastisch aktiven Bereich wirkt. Dieser Bereich ist in einem Messwandler ausgebildet, der als eine zylindrische Hülse beispielsweise auf einer Welle sitzt. Der Drehmomentsensor steht dem Messwandler gegenüber.

**[0004]** Aus der EP 0 803 053 B1 ist ein Drehmomentsensor bekannt, der einen magnetoelastischen Messwandler umfasst. Der Messwandler sitzt als eine zylindrische Hülse auf einer Welle.

**[0005]** Aus der DE 692 22 588 T2 ist ein ringförmig magnetisierter Drehmomentsensor bekannt.

**[0006]** Die US 7,308,835 B2 zeigt einen Drehmomentsensor mit einem magnetoelastischen Ring, welcher drei umlaufende Magnetisierungsbereiche aufweist, welche entgegengesetzte Polaritäten besitzen.

**[0007]** Aus der EP 2 799 827 A1 ist ein magnetoelastischer Drehmomentsensor bekannt, bei welchem Magnetfeldsensoren im Innenraum einer Hohlwelle angeordnet sind. Die Hohlwelle weist umlaufende Magnetisierungen mit entgegengesetzten Polaritäten auf.

**[0008]** Die DE 10 2011 078 819 A1 zeigt einen geteilten Wankstabilisator mit einem Sensor zur Ermittlung eines im Wankstabilisators wirkenden Drehmomentes. Der Sensor umfasst einen magnetisch kodierten Primärsensor, der aus einer auf dem Wankstabilisator sitzenden Hülse gebildet sein kann. Alternativ kann der magnetisch kodierte Primärsensor durch eine Hülse gebildet sein, die in einen Hohlraum

eines hohlen Flansches des Wankstabilisators eingebracht ist.

**[0009]** Aus der DE 10 2015 202 240 B3 ist eine Anordnung zum Messen einer auf ein Maschinenelement wirkenden Kraft und/oder eines auf ein Maschinenelement wirkenden Momentes unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes bekannt. Das Maschinenelement weist mindestens zwei sich umfänglich erstreckende Magnetisierungsbereiche mit dazwischen befindlichen magnetisch neutralen Bereichen auf. Die Anordnung umfasst mindestens drei Magnetfeldsensoren, welche jeweils zur Messung einer Richtungskomponente eines durch die Magnetisierung sowie durch die Kraft bzw. das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet sind.

**[0010]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend vom Stand der Technik darin, das Messen von Kräften und Momenten an einer Lageranordnung genauer vornehmen zu können, wofür insbesondere die Wirkung von magnetischen Störfeldern zu minimieren ist und eine Unterscheidung von unterschiedlich ausgerichteten Kräften und Momenten zu ermöglichen ist.

**[0011]** Die genannte Aufgabe wird gelöst durch eine Lageranordnung gemäß dem beigefügten Anspruch 1.

**[0012]** Die erfindungsgemäße Lageranordnung dient primär zum rotativen Lagern eines rotierenden Maschinenelementes gegenüber einem weiteren Maschinenelement. Hierfür umfasst die Lageranordnung einen ersten Lagerring und einen gegenüber dem ersten Lagerring um eine Achse rotierbaren zweiten Lagerring. Insoweit stellt die erfindungsgemäße Lageranordnung ein rotatives Lager dar. Auf die Lageranordnung, insbesondere auf den ersten Lagerring, wirkt mindestens eine Kraft und/oder mindestens ein Moment. Die Kraft bzw. das Moment wirkt auf den ersten Lagerring, wodurch es zu mechanischen Spannungen kommt und sich der erste Lagerring zu meist geringfügig verformt.

**[0013]** Die erfindungsgemäße Lageranordnung umfasst weiterhin eine Messanordnung zur Messung der auf den ersten Lagerring wirkenden Kraft und/oder des auf den ersten Lagerring wirkenden Momentes. Die auf den ersten Lagerring wirkende Kraft bzw. das auf den ersten Lagerring wirkende Moment kann unmittelbar oder mittelbar auf den ersten Lagerring wirken.

**[0014]** Die Messanordnung umfasst mindestens einen Ring aus einem magnetostriktiven Material. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe sitzen auf dem ersten Lagerring. Die Achse der Lageranordnung stellt auch jeweils eine Achse der Ringe dar; d. h. dass der Ring bzw. die Ringe und die Lagerringe koaxial

zueinander angeordnet sind. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe weisen in ihrer Gesamtheit mindestens eine um die Achse umlaufende Permanentmagnetisierung auf. Sind mehrere der umlaufenden Permanentmagnetisierungen vorhanden, so sind diese in der axialen Richtung benachbart. Die umlaufenden Permanentmagnetisierungen sind abgesehen von ihrem Umlaufsinn bevorzugt gleich ausgebildet. Die Achse der Lagerordnung stellt auch jeweils eine Achse der einen umlaufenden Permanentmagnetisierung bzw. der mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen dar. Die eine umlaufende Permanentmagnetisierung bzw. die mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen sind jeweils um die Achse herum geschlossen. Die eine umlaufende Permanentmagnetisierung bzw. die mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen erstrecken sich bevorzugt jeweils auf einer kreisförmigen Bahn. Die eine umlaufende Permanentmagnetisierung bzw. die mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen können jeweils auch als eine Spur entlang einer kreisförmigen Bahn im jeweiligen Ring angesehen werden.

**[0015]** Die Messanordnung umfasst weiterhin mindestens vier Magnetfeldsensoren. Die Magnetfeldsensoren sind jeweils gegenüber der einen umlaufenden Permanentmagnetisierung bzw. gegenüber einer der mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen angeordnet, d. h. in der Nähe der jeweiligen Permanentmagnetisierung, aber beabstandet zu der jeweiligen Permanentmagnetisierung. Die Beabstandung führt zu einem Abstand in der radialen Richtung, in der tangentialen Richtung und/oder in der axialen Richtung. Die Magnetfeldsensoren sind jeweils gegenüber der einen umlaufenden Permanentmagnetisierung bzw. gegenüber den einzelnen umlaufenden Permanentmagnetisierungen angeordnet. Somit sind die Magnetfeldsensoren gegenüber der einen umlaufenden Permanentmagnetisierung bzw. gegenüber der einzelnen umlaufenden Permanentmagnetisierungen angeordnet und zur Messung eines durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet. Die Messanordnung beruht somit auf dem invers-magnetostriktiven Effekt. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe bilden einen Primärsensor innerhalb der Messanordnung und stellen daher jeweils einen Messring dar. Hierfür sitzt der eine Ring bzw. sitzen die mehreren Ringe auf dem ersten Lagerring, sodass die auf den ersten Lagerring wirkende Kraft und/oder das auf den ersten Lagerring wirkende Moment auch zu Spannungen in dem einen Ring bzw. in den mehreren Ringen führt. Die mechanischen Spannungen im Ring bzw. in den Ringen führen gemeinsam mit der jeweiligen Permanentmagnetisierung aufgrund des invers-magnetostriktiven Effektes zu einem Magnetfeld, welches außerhalb des Ringes bzw. der Ringe messbar ist. Die Magnetfeldsensoren sind zur Messung des durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch

die Kraft bewirkten Magnetfeldes bzw. des durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet. Folglich bilden die Magnetfeldsensoren einen Sekundärsensor innerhalb der auf dem invers-magnetostriktiven Effekt beruhenden Messanordnung. Der Primärsensor, d. h. der eine Ring bzw. die mehreren Ringe mit der mindestens einen umlaufenden Permanentmagnetisierung dient zur Wandlung der zu messenden Kraft bzw. des zu messenden Momentes in ein entsprechendes Magnetfeld, während der Sekundärsensor die Wandlung dieses Magnetfeldes in ein elektrisches Signal ermöglicht. Die Magnetfeldsensoren sind zumindest jeweils zur Messung einer Richtungskomponente des bewirkten Magnetfeldes ausgebildet.

**[0016]** Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Lageranordnung besteht darin, dass durch die Verwendung des mindestens einen auf dem ersten Lagerring sitzenden Ringes mit der mindestens einen umlaufenden Permanentmagnetisierung in Kombination mit den mindestens vier Magnetfeldsensoren eine genaue Messung der auf die Lageranordnung wirkenden Kräfte und Momente ermöglicht ist. Die Wirkung von Störfeldern, wie z. B. dem Erdmagnetfeld, kann kompensiert werden. Unterschiedlich ausgerichtete Kräfte und Momente können bei der Messung unterschieden werden.

**[0017]** Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe mit der einen umlaufenden Permanentmagnetisierung bzw. mit den mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen sind jeweils in einem von einer Kraft bzw. von einem Moment unbelasteten Zustand nach außerhalb des jeweiligen Ringes bevorzugt magnetisch neutral, sodass kein technisch relevantes Magnetfeld außerhalb des jeweiligen Ringes messbar ist.

**[0018]** Die eine umlaufende Permanentmagnetisierung bzw. die mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen sind bevorzugt umlaufend um die Achse ausgerichtet, sodass sie in tangentialer Richtung ausgebildet sind.

**[0019]** Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe sind bevorzugt jeweils kreisringförmig. Bei besonderen Ausführungsformen können der eine Ring bzw. die mehreren Ringe beispielsweise auch ellipsenförmig oder ovalförmig sein.

**[0020]** Die eine umlaufende Permanentmagnetisierung bzw. die mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen erstrecken sich bevorzugt jeweils kreisringförmig. Bei besonderen Ausführungsformen kann sich die eine umlaufende Permanentmagnetisierung bzw. können sich die mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen beispielsweise auch ellipsenförmig oder ovalförmig erstrecken.

**[0021]** Bei einer ersten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung umfasst die Messanordnung den genau einen Ring, welcher die genau eine um die Achse umlaufende Permanentmagnetisierung aufweist. Mindestens vier der Magnetfeldsensoren besitzen in ihrer axialen Position einen Versatz zu der axialen Position der umlaufenden Permanentmagnetisierung. Bevorzugt sind auf beiden Seiten der axialen Position der umlaufenden Permanentmagnetisierung jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren angeordnet, deren axialer Versatz vom Betrag gleich ist.

**[0022]** Bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung weist der eine Ring bzw. weisen die mehreren Ringe in ihrer Gesamtheit mindestens zwei der um die Achse umlaufenden Permanentmagnetisierungen auf, die einen entgegengesetzten Umlaufsinn ihrer Magnetisierungen besitzen, d. h. gegenläufig sind. Es sind jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren gegenüber den einzelnen umlaufenden Permanentmagnetisierungen angeordnet. Somit sind jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren gegenüber jeder der umlaufenden Permanentmagnetisierungen angeordnet und zur Messung eines durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet.

**[0023]** Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe weisen in ihrer Gesamtheit besonders bevorzugt mindestens drei der um die Achse umlaufenden Permanentmagnetisierungen auf, wobei der Umlaufsinn zwischen axial benachbarten der umlaufenden Permanentmagnetisierungen jeweils wechselt.

**[0024]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung sind die Magnetfeldsensoren jeweils zur Messung mindestens einer einzelnen Richtungskomponente des durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet.

**[0025]** Die mit den Magnetfeldsensoren jeweils messbare Richtungskomponente bzw. die mit den Magnetfeldsensoren jeweils messbaren Richtungskomponenten sind bevorzugt aus der folgenden Gruppe von Richtungen ausgewählt: eine Richtung parallel zur Achse, d. h. eine axiale Richtung; eine Richtung radial zur Achse, d. h. eine radiale Richtung und eine Richtung tangential zur Achse, d. h. eine tangentiale Richtung.

**[0026]** Insofern einer oder mehrere der Magnetfeldsensoren jeweils zur Messung von zwei oder drei einzelnen Richtungskomponenten ausgebildet sind, so stehen diese Richtungskomponenten bevorzugt senkrecht aufeinander. Die axiale Richtung, die ra-

diale Richtung und die tangentiale Richtung stehen senkrecht aufeinander.

**[0027]** Bei besonders bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung sind gegenüber jeder der umlaufenden Permanentmagnetisierungen zumindest zwei der Magnetfeldsensoren angeordnet, die bezogen auf die Achse um  $180^\circ$  versetzt sind. Eine die beiden Magnetfeldsensoren verbindende Gerade schneidet die Achse in einem rechten Winkel. Die beiden um  $180^\circ$  versetzten Magnetfeldsensoren sind jeweils zur Messung mindestens einer einzelnen Richtungskomponente des durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet. Die mit dem ersten der beiden Magnetfeldsensoren messbare Richtungskomponente und die mit dem zweiten der beiden Magnetfeldsensoren messbare Richtungskomponente sind bevorzugt parallel ausgerichtet.

**[0028]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung sind die Magnetfeldsensoren radial beabstandet zu der jeweiligen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet. Dabei sind die Magnetfeldsensoren bevorzugt radial außen gegenüber der jeweiligen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet.

**[0029]** Die Magnetfeldsensoren weisen bevorzugt einen gleichen Abstand zur Achse auf. Somit weisen die Magnetfeldsensoren einen gleichen radialen Abstand zur jeweiligen Permanentmagnetisierung auf.

**[0030]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung weisen mehrere oder sämtliche der Magnetfeldsensoren eine gleiche axiale Position wie die zugehörige umlaufende Permanentmagnetisierung auf. Bevorzugt weisen jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren eine gleiche axiale Position wie die zugehörige umlaufende Permanentmagnetisierung auf.

**[0031]** Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung weisen zumindest mehrere der Magnetfeldsensoren einen Versatz zu der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung auf. Bevorzugt weisen jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren eine gleiche axiale Position wie die zugehörige umlaufende Permanentmagnetisierung auf, während jeweils mindestens zwei weitere der Magnetfeldsensoren einen Versatz zu der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung aufweisen.

**[0032]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung sind jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren mit dem axialen Versatz auf beiden Seiten der axialen Positi-

on der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet.

**[0033]** Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung sind jeweils vier der Magnetfeldsensoren an der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet, die gleichverteilt um die Achse angeordnet sind, sodass sie bezogen auf die Achse paarweise einen rechten Winkel zueinander aufweisen. Diese Magnetfeldsensoren sind jeweils zur einzelnen Messung der radialen Richtungskomponente, der axialen Richtungskomponente und der tangentialen Richtungskomponente des durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet. Weiterhin sind bevorzugt jeweils vier der Magnetfeldsensoren mit dem axialen Versatz auf beiden Seiten der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet. Diese jeweils vier Magnetfeldsensoren weisen gleiche tangentiale und radiale Positionen wie die vier an der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordneten Magnetfeldsensoren auf. Die mit dem axialen Versatz angeordneten Magnetfeldsensoren sind jeweils zur einzelnen Messung der radialen Richtungskomponente des durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet. Einzelne der beschriebenen Anordnungspositionen der einzelnen Magnetfeldsensoren können aber auch unbesetzt sein, sodass beispielsweise an der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung oder an der den axialen Versatz aufweisenden Position nur zwei oder drei der vier beschriebenen Magnetfeldsensoren vorhanden sind.

**[0034]** Bei einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung sind jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren an der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet, die paarweise symmetrisch in Bezug auf eine die Achse senkrecht schneidende Symmetriegerade angeordnet sind. Die paarig symmetrisch angeordneten Magnetfeldsensoren weisen einen vom Betrag gleichen Winkel zu der Symmetriegerade auf. Die Magnetfeldsensoren sind jeweils zur einzelnen Messung der radialen Richtungskomponente, der axialen Richtungskomponente und/oder der tangentialen Richtungskomponente des durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet. Bevorzugt sind jeweils mindestens vier der Magnetfeldsensoren an der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet, die paarweise symmetrisch in Bezug auf die Symmetriegerade angeordnet sind. Weiterhin sind

bevorzugt jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren mit dem axialen Versatz auf beiden Seiten der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet. Diese jeweils zwei Magnetfeldsensoren weisen gleiche tangentiale und radiale Positionen wie die mindestens zwei an der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordneten Magnetfeldsensoren auf. Die mit dem axialen Versatz angeordneten Magnetfeldsensoren sind jeweils zur einzelnen Messung der radialen Richtungskomponente des durch die jeweilige Permanentmagnetisierung und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet. Einzelne der beschriebenen Anordnungspositionen der einzelnen Magnetfeldsensoren können aber auch unbesetzt sein.

**[0035]** Bei alternativ bevorzugten Ausführungsformen sind weniger oder mehr als vier der Magnetfeldsensoren an der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung und/oder mit dem axialen Versatz auf einer oder beiden Seiten der axialen Position der zugehörigen umlaufenden Permanentmagnetisierung angeordnet. Diese jeweils weniger oder mehr als vier Magnetfeldsensoren weisen bezogen auf die Achse paarweise einen Winkel zueinander auf, der von einem rechten Winkel oder von einem gestreckten Winkel abweicht.

**[0036]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung umfasst die Messanordnung mindestens zwei der Ringe, wobei jeder der Ringe eine der umlaufenden Permanentmagnetisierungen aufweist. Die Ringe sind bevorzugt jeweils vollständig durch die jeweilige umlaufende Permanentmagnetisierung magnetisiert. Die mehreren Ringe sind bevorzugt gleich ausgebildet.

**[0037]** Bei alternativ bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung umfasst die Messanordnung genau den einen Ring, welcher die mehreren umlaufenden Permanentmagnetisierungen aufweist. Sämtliche der umlaufenden Permanentmagnetisierungen sind in dem einen Ring ausgebildet. Die umlaufenden Permanentmagnetisierungen weisen bevorzugt einen axialen Abstand auf, sodass axial zwischen den umlaufenden Permanentmagnetisierungen nichtmagnetisierte Bereiche im Ring vorhanden sind.

**[0038]** Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe weisen in ihrer Umlaufrichtung bevorzugt jeweils einen rechteckförmigen oder trapezförmigen Querschnitt auf. Dieser Querschnitt liegt in einer Ebene, welche auch die Achse der Lageranordnung umfasst.

**[0039]** Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe sitzen bevorzugt jeweils in einer im ersten Lagerring ausgebildeten umlaufenden Vertiefung. Entsprechend

weist der erste Lagerring für jeden der Ringe eine der Vertiefungen auf. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe schließen bevorzugt jeweils mit der zugehörigen Vertiefung bündig ab, sodass die Vertiefung bzw. die Vertiefungen vollständig ausgefüllt sind. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe können aber auch aus der zugehörigen Vertiefung herausragen.

**[0040]** Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe sitzen alternativ bevorzugt jeweils auf einer Zylindermantelfläche des ersten Lagerrings.

**[0041]** Die umlaufende Vertiefung bzw. die umlaufenden Vertiefungen erstrecken sich bevorzugt jeweils kreisringförmig. Die umlaufende Vertiefung bzw. die umlaufenden Vertiefungen weisen in ihrer Umlaufrichtung bevorzugt jeweils einen rechteckförmigen oder trapezförmigen Querschnitt auf. Dieser Querschnitt liegt in der Ebene, welche auch die Achse der umlaufenden Vertiefung und der Lageranordnung umfasst. Die umlaufende Vertiefung gewährleistet einen sicheren Sitz des jeweiligen Ringes und eine sichere Übertragung der zu messenden Kraft bzw. des zu messenden Momentes auf den jeweiligen Ring.

**[0042]** Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe sitzen bevorzugt jeweils fest auf dem ersten Lagerring. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe sitzen bevorzugt jeweils kraftschlüssig auf dem ersten Lagerring. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe sind bevorzugt jeweils stoffschlüssig mit dem ersten Lagerring verbunden. Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist der eine Ring bzw. sind die mehreren Ringe jeweils als ein integrativer Bestandteil des ersten Lagerrings ausgebildet.

**[0043]** Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe weisen bevorzugt eine hohe Magnetostriktivität auf. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe bestehen bevorzugt aus einem magnetoelastischen Material. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe bestehen bevorzugt aus einem ferromagnetischen Material. Der eine Ring bzw. die mehreren Ringe bestehen bevorzugt aus einem Stahl, besonders bevorzugt aus einem Werkzeugstahl.

**[0044]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung ist der erste Lagerring durch einen Außenring der Lageranordnung gebildet, während der zweite Lagerring durch einen Innenring der Lageranordnung gebildet ist. Alternativ bevorzugt ist der erste Lagerring durch einen Innenring der Lageranordnung gebildet, während der zweite Lagerring durch einen Außenring der Lageranordnung gebildet ist.

**[0045]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung ruht der erste Lagerring, während der zweite Lagerring zum Rotieren

gegenüber dem ersten Lagerring ausgebildet ist. Alternativ oder ergänzend kann auch der erste Lagerring zum Rotieren ausgebildet sein.

**[0046]** Der erste Lagerring und der zweite Lagerring bestehen bevorzugt aus einem Stahl; besonders bevorzugt aus einem Wälzlagerstahl.

**[0047]** Die Magnetfeldsensoren sind bevorzugt an dem ruhenden der beiden Lagerringe befestigt. Die Magnetfeldsensoren sind alternativ bevorzugt an einem den ruhenden der beiden Lagerringe tragenden Maschinenelement befestigt. Die Magnetfeldsensoren sind besonders bevorzugt an dem ersten Lagerring befestigt. Die Magnetfeldsensoren sind alternativ besonders bevorzugt an einem den ruhenden ersten Lagerring tragenden Maschinenelement befestigt.

**[0048]** Der Magnetfeldsensoren sind bevorzugt jeweils durch eine Förstersonde, durch ein Fluxgate-Magnetometer, durch einen Hall-Sensor, durch eine Spule oder durch einen Halbleitersensor gebildet. Grundsätzlich kann auch ein anderer Sensortyp verwendet werden, insofern er zur Messung des durch den invers-magnetostriktiven Effekt hervorgerufenen magnetischen Feldes geeignet ist.

**[0049]** Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Lageranordnung umfassen weiterhin Wälzkörper, die zwischen dem ersten Lagerring und dem zweiten Lagerring angeordnet sind. Somit handelt es sich bei dem durch den ersten Lagerring, den zweiten Lagerring und die Wälzkörper gebildeten Lager um ein Wälzlager.

**[0050]** Die erfindungsgemäße Lageranordnung ist bevorzugt zur Lagerung eines Rades eines Fahrzeuges ausgebildet. Hierzu ist der erste Lagerring oder der zweite Lagerring bevorzugt einstückig mit einer Radnabe ausgebildet. Bevorzugt ist der als Innenring ausgebildete zweite Lagerring einstückig mit der Radnabe ausgebildet.

**[0051]** Grundsätzlich ist die erfindungsgemäße Lageranordnung für eine beliebige Lageranwendung auch außerhalb der Fahrzeugtechnik geeignet.

**[0052]** Weitere Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

**[0053]** Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lageranordnung;

**[0054]** Fig. 2 eine Querschnittsansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung; und

**[0055]** Fig. 3 zeigt zwei Ansichten einer dritten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung.

**[0056]** Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht einer ersten bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lageranordnung in Form eines Radlagers für ein Fahrzeug. Die Lageranordnung umfasst einen Außenring **01** und einen Innenring **02**, zwischen denen Wälzkörper **03** in Form von Kugeln angeordnet sind. Somit handelt es sich bei der gezeigten Ausführungsform der Lageranordnung um ein rotatives Wälzlager. Der Außenring **01** der als Radlager ausgebildeten Lageranordnung ist an einem Radträger **04** befestigt. Der Innenring **02** der als Radlager ausgebildeten Lageranordnung ist einstückig mit einer Radnabe **06** ausgebildet.

**[0057]** Auf den Außenring **01** sind zwei Messringe **07** aus einem magnetostruktiven Werkzeugstahl aufgespannt. Die Messringe **07** weisen gleiche geometrische Abmessungen und einen axialen Abstand zueinander auf. Die Messringe **07** weisen jeweils einen rechteckförmigen Querschnitt auf.

**[0058]** Die Messringe **07** weisen jeweils eine umlaufende Permanentmagnetisierung **08** auf, die durch einen Pfeil bzw. durch eine Pfeilspitze verbildlicht ist. Die umlaufenden Permanentmagnetisierungen **08** folgen der umlaufenden Form des jeweiligen Messringes **07**. Die beiden umlaufenden Permanentmagnetisierungen **08** weisen jedoch einen entgegengesetzten Umlaufsinn auf.

**[0059]** Die Messringe **07** sitzen jeweils in einer umlaufenden Vertiefung **09** im Außenring **01** und schließen bündig mit dieser ab.

**[0060]** Radial beabstandet zu jedem der beiden Messringe **07** sind Magnetfeldsensoren **11** (gezeigt in Fig. 3) angeordnet.

**[0061]** Fig. 2 zeigt eine Querschnittsansicht einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung. Diese Ausführungsform gleicht zunächst der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform. Im Unterschied zu der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform weist die Lageranordnung nur einen der Messringe **07** auf, der jedoch in axialer Richtung länger ausgeführt ist und in welchem beide der umlaufenden Permanentmagnetisierungen **08** ausgebildet sind.

**[0062]** Fig. 3 zeigt zwei Ansichten einer dritten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lageranordnung. Der linke Teil der Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht. Der rechte Teil der Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht.

**[0063]** Der Lageraußenring **01** ist mit nur einem der beiden Messringe **07** dargestellt, während der weitere vorhandene Messring nicht gezeigt ist. Radial beabstandet zu dem gezeigten Messring **07** sind die zwölf Magnetfeldsensoren **11** angeordnet, wobei die Darstellung der zwölf Magnetfeldsensoren **11** exemplarisch ist und insbesondere lediglich Anordnungspositionen der Magnetfeldsensoren **11** und die mit den Magnetfeldsensoren **11** messbaren Richtungskomponenten verbildlichen soll. Es wird bevorzugt nur eine Auswahl von mindestens vier der zwölf Magnetfeldsensoren **11** tatsächlich verwendet. Zu dem in Fig. 3 nicht gezeigten Messring sind bis zu zwölf weitere der Magnetfeldsensoren in gleicher Weise wie zu dem gezeigten Messring **07** angeordnet. Die bis zu zwölf Magnetfeldsensoren **11** weisen einen gleichen Abstand zu einer Achse **12** der Lageranordnung auf.

**[0064]** Eine erste Gruppe **14** der bis zu zwölf Magnetfeldsensoren **11** umfasst bis zu vier der Magnetfeldsensoren **11**, die eine gleiche axiale Position wie der Messring **07** besitzen. Die Magnetfeldsensoren **11** der ersten Gruppe **14** sind jeweils zur einzelnen Messung von drei Richtungskomponenten eines auftretenden Magnetfeldes ausgebildet, nämlich einer axialen Richtungskomponente, einer tangentialen Richtungskomponente und einer radialen Richtungskomponente. Die Anordnungspositionen der bis zu vier Magnetfeldsensoren **11** der ersten Gruppe **14** sind gleich verteilt um die Achse **12** herum angeordnet.

**[0065]** Eine zweite Gruppe **16** der bis zu zwölf Magnetfeldsensoren **11** umfasst bis zu vier der Magnetfeldsensoren **11**, deren Positionen einen Versatz zu der axialen Position des Messringes **07** aufweisen. Die Magnetfeldsensoren **11** der zweiten Gruppe **16** sind jeweils zur einzelnen Messung einer radialen Richtungskomponente des auftretenden Magnetfeldes ausgebildet. Die Anordnungspositionen der bis zu vier Magnetfeldsensoren **11** der zweiten Gruppe **16** sind wie die Anordnungspositionen der bis zu vier Magnetfeldsensoren **11** der ersten Gruppe **14** gleich verteilt um die Achse **12** herum angeordnet.

**[0066]** Eine dritte Gruppe **17** der bis zu zwölf Magnetfeldsensoren **11** umfasst bis zu vier der Magnetfeldsensoren **11**, deren Positionen einen Versatz zu der axialen Position des Messringes **07** aufweisen, welcher entgegengesetzt zu dem Versatz der vier Magnetfeldsensoren **11** der zweiten Gruppe **16** ist. Die Magnetfeldsensoren **11** der dritten Gruppe **17** sind jeweils zur einzelnen Messung einer radialen Richtungskomponente des auftretenden Magnetfeldes ausgebildet, jedoch mit einem entgegengesetzten Richtungssinn wie die vier Magnetfeldsensoren **11** der zweiten Gruppe **16**. Die Anordnungspositionen der bis zu vier Magnetfeldsensoren **11** der dritten Gruppe **17** sind wie die Anordnungspositionen der bis

zu vier Magnetfeldsensoren **11** der ersten Gruppe **14** gleich verteilt um die Achse **12** herum angeordnet.

#### Bezugszeichenliste

<b>01</b>	Außenring
<b>02</b>	Innenring
<b>03</b>	Wälzkörper
<b>04</b>	Radträger
<b>05</b>	
<b>06</b>	Radnabe
<b>07</b>	Messring
<b>08</b>	umlaufende Permanentmagnetisierung
<b>09</b>	umlaufende Vertiefung
<b>10</b>	
<b>11</b>	Magnetfeldsensor
<b>12</b>	Achse
<b>13</b>	
<b>14</b>	erste Gruppe
<b>15</b>	
<b>16</b>	zweite Gruppe
<b>17</b>	dritte Gruppe

#### Patentansprüche

1. Lageranordnung mit einem ersten Lagerring (**01**) und mit einem gegenüber dem ersten Lagerring (**01**) um eine Achse (**12**) rotierbaren zweiten Lagerring (**02**); umfassend eine Messanordnung (**07**, **08**, **11**) zur Messung einer auf den ersten Lagerring (**01**) wirkenden Kraft und/oder eines auf den ersten Lagerring (**01**) wirkenden Momentes; wobei die Messanordnung (**07**, **08**, **11**) mindestens einen Ring (**07**) aus einem magnetostriktiven Material umfasst; wobei der eine Ring (**07**) oder die mehreren Ringe (**07**) auf dem ersten Lagerring (**01**) sitzen und mindestens eine um die Achse (**12**) umlaufende Permanentmagnetisierung (**08**) aufweisen; wobei die Messanordnung (**07**, **08**, **11**) weiterhin mindestens vier Magnetfeldsensoren (**11**) umfasst, die gegenüber der mindestens einen umlaufenden Permanentmagnetisierung (**08**) angeordnet und zur Messung eines durch die jeweilige umlaufende Permanentmagnetisierung (**08**) und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet sind.

2. Lageranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetfeldsensoren (**11**) jeweils zur Messung mindestens einer einzelnen Richtungskomponente des durch die jeweilige umlaufende Permanentmagnetisierung (**08**) und durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet sind.

3. Lageranordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messanordnung (**07**, **08**, **11**) den genau einen Ring (**07**) umfasst, welcher die genau eine um die Achse (**12**) umlaufende Permanentmagnetisierung (**08**) aufweist, wobei mindestens vier der Magnetfeldsensoren (**11**) einen Ver-

satz zu der axialen Position der umlaufenden Permanentmagnetisierung (**08**) aufweisen.

4. Lageranordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine Ring (**07**) oder die mehreren Ringe (**07**) mindestens zwei der um die Achse (**12**) umlaufenden Permanentmagnetisierungen (**08**) aufweisen, die einen entgegengesetzten Umlaufsinn besitzen, wobei jeweils mindestens zwei der Magnetfeldsensoren (**11**) gegenüber jeder der umlaufenden Permanentmagnetisierungen (**08**) angeordnet sind.

5. Lageranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest mehrere der Magnetfeldsensoren (**11**; **14**) eine gleiche axiale Position wie die jeweilige umlaufende Permanentmagnetisierung (**08**) aufweisen.

6. Lageranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest mehrere der Magnetfeldsensoren (**11**; **16**, **17**) einen Versatz zu der axialen Position der jeweiligen umlaufenden Permanentmagnetisierung (**08**) aufweisen.

7. Lageranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine Ring (**07**) oder die mehreren Ringe (**07**) jeweils in einer im ersten Lagerring (**01**) ausgebildeten umlaufenden Vertiefung (**09**) sitzen.

8. Lageranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetfeldsensoren (**11**) an dem ersten Lagerring (**01**) oder an einem den ersten Lagerring (**01**) tragenden Maschinenelement befestigt sind.

9. Lageranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Lagerring durch einen Außenring (**01**) der Lageranordnung gebildet ist, und dass der zweite Lagerring durch einen Innenring (**02**) der Lageranordnung gebildet ist.

10. Lageranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zur Lagerung eines Rades eines Fahrzeuges ausgebildet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

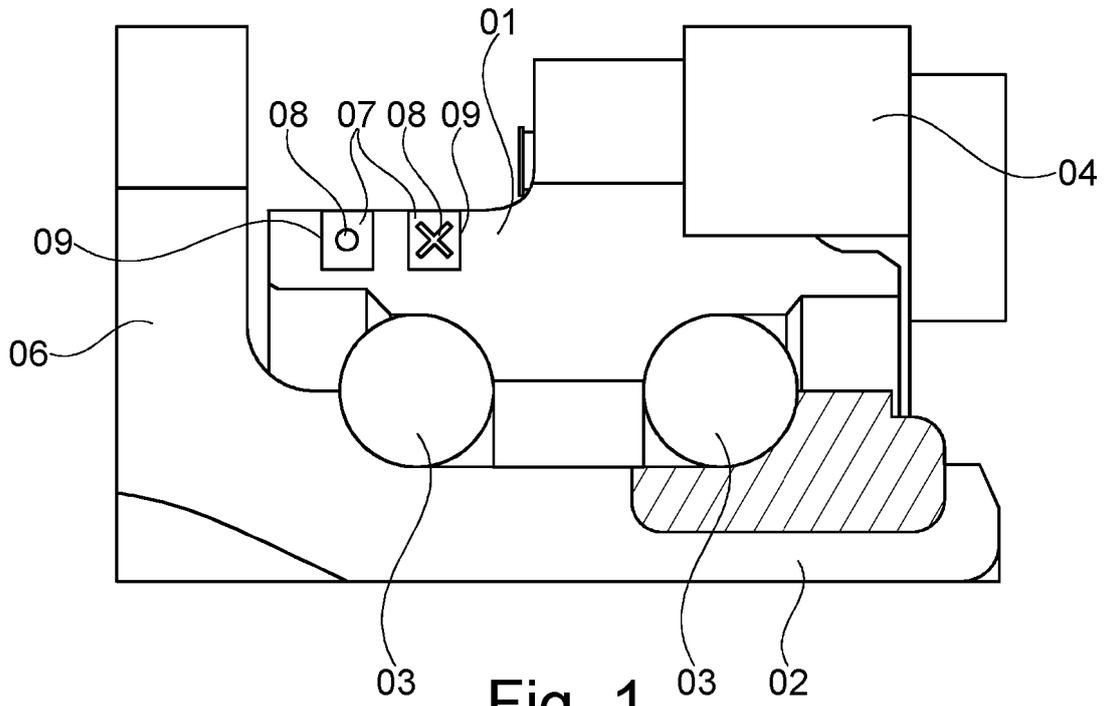


Fig. 1

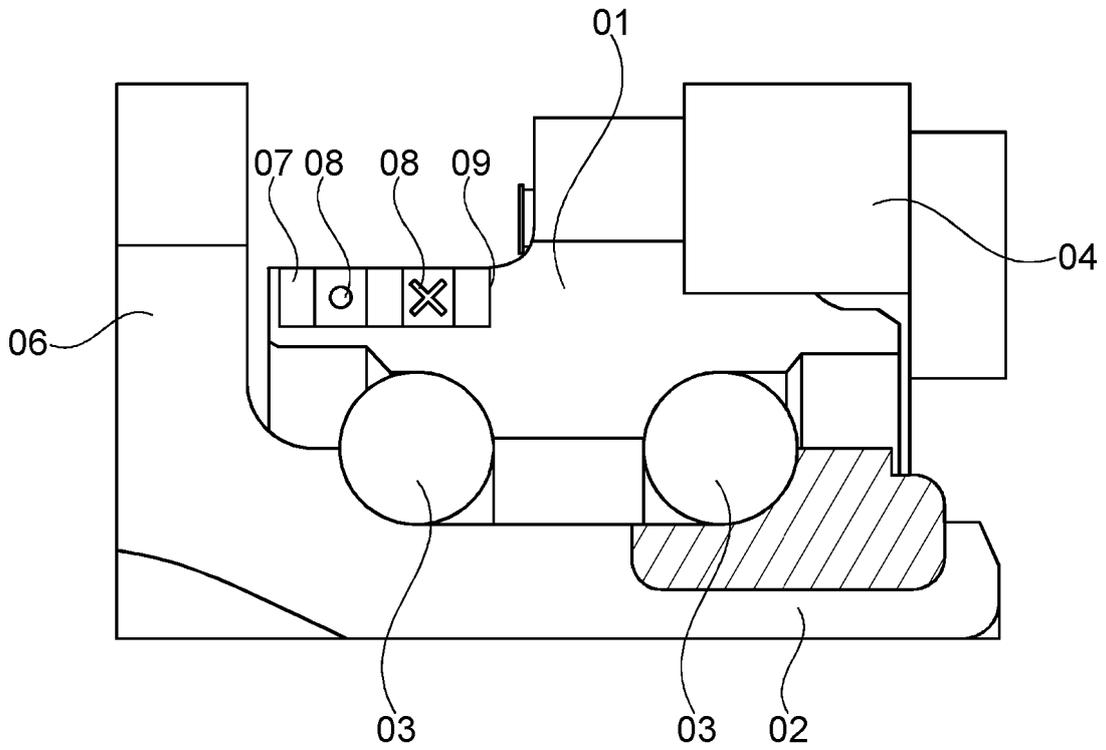


Fig. 2

