



(10) **DE 10 2013 219 761 B3** 2015.01.15

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 219 761.6**  
 (22) Anmeldetag: **30.09.2013**  
 (43) Offenlegungstag: –  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **15.01.2015**

(51) Int Cl.: **G01L 3/10 (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 GmbH & Co. KG, 91074 Herzogenaurach, DE**

(72) Erfinder:  
**Neuschaefer-Rube, Stephan, 91074 Herzogenaurach, DE**

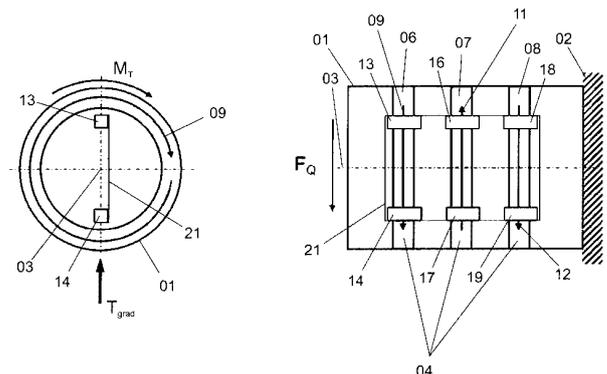
(56) Ermittelte Stand der Technik:

**DE 103 53 731 A1**  
**DE 10 2009 025 928 A1**  
**DE 10 2009 028 386 A1**  
**DE 10 2011 053 277 A1**

**DE 10 2011 078 819 A1**  
**DE 10 2011 078 821 A1**  
**DE 600 07 641 T2**  
**DE 600 08 543 T2**  
**DE 601 05 794 T2**  
**DE 603 09 678 T2**  
**DE 698 38 904 T2**  
**DE 699 36 138 T2**  
**US 2009 / 0 021 244 A1**  
**WO 2011/ 085 400 A1**

(54) Bezeichnung: **Anordnung und Verfahren zum Messen eines Drehmomentes an einem Maschinenelement sowie Wankstabilisator**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zum Messen eines Drehmomentes ( $M_T$ ) an einem sich in einer Achse (03) erstreckenden Maschinenelement (01) unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes. Im Weiteren betrifft die Erfindung einen Wankstabilisator und ein Verfahren zum Messen eines Drehmomentes ( $M_T$ ), wobei das Drehmoment ( $M_T$ ) auf ein sich in einer Achse (03) erstreckendes Maschinenelement (01) wirkt. Das Maschinenelement (01) ist zudem einer senkrecht zur Achse (03) ausgerichteten Querkraft ( $F_Q$ ) und/oder einer sich senkrecht zur Achse erstreckenden örtlichen Temperaturänderung ( $T_{grad}$ ) ausgesetzt. Das Maschinenelement (01) weist eine Permanentmagnetisierung (04) auf, welche sich umlaufend um die Achse (03) herum erstreckt. Die Anordnung umfasst mindestens einen Magnetfeldsensor (13, 14, 16, 17, 18, 19), welcher zur Messung einer sich in der Achse (03) erstreckenden Komponente eines durch die Permanentmagnetisierung (04) und durch das Drehmoment ( $M_T$ ) bewirkten Magnetfeldes ausgebildet ist. Der mindestens eine Magnetfeldsensor (13, 14, 16, 17, 18, 19) ist in einer Ebene angeordnet, welche durch die Achse (03) und durch die Richtung der Querkraft ( $F_Q$ ) und/oder der Temperaturänderung ( $T_{grad}$ ) aufgespannt ist.



### Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zum Messen eines Drehmomentes an einem sich in einer Achse erstreckenden Maschinenelement unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes. Im Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Messen eines Drehmomentes, wobei das Drehmoment auf ein sich in einer Achse erstreckendes Maschinenelement wirkt. Einen weiteren Gegenstand der Erfindung bildet ein Wankstabilisator, bei welchem das den Wankstabilisator auf Torsion beanspruchende Drehmoment messbar ist.

**[0002]** Die DE 698 38 904 T2 zeigt einen Drehmomentsensor mit kreisförmiger Magnetisierung in einem magnetoelastisch aktiven Bereich an einer einem Drehmoment ausgesetzten Welle. Mithilfe beispielsweise eines Hall-Effekt-Sensors wird das Magnetfeld in der Nähe des magnetoelastisch aktiven Bereiches gemessen.

**[0003]** Aus der DE 600 08 543 T2 ist ein Wandler-element bekannt, welches für eine Verwendung in einem Drehmoment- oder Kraftsensor vorgesehen ist. Das Wandlerelement liegt einstückig in einer Welle aus magnetisierbarem Material vor und weist eine in einer analen Richtung ausgerichtete Magnetisierung auf.

**[0004]** Die DE 600 07 641 T2 zeigt ein Wandlerelement, welches für einen Drehmoment- oder Kraftsensorwandler vorgesehen ist. Bei diesem Wandlerelement sind Magnetisierungen in einer radial inneren Region und in einer radial äußeren Region ausgebildet.

**[0005]** Aus der DE 603 09 678 T2 ist ein Verfahren zum Erfassen eines Drehmomentes in einer Welle bekannt, bei welchem Magnetfelder mit alternierender Polarität erzeugt werden, welche mit einer Sensoranordnung gemessen werden.

**[0006]** Die DE 601 05 794 T2 zeigt ein kraftempfindliches Wandlerelement mit einem Körper aus magnetischem Material, wobei in dem Körper mindestens zwei magnetisierte Bereiche ausgebildet sind, welche sich unter einem Winkel zu der Kraftübermittlungsrichtung erstrecken und entgegengesetzte Magnetisierungspolaritäten aufweisen.

**[0007]** Die DE 699 36 138 T2 zeigt einen magnetischen Kraftsensor, bei welchem ein magnetisiertes Material einem Biegemoment ausgesetzt ist, wobei mithilfe einer Sensoranordnung das äußere Magnetfeld des magnetisierten Materials bestimmbar ist.

**[0008]** Die WO 2011/085400 A1 zeigt einen magnetoelastischen Kraftsensor, mit welchem mechanische Belastungen eines Elementes messbar sind.

Das Element weist eine tangential umlaufende Magnetisierung auf und wird mit einem Biegemoment belastet. Auf einer mittleren Ebene befindet sich ein Magnetfeldsensor.

**[0009]** Aus der DE 10 2011 053 277 A1 ist ein Stabilisator mit einem integrierten Aktuator bekannt, der einen elektromechanischen Antrieb aufweist und zum Ausgleich von Fahrzeugbewegungen Anwendung findet. Der Stabilisator überträgt ein Antriebsmoment auf zwei Abtriebswellen, die jeweils mit einem zugehörigen Stabilisatorteil des Stabilisators verbunden sind, wobei zur Erfassung der Torsion zwischen einer der Abtriebswellen und dem dazugehörigen Stabilisatorteil eine erste Messanordnung in Form eines Drehmomentsensors zur Erfassung der Torsion zwischen dieser Abtriebswelle und der zugehörigen Stabilisatorhälfte angeordnet ist oder der Stabilisator eine auf Basis der inversen Magnetostriktion arbeitende zweite Messanordnung aufweist. Die zweite Messanordnung umfasst einen auf Torsion beanspruchten Bereich des Stabilisators, wobei der Bereich mit einer Magnetisierung versehen ist und in einem davon radial beabstandeten Element des Stabilisators eine Spulenanordnung zur Erfassung der Änderung der Magnetisierung des auf Torsion beanspruchten Bereiches integriert ist.

**[0010]** Die DE 10 2009 028 386 A1 lehrt eine Vorrichtung zum Variieren eines Wankwinkels einer Fahrzeugkarosserie im Bereich einer Fahrzeugachse. Bei dieser Vorrichtung ist eine torsionsmomentabhängige Drehbewegung zwischen zwei axial zueinander beabstandeten und drehfest miteinander verbundenen Abschnitten der Stabilisatoreinrichtung ermittelbar. Es erfolgt eine Differenzdrehwinkelmessung, woraus mittelbar das Torsionsmoment bestimmt wird.

**[0011]** Die US 2009/0021244 A1 zeigt einen Sensor, welcher allgemein bei einem magnetisierbaren Objekt anwendbar ist. Das magnetisierbare Objekt ist mit einer Magnetisierungsvorrichtung zu magnetisieren. Es werden beispielsweise umlaufende Magnetisierungen erzeugt, indem über Programmierungsdrähte entsprechende elektrische Signale eingeleitet werden.

**[0012]** Die DE 10 2009 025 928 A1 zeigt ein magnetisches Kodiersystem einer Welle, bei welchem ein elektrisch leitfähiges Element in der Nähe der Welle mit einem Spalt zwischen dem Element und der Welle angeordnet ist. Ein in der Nähe der Enden des elektrisch leitfähigen Elements angeordnetes Paar Elektroden ist mit der Welle elektrisch verbunden. Eine Kodierungsquelle ist mit dem ersten Ende des elektrisch leitfähigen Elements elektrisch verbunden und sendet unipolare Strompulse auf die Elektroden und auf das elektrisch leitfähige Element, um kodierte Bereiche in der Welle zu erzeugen.

**[0013]** Die DE 103 53 731 A1 lehrt eine magnetoelastische Drehmomentsensorbaugruppe zur Messung der Torsionskraft einer Welle, wie z. B. einer Kraftfahrzeuglenksäule. Um die Torsionskraft zu messen, ist die Welle mit einem ersten Elektroband mit einem magnetischen Feld in Richtung und mit einem zweiten Elektroband mit einem magnetischen Feld in entgegengesetzter Richtung versehen.

**[0014]** Die DE 10 2011 078 821 A1 und die DE 10 2011 078 819 A1 zeigen einen geteilten Wankstabilisator zum Vermeiden von Wankbewegungen eines Fahrzeugaufbaues gegenüber der Fahrbahn. Der Wankstabilisator weist ein magnetisch kodierte Anschlusssteil auf, mit welchem ein in dem Wankstabilisator wirkendes Torsionsmoment in ein magnetisches Signal umgewandelt wird. Eine Torsion des Anschlusssteiles generiert ein magnetisches Signal, das abhängig ist von dem anliegenden Torsionsmoment. Das Anschlusssteil übernimmt sowohl die Übertragung des wirkenden Torsionsmomentes zwischen dem anschließbaren Aktuator und dem angeschlossenen Stabilisatorsteil als auch die Erzeugung eines magnetischen Signals, welches abhängig ist von dem anliegenden Torsionsmoment. Die Messung erfolgt mit einem Sensor, der einen Primärsensor sowie einen Sekundärsensor umfasst. Der Primärsensor ist eine Region der Welle, die magnetisch kodiert ist. Der Sekundärsensor ist eine Anordnung von Magnetfeldsensoren, die in unmittelbarer Nähe der magnetisch kodierten Region der Welle platziert werden.

**[0015]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend von der DE 10 2011 078 821 A1 darin, den unerwünschten Einfluss von vertikal wirkenden Querkräften und sich örtlich in vertikaler Richtung erstreckenden Temperaturänderungen auf die Genauigkeit bei der Messung von Drehmomenten, beispielsweise eines einen Wankstabilisator auf Torsion beanspruchenden Drehmomentes, unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes zu verringern.

**[0016]** Die genannte Aufgabe wird gelöst durch eine Anordnung gemäß dem beigefügten Anspruch 1 und durch einen Wankstabilisator gemäß dem beigefügten nebengeordneten Anspruch 8. Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren gemäß dem beigefügten nebengeordneten Anspruch 9.

**[0017]** Die erfindungsgemäße Anordnung dient zum Messen eines Drehmomentes, welches auf ein sich in einer Achse erstreckendes Maschinenelement wirkt. Das Drehmoment wirkt auf das Maschinenelement, wodurch es zu mechanischen Spannungen kommt und sich das Maschinenelement zumeist geringfügig verformt. Das zu messende Drehmoment ist in der Achse des Maschinenelementes ausgerichtet, d. h. das Drehmoment weist eine Drehachse auf, welche mit der Achse des Maschinenelementes zusammenfällt oder zumindest parallel zu dieser ist. Die-

ses Drehmoment führt insbesondere zu einer Torsion des Maschinenelementes, sodass das Drehmoment durch ein Torsionsmoment gebildet ist. Das Maschinenelement ist bevorzugt durch das in der Achse ausgerichtete Drehmoment elastisch verformbar.

**[0018]** Das Maschinenelement ist weiterhin einer senkrecht zur Achse ausgerichteten Querkraft und/oder einer sich senkrecht zur Achse erstreckenden örtlichen Temperaturänderung ausgesetzt. Bei der Querkraft kann es sich um eine unerwünschte Kraft infolge eines Biegemomentes handeln, die neben dem Drehmoment auf das Maschinenelement wirkt. Jedenfalls soll die Querkraft die Messung des Drehmomentes nicht beeinflussen. Die sich örtlich erstreckende Temperaturänderung führt dazu, dass das Maschinenelement an unterschiedlichen Punkten seiner Ausdehnung unterschiedliche Temperaturen aufweist. Es ist somit ein Temperaturgradient vorhanden, der senkrecht zur Achse ausgerichtet ist. Die senkrechte Ausrichtung der Querkraft bzw. der Temperaturänderung zur Achse ist dann gegeben, wenn zumindest eine Komponente der Querkraft bzw. der Temperaturänderung senkrecht zur Achse ausgerichtet ist, wobei es sich bevorzugt um eine wesentliche Komponente der Querkraft bzw. der Temperaturänderung handelt. Besonders bevorzugt ist die Querkraft bzw. die Temperaturänderung ausschließlich senkrecht zur Achse ausgerichtet. Die Richtung der Querkraft und/oder der Temperaturänderung ist bevorzugt vertikal angeordnet.

**[0019]** Das Maschinenelement weist eine Permanentmagnetisierung auf. Die Permanentmagnetisierung erstreckt sich tangential umlaufend um die Achse herum. Es handelt sich somit um eine umfängliche Permanentmagnetisierung. Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt um die Achse herum geschlossen. Die Feldlinien des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung laufen innerhalb der Permanentmagnetisierung entlang von Kreisen, welche konzentrisch und senkrecht zur Achse angeordnet sind.

**[0020]** Das Maschinenelement bildet bevorzugt einen integralen Bestandteil der Anordnung.

**[0021]** Die Anordnung umfasst weiterhin mindestens einen Magnetfeldsensor, welcher gegenüber dem Maschinenelement angeordnet ist. Der mindestens eine Magnetfeldsensor ist insbesondere nahe dem Maschinenelement angeordnet, beispielsweise neben dem Maschinenelement oder in einem Hohlraum des Maschinenelementes. Der mindestens eine Magnetfeldsensor dient zur Bestimmung eines magnetischen Feldes und ist zur Messung einer sich in der Achse erstreckenden Komponente eines aus dem Maschinenelement austretenden Magnetfeldes ausgebildet, welches einerseits durch die Permanentmagnetisierung und andererseits durch das Drehmoment bewirkt ist. Mithilfe des mindestens einen Ma-

gnetfeldsensors ist es möglich, das Magnetfeld, welches wegen des invers-magnetostriktiven Effektes aufgrund der Permanentmagnetisierung und infolge des auf das Maschinenelement wirkenden Drehmomentes auftritt, zu messen. Da sich die zu messende Komponente des aus dem Maschinenelement austretenden Magnetfeldes zwar axial erstreckt, jedoch an der Austrittsstelle radial aus dem Maschinenelement austritt und an der Eintrittsstelle radial in das Maschinenelement eintritt, kann diese Komponente an der Ein- bzw. Austrittsstelle mittelbar auch in radialer Richtung bestimmt werden. Der Magnetfeldsensor bzw. die Magnetfeldsensoren sind bevorzugt zur Messung ausschließlich der sich in der Achse erstreckenden Komponente des durch die Permanentmagnetisierung und durch das Drehmoment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet. In diesem Fall sind durch den bzw. die Magnetfeldsensoren keine anderen Komponenten dieses Magnetfeldes messbar.

**[0022]** Der Magnetfeldsensor bzw. die Magnetfeldsensoren sind in einer Ebene angeordnet, welche durch die Achse und durch die Richtung der Querkraft und/oder der Temperaturänderung aufgespannt ist. Zumindest befindet sich der mindestens eine Magnetfeldsensor in technischer Hinsicht so nahe dieser Ebene, dass ein durch die Permanentmagnetisierung sowie durch die Querkraft und/oder die sich örtlich erstreckende Temperaturänderung bewirktes Magnetfeld nicht messwertbeeinflussend auf den mindestens einen Magnetfeldsensor zur Messung des Drehmomentes wirkt. Die durch die Achse und durch die Richtung der Querkraft und/oder der sich örtlich erstreckenden Temperaturänderung aufgespannte Ebene, in welcher der mindestens eine Magnetfeldsensor liegt, ist bevorzugt vertikal angeordnet.

**[0023]** Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, dass allein durch die Anordnung der Magnetfeldsensoren die unerwünschten Einflüsse der Querkraft und der Temperaturänderung vermieden sind.

**[0024]** Die Permanentmagnetisierung kann mehrere Komponenten umfassen, welche jeweils umlaufend um die Achse herum ausgerichtet sind. Bevorzugt ist die Permanentmagnetisierung ausschließlich umlaufend um die Achse herum ausgerichtet. Folglich weist die Permanentmagnetisierung bevorzugt keine andere Richtungskomponente, beispielsweise radial zur Achse oder in der Achse liegend auf. Insofern die Permanentmagnetisierung mehrere Komponenten umfasst, sind auch die Komponenten bevorzugt jeweils ausschließlich umlaufend um die Achse herum ausgerichtet.

**[0025]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung ist die Permanentmagnetisierung in axialen Abschnitten ausgebildet, zwi-

schen denen die Polarität der Permanentmagnetisierung wechselt. innerhalb der axialen Abschnitte ändert sich die Polarität der Permanentmagnetisierung bevorzugt nicht. Zwischen den axialen Abschnitten der Permanentmagnetisierung befinden sich bevorzugt unmagnetisierte axiale Abschnitte.

**[0026]** Die axialen Abschnitte der Permanentmagnetisierung weisen bevorzugt eine gleiche axiale Länge auf. Bevorzugt sind zwei bis zehn der axialen Abschnitte ausgebildet. Besonders bevorzugt sind drei der axialen Abschnitte der Permanentmagnetisierung ausgebildet.

**[0027]** Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt beabstandet von der Achse angeordnet.

**[0028]** Die Anordnung umfasst bevorzugt mindestens zwei der Magnetfeldsensoren. Die Magnetfeldsensoren sind bevorzugt paarig vorhanden, wobei die Magnetfeldsensoren eines jeden der Paare gegenüberliegend in Bezug auf die Achse angeordnet sind. Dabei weisen die beiden Magnetfeldsensoren des jeweiligen Paares einen gleichen Abstand zu der Achse auf. Die Anordnung kann auch genau eines dieser Paare umfassen.

**[0029]** Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt in einer senkrecht zur Achse ausgerichteten Ebene angeordnet, in welcher auch die Permanentmagnetisierung angeordnet ist. Insofern die Permanentmagnetisierung in axialen Abschnitten ausgebildet ist, so ist bevorzugt jedem der axialen Abschnitte einer der Magnetfeldsensoren; besonders bevorzugt eines der Paare der Magnetfeldsensoren zugeordnet. Die Paare der Magnetfeldsensoren liegen dabei jeweils in einer senkrecht zur Achse ausgerichteten Ebene, in welcher auch einer der axialen Abschnitte der Permanentmagnetisierung angeordnet ist.

**[0030]** Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt in einem axialen Magnetisierungsabschnitt des Maschinenelementes ausgebildet. Dieser axiale Magnetisierungsabschnitt kann die axialen Abschnitte der Permanentmagnetisierung wechselnder Polarität mit ggf. vorhandenen unmagnetisierten Zwischenabschnitten umfassen. Jedenfalls kann sich das Maschinenelement weit über die Permanentmagnetisierung hinaus in der Achse erstrecken.

**[0031]** Die die Permanentmagnetisierung aufweisende Komponente ist zumindest fest mit dem Maschinenelement oder mit einer Hauptkomponente des Maschinenelementes verbunden, wobei die Permanentmagnetisierung den am Maschinenelement auftretenden mechanischen Spannungen gemeinsam mit dem Maschinenelement ausgesetzt ist. Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt einstückig

mit dem Maschinenelement oder mit einer Hauptkomponente des Maschinenelementes ausgebildet. Es handelt sich jedenfalls nicht um zusätzliche Dauermagnete, welche beispielsweise außen am Maschinenelement befestigt sind und nicht den am Maschinenelement auftretenden mechanischen Spannungen ausgesetzt sind. Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt in einem magnetoelastisch ausgebildeten Abschnitt des Maschinenelementes ausgebildet. In dem magnetoelastisch ausgebildeten Abschnitt des Maschinenelementes besteht das Maschinenelement bevorzugt aus einem magnetostriktiven Material. Bevorzugt ist nicht lediglich ein Abschnitt, sondern das Maschinenelement als solches magnetoelastisch ausgebildet. In diesem Fall besteht das Maschinenelement aus einem magnetostriktiven Material.

**[0032]** Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt ortsfest und beabstandet zum Maschinenelement angeordnet. Während das Drehmoment zu Bewegungen oder Verformungen des Maschinenelementes führen kann, verändern die Magnetfeldsensoren ihre ortsfeste Position nicht.

**[0033]** Das Maschinenelement weist bevorzugt die Form eines Prismas oder eines Zylinders auf, wobei das Prisma bzw. der Zylinder coaxial zu der Achse angeordnet ist. Das Prisma bzw. der Zylinder ist bevorzugt gerade. Besonders bevorzugt weist das Maschinenelement die Form eines geraden Kreiszylinders auf, wobei der Kreiszylinder coaxial zu der Achse angeordnet ist. Bei besonderen Ausführungsformen ist das Prisma bzw. der Zylinder konisch ausgebildet.

**[0034]** Das Maschinenelement ist bevorzugt durch eine Welle oder durch einen Flansch gebildet. Die Welle bzw. der Flansch können für Belastungen durch unterschiedliche Kräfte und Drehmomente ausgelegt sein. Besonders bevorzugt handelt es sich bei dem Maschinenelement um einen Messflansch einer Wankstabilisierung. In diesem Fall wird die Temperaturänderung beispielsweise durch Schwallwasser verursacht, welches insbesondere von unten auf den Messflansch trifft und diesen abkühlt.

**[0035]** Das Maschinenelement weist bevorzugt einen Hohlraum auf, durch welchen die Achse zumindest abschnittsweise verläuft. Folglich umschließt der Hohlraum zumindest einen Abschnitt der Achse. Der Hohlraum erstreckt sich bevorzugt in der Achse.

**[0036]** Der Hohlraum ist bevorzugt zylinderförmig ausgebildet, wobei die Zylinderform coaxial zur Achse angeordnet ist.

**[0037]** Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt in dem Hohlraum angeordnet. Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind

alternativ bevorzugt außerhalb des Hohlraumes angeordnet.

**[0038]** Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt durch Hall-Sensoren, Spulen oder Fluxgate-Magnetometer gebildet. Grundsätzlich können auch andere Sensortypen verwendet werden, insofern sie zur Messung der durch den inversmagnetostriktiven Effekt hervorgerufenen magnetischen Felder geeignet sind.

**[0039]** Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt gemeinsam auf einer Platine angeordnet, auf welche die Magnetfeldsensoren beispielsweise aufgelötet sind. Die ebene Platine befindet sich bevorzugt in oder nahe der Ebene, welche durch die Achse und durch die Richtung der Querkraft und/oder der sich örtlich erstreckenden Temperaturänderung aufgespannt ist. Die Platine ist bevorzugt vertikal angeordnet.

**[0040]** Bei dem erfindungsgemäßen Wankstabilisator handelt es sich um einen geteilter Wankstabilisator eines Kraftfahrzeuges. Die Teilung ist dadurch gegeben, dass der Wankstabilisator zwei Stabilisatororteile umfasst, die bevorzugt durch Drehstabfedern gebildet sind. Zwischen den Stabilisatorteilen ist ein Aktuator zum Beaufschlagen der Stabilisatororteile mit einem Drehmoment aufnehmbar. Die Stabilisatororteile sind folglich dazu ausgebildet, dass zwischen ihnen ein Aktuator drehfest befestigbar ist, um ein Drehmoment von dem Aktuator auf das jeweilige Stabilisatorteil übertragen zu können, wobei das Drehmoment das jeweilige Stabilisatorteil auf Torsion beansprucht. Bevorzugt ist der Aktuator bereits zwischen den Stabilisatorteilen aufgenommen und drehfest mit den Stabilisatorteilen verbunden. Der Wankstabilisator umfasst weiterhin die erfindungsgemäße Anordnung zum Messen eines Drehmomentes in der oben beschriebenen Ausführungsform, bei welcher das Maschinenelement durch einen Messflansch der Wankstabilisierung gebildet ist. Der Wankstabilisator kann auch zwei dieser Anordnungen umfassen. Der eine bzw. die zwei Messflansche sind dazu ausgebildet, drehfest zwischen dem jeweiligen Stabilisatorteil und dem Aktuator angeordnet zu werden, sodass der jeweilige Messflansch das vom Aktuator erzeugte Drehmoment überträgt und ebenso wie das jeweilige Stabilisatorteil auf Torsion beansprucht wird. Das eine Stabilisatorteil bzw. die beiden Stabilisatororteile sind jeweils mit dem das Drehmoment übertragenden Messflansch zum drehfesten Anschluss an den Aktuator ausgebildet. Bevorzugt ist das eine Stabilisatorteil bzw. sind die beiden Stabilisatororteile jeweils bereits mit dem das Drehmoment übertragenden Messflansch an den Aktuator drehfest angeschlossen.

**[0041]** Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum Messen eines Drehmomentes. Das Drehmoment wirkt auf ein sich in einer Achse erstreckendes Ma-

schinenelement. Das zu messende Drehmoment ist in der Achse des Maschinenelementes ausgerichtet, d. h. das Drehmoment weist eine Drehachse auf, welche mit der Achse des Maschinenelementes zusammenfällt oder zumindest parallel zu dieser ist. Dieses Drehmoment führt insbesondere zu einer Torsion des Maschinenelementes, sodass das Drehmoment durch ein Torsionsmoment gebildet ist. Das Maschinenelement ist weiterhin einer senkrecht zur Achse ausgerichteten Querkraft und/oder einer sich senkrecht zur Achse erstreckenden Temperaturänderung ausgesetzt. Bei der Querkraft kann es sich um eine unerwünschte Kraft infolge eines Biegemomentes handeln, die neben dem Drehmoment auf das Maschinenelement wirkt. Jedenfalls soll die Querkraft die Messung des Drehmomentes nicht beeinflussen. Die sich örtlich erstreckende Temperaturänderung führt dazu, dass das Maschinenelement an unterschiedlichen Punkten seiner Ausdehnung unterschiedliche Temperaturen aufweist. Es ist somit ein Temperaturgradient vorhanden, der senkrecht zur Achse ausgerichtet ist. Die senkrechte Ausrichtung der Querkraft bzw. der sich örtlich erstreckenden Temperaturänderung zur Achse ist dann gegeben, wenn zumindest einer Komponente der Querkraft bzw. der Temperaturänderung senkrecht zur Achse ausgerichtet ist, wobei es sich bevorzugt um eine wesentliche Komponente der Querkraft bzw. der Temperaturänderung handelt. Das Maschinenelement weist eine Permanentmagnetisierung auf. Die Permanentmagnetisierung erstreckt sich tangential um die Achse herum. Die Feldlinien des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung laufen innerhalb der Permanentmagnetisierung entlang von Kreisen, welche konzentrisch und senkrecht zur Achse angeordnet sind.

**[0042]** Das Drehmoment wird erfindungsgemäß bestimmt, indem zumindest eine sich in der Achse erstreckende vektorielle Komponente eines aus dem Maschinenelement austretenden, durch die Permanentmagnetisierung und durch das Drehmoment wegen des invers-magnetostriktiven Effektes bewirkten Magnetfeldes gemessen wird. Dieses Messen erfolgt innerhalb einer Ebene, welche durch die Achse und durch die Richtung der Querkraft und/oder der sich örtlich erstreckenden Temperaturänderung aufgespannt ist.

**[0043]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt auf der erfindungsgemäßen Anordnung und deren bevorzugten Ausführungsformen angewendet.

**[0044]** Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

**[0045]** Fig. 1: eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung in zwei Ansichten;

**[0046]** Fig. 2: eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wankstabilisators; und

**[0047]** Fig. 3: ein Detail des in Fig. 2 gezeigten Wankstabilisators.

**[0048]** Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung zum Messen eines Drehmomentes in zwei Ansichten. Der linke Teil der Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht, während der rechte Teil der Fig. 1 eine seitliche Ansicht der erfindungsgemäßen Anordnung zeigt.

**[0049]** Die Anordnung umfasst zunächst ein Maschinenelement in Form eines Flansches **01**, welcher an einem Grundkörper **02** befestigt ist. Der Flansch **01** weist die Form eines hohlen Kreiszyinders auf. Der Flansch **01** erstreckt sich in einer Achse **03**, welche auch die mittlere Achse der Hohlzylinderform des Flansches **01** bildet. Der Flansch **01** besteht aus einem magnetoelastischen Material, welches den magnetostriktiven Effekt aufweist.

**[0050]** In einem axialen Abschnitt des Flansches **01** ist eine Permanentmagnetisierung **04** ausgebildet, welche sich tangential um die Achse **03** herum erstreckt. Die Permanentmagnetisierung **04** ist in Richtung der Achse **03** nicht vollständig entlang des Flansches **01**, sondern lediglich in axialen Abschnitten **06**, **07**, **08** ausgebildet, wobei die Polarität der Permanentmagnetisierung **04** zwischen den axialen Abschnitten **06**, **07**, **08** jeweils wechselt. Die wechselnde Polarität der Permanentmagnetisierung **04** ist durch Pfeile **09**, **11**, **12** symbolisiert.

**[0051]** Im Hohlraum des hohlzylinderförmigen Flansches **01** befinden sich sechs Magnetfeldsensoren **13**, **14**, **16**, **17**, **18**, **19**, welche als Paare **13**, **14**; **16**, **17**; **18**, **19** angeordnet sind. Jeweils eines der Paare der Magnetfeldsensoren **13**, **14**; **16**, **17**; **18**, **19** steht einem der axialen Abschnitte **06**, **07**, **08** der Permanentmagnetisierung **04** gegenüber.

**[0052]** Die sechs Magnetfeldsensoren **13**, **14**, **16**, **17**, **18**, **19** sind dazu ausgebildet, ein Magnetfeld zu messen, dessen Richtung in Richtung der Achse **03** angeordnet ist. Die Permanentmagnetisierung **04** bewirkt ein sich in der Achse **03** erstreckendes Magnetfeld dann, wenn eine mechanische Beanspruchung des Flansches **01** zu dem invers-magnetostriktiven Effekt geführt hat. Bei dieser mechanischen Belastung handelt es sich insbesondere um ein Drehmoment  $M_T$  um die Achse **03**, welches den Flansch **01** auf Torsion beansprucht. Folglich ist mit den sechs Magnetfeldsensoren **13**, **14**, **16**, **17**, **18**, **19** das auf den Flansch **01** wirkende Drehmoment  $M_T$  messbar.

**[0053]** Das Maschinenelement **01** ist weiterhin einer Querkraft  $F_Q$  ausgesetzt, die sich nicht auf die Messung des Drehmomentes  $M$  mit den sechs Magnetfeldsensoren **13, 14, 16, 17, 18, 19** auswirken soll. Die Querkraft  $F_Q$  ist senkrecht zur Achse **03** ausgerichtet und wirkt bei der gezeigten Ausführungsform von oben.

**[0054]** Das Maschinenelement **01** ist weiterhin einer sich örtlichen erstreckenden Temperaturänderung  $T_{\text{grad}}$  ausgesetzt, die einen Temperaturgradienten bewirkt, der bei der gezeigten Ausführungsform nach oben ausgerichtet ist. Diese Temperaturänderung kann beispielsweise durch eine kühlende Flüssigkeit bewirkt werden, welche von unten auf das Maschinenelement trifft. Die örtliche ausgerichtete Temperaturänderung  $T_{\text{grad}}$  soll sich nicht auf die Messung des Drehmomentes  $M_T$  mit den sechs Magnetfeldsensoren **13, 14, 16, 17, 18, 19** auswirken.

**[0055]** Sämtliche Magnetfeldsensoren **13, 14, 16, 17, 18, 19** befinden sich in einer Ebene, welche durch die Achse **03** und durch die Richtung der Querkraft  $F_Q$  und der Temperaturänderung  $T_{\text{grad}}$  aufgespannt ist. Da bei der gezeigten Ausführungsform die Querkraft  $F_Q$  und die Temperaturänderung  $T_{\text{grad}}$  vertikal ausgerichtet sind, befinden sich auch die Magnetfeldsensoren **13, 14, 16, 17, 18, 19** gemeinsam in einer vertikalen Ebene. Aus diesem Grund wirken sich die Querkraft  $F_Q$  und die Temperaturänderung  $T_{\text{grad}}$  nicht auf die Messung des Drehmomentes  $M_T$  mit den sechs Magnetfeldsensoren **13, 14, 16, 17, 18, 19** aus.

**[0056]** Die Magnetfeldsensoren **13, 14, 16, 17, 18, 19** sind durch Spulen gebildet und sind gemeinsam auf einer ebenen Platine **21** befestigt. Die Platine **21** liegt gemeinsam mit den Magnetfeldsensoren **13, 14, 16, 17, 18, 19** nahezu in der Ebene, welche durch die Achse **03** und durch die Richtung der Querkraft  $F_Q$  und der Temperaturänderung  $T_{\text{grad}}$  aufgespannt ist. Die Platine **21** ist bei der gezeigten Ausführungsform vertikal ausgerichtet.

**[0057]** Fig. 2 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen geteilten Wankstabilisators mit einem angeschlossenen Aktuator **31**. Der Aktuator **31** ist wirksam zwischen zwei jeweils als Drehstabfeder **32** ausgebildeten Stabilisatorteilen **33** angeordnet. Beide Stabilisatorteile **33** sind jeweils über ein Stabilisatorlager **34** an einem hier nicht dargestellten Fahrzeugaufbau drehbar gelagert. Der Aktuator **31** kann einen Motor mit einem angeschlossenen Getriebe aufweisen, wobei ein Aktuatorgehäuse an das eine Stabilisatorteil **33** und eine Ausgangswelle an das andere Stabilisatorteil **33** angeschlossen werden kann. Unter Betätigung des Aktuators **31** werden die angeschlossenen Stabilisatorteile **33** auf Torsion beansprucht.

**[0058]** Fig. 3 zeigt ein Detail des in Fig. 2 gezeigten Wankstabilisators. Eine Anordnung **36** zur berührungslosen Messung des Aktuatormomentes umfasst ein magnetoelastisches Material **37** sowie einen Magnetfeldsensor **38**. Das magnetoelastische Material **37** weist den magnetostriktiven Effekt und eine umlaufende Permanentmagnetisierung auf. Das Aktuatormoment ist das in den Stabilisatorteilen **33** wirkende Torsionsmoment. Das Stabilisatorteil **33** ist an seinem dem Aktuator **31** (gezeigt in Fig. 2) zugewandten Ende mit einem Anschlussstück **39** versehen, das an den Aktuator **31** (gezeigt in Fig. 2) zur Übertragung des Torsionsmomentes angeschlossen ist. Das Anschlussstück **39** ist im Ausführungsbeispiel als ein Flansch **41** ausgebildet. Der Flansch **41** ist einerseits drehfest an das Stabilisatorteil **33** und das andererseits drehfest an den Aktuator **31** (gezeigt in Fig. 2) angeschlossen. Der Flansch **41** kann an den Aktuator **31** mit Schrauben angeschraubt werden; der Flansch **41** kann auch stoff-, reib oder kraftschlüssig mit dem Aktuator **31** verbunden werden. Im Ausführungsbeispiel ist der Flansch **41** hohl ausgebildet, wobei das an seinem Ende kreisringförmig ausgebildete Stabilisatorteil **33** in einen ringförmigen Absatz **42** des Flansches **41** eingreift. Der Flansch **41** und das Stabilisatorteil **33** sind stoffschlüssig miteinander verbunden. Der Flansch **41** weist einen hülsenförmigen Abschnitt **43** auf, an dessen von dem ringförmigen Absatz **42** abgewandten axialen Ende einstückig ein Radialbord **44** angeformt ist. Der Radialbord **44** ist an seiner dem Aktuator **31** (gezeigt in Fig. 2) zugewandten Stirnseite mit einer Verzahnung **46** versehen, die in eine an dem Aktuator **31** (gezeigt in Fig. 2) vorgesehene Gegenverzahnung formschlüssig eingreift. Der Flansch **41** ist über nicht abgebildete Schrauben mit dem Aktuator **31** (gezeigt in Fig. 2) verschraubt, wobei die Schrauben durch in dem Radialbord **44** vorgesehene Durchgangsöffnungen durchgeführt sind. Der Flansch **41** besteht aus dem magnetoelastischen Material **37**, welches den magnetostriktiven Effekt aufweist. Das magnetoelastische Material **37** überträgt das volle Torsionsmoment des Wankstabilisators. Der Magnetfeldsensor **38** ist in Fig. 3 alternativ innerhalb und außerhalb des hohlen Flansches **41** angeordnet. Der Magnetfeldsensor **38** misst die durch Torsion des magnetoelastischen Materials **37** verursachte Änderung der magnetischen Eigenschaften des Flansches **41**. Durch die Anordnung des Magnetfeldsensors **38** innerhalb des hohlen Flansches **41** sind eine platzsparende Anordnung und ein wirkungsvoller Schutz des Magnetfeldsensors **38** erreicht.

#### Bezugszeichenliste

<b>01</b>	Flansch
<b>02</b>	Grundkörper
<b>03</b>	Achse
<b>04</b>	Permanentmagnetisierung
<b>05</b>	

06	axialer Abschnitt der Permanentmagnetisierung
07	axialer Abschnitt der Permanentmagnetisierung
08	axialer Abschnitt der Permanentmagnetisierung
09	Pfeil
10	
11	Pfeil
12	Pfeil
13	Magnetfeldsensor
14	Magnetfeldsensor
15	
16	Magnetfeldsensor
17	Magnetfeldsensor
18	Magnetfeldsensor
19	Magnetfeldsensor
20	
21	Platine
30	
31	Aktuator
32	Drehstabfeder
33	Stabilisatorteil
34	Stabilisatorlager
35	
36	Anordnung zur Messung des Aktuatormomentes
37	magnetoelastisches Material
38	Magnetfeldsensor
39	Anschlusssteil
40	
41	Flansch
42	ringförmiger Absatz
43	hülsenförmiger Abschnitt
44	Radialbord
45	
46	Verzahnung

### Patentansprüche

1. Anordnung (36) zum Messen eines Drehmomentes ( $M_T$ ) an einem sich in einer Achse (03) erstreckenden Maschinenelement (01; 41),  
– wobei das zu messende Drehmoment ( $M_T$ ) in der Achse (03) des Maschinenelementes (01; 41) ausgerichtet ist;  
– wobei das Maschinenelement (01; 41) weiterhin einer senkrecht zur Achse (03) ausgerichteten Querkraft ( $F_Q$ ) und/oder einer sich senkrecht zur Achse (03) erstreckenden Temperaturänderung ( $T_{grad}$ ) ausgesetzt ist, wobei die Richtung der Querkraft ( $F_Q$ ) und/oder der Temperaturänderung ( $T_{grad}$ ) vertikal angeordnet ist;  
– wobei das Maschinenelement (01; 41) eine Permanentmagnetisierung (04) aufweist, welche sich umlaufend um die Achse (03) herum erstreckt;  
– wobei die Anordnung weiterhin mindestens einen Magnetfeldsensor (13, 14, 16, 17, 18, 19; 38) umfasst, welcher zur Messung einer sich in der Achse (03) erstreckenden Komponente eines durch die

Permanentmagnetisierung (04) und durch das Drehmoment ( $M_T$ ) bewirkten Magnetfeldes ausgebildet ist; und  
– wobei der mindestens eine Magnetfeldsensor (13, 14, 16, 17, 18, 19; 38) in einer Ebene angeordnet ist, welche durch die Achse (03) und durch die Richtung der Querkraft ( $F_Q$ ) und/oder der Temperaturänderung ( $T_{grad}$ ) aufgespannt ist.

2. Anordnung (36) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Permanentmagnetisierung (04) in axialen Abschnitten (06, 07, 08) ausgebildet ist, zwischen denen die Polarität der Permanentmagnetisierung (04) wechselt.

3. Anordnung (36) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Magnetfeldsensor (13, 14, 16, 17, 18, 19; 38) zur Messung ausschließlich der sich in der Achse (03) erstreckenden Komponente des durch die Permanentmagnetisierung (04) und durch das Drehmoment ( $M_T$ ) bewirkten Magnetfeldes ausgebildet ist.

4. Anordnung (36) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Magnetfeldsensor (13, 14, 16, 17, 18, 19; 38) von der Achse (03) beabstandet ist.

5. Anordnung (36) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetfeldsensoren (13, 14, 16, 17, 18, 19) paarig vorhanden sind, wobei die Magnetfeldsensoren (13, 14, 16, 17, 18, 19) eines jeden der Paare (13, 14; 16, 17; 18, 19) gegenüberliegend und mit einem gleichen Abstand von der Achse (03) angeordnet sind.

6. Anordnung (36) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetfeldsensoren (13, 14, 16, 17, 18, 19) gemeinsam auf einer Platine (21) angeordnet sind, wobei die Platine (21) vertikal angeordnet ist.

7. Anordnung (36) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Maschinenelement durch einen Messflansch (41) einer Wankstabilisierung gebildet ist.

8. Geteilter Wankstabilisator eines Kraftfahrzeuges, umfassend zwei Stabilisatorteile (33), zwischen denen ein Aktuator (31) zum Beaufschlagen der Stabilisatorteile (33) mit einem Drehmoment aufnehmbar ist, wobei der Wankstabilisator weiterhin eine Anordnung (36) nach Anspruch 7 umfasst, und wobei eines der beiden Stabilisatorteile (33) mit dem das Drehmoment übertragenden Messflansch (41) zum Anschluss an den Aktuator (31) ausgebildet ist.

9. Verfahren zum Messen eines Drehmomentes ( $M_T$ ), wobei das Drehmoment ( $M_T$ ) auf ein sich in einer Achse (03) erstreckendes Maschinenelement

(01; 41) wirkt und in der Achse (03) ausgerichtet ist, wobei das Maschinenelement (01; 41) weiterhin einer senkrecht zur Achse (03) ausgerichteten Querkraft ( $F_Q$ ) und/oder einer sich senkrecht zur Achse (03) erstreckenden Temperaturänderung ( $T_{\text{grad}}$ ) ausgesetzt ist, wobei die Richtung der Querkraft ( $F_Q$ ) und/oder der Temperaturänderung ( $T_{\text{grad}}$ ) vertikal angeordnet ist, und wobei das Maschinenelement (01; 41) eine Permanentmagnetisierung (04) aufweist, welche sich umlaufend um die Achse (03) herum erstreckt, wobei das Drehmoment ( $M_T$ ) durch ein Messen einer sich in der Achse (03) erstreckenden Komponente eines durch die Permanentmagnetisierung (04) und durch das Drehmoment ( $M_T$ ) bewirkten Magnetfeldes in einer Ebene bestimmt wird, welche durch die Achse (03) und durch die Richtung der Querkraft ( $F_Q$ ) und/oder der Temperaturänderung ( $T_{\text{grad}}$ ) aufgespannt ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

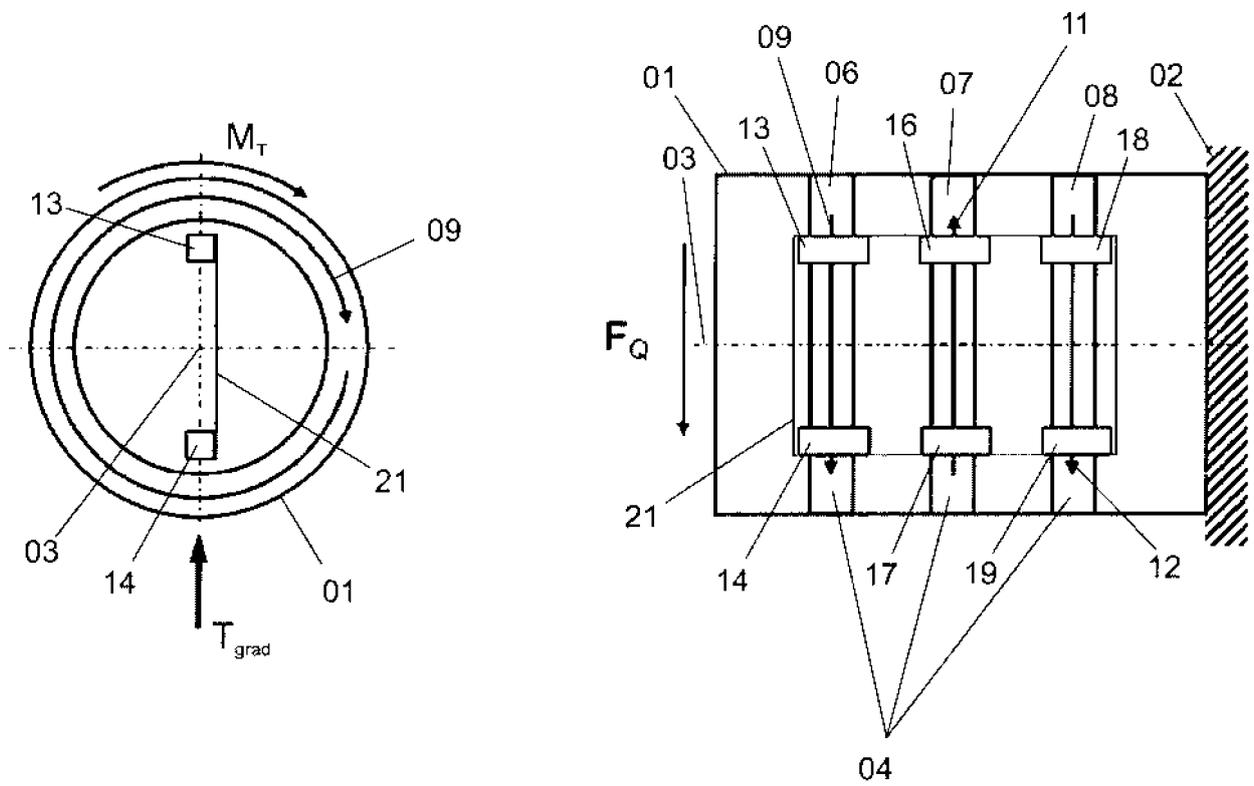


Fig. 1

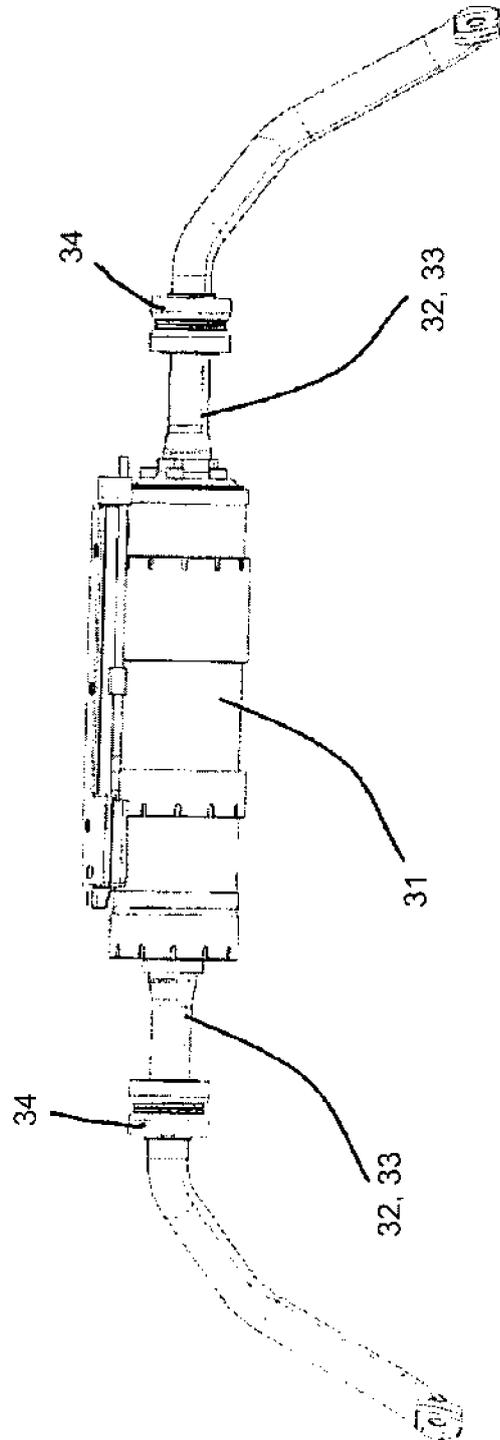


Fig. 2

