(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Oktober 2016 (13.10.2016)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/162028 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01L 3/10 (2006.01) *G01L 1/12* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2016/200162

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. März 2016 (29.03.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 206 152.3 7. April 2015 (07.04.2015) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **MOCK, Christian**; Rittergasse 10, 97421 Schweinfurt (DE). **KÖNIGER, Florian**; Dittelbrunnerstr. 34 1/3, 97422 Schweinfurt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

(54) Title: ARRANGEMENT AND METHOD FOR CONTACTLESS MEASUREMENT OF A TORQUE ON A MACHINE ELEMENT

(54) Bezeichnung : ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR BERÜHRUNGSLOSEN MESSUNG EINES MOMENTES AN EINEM MASCHINENELEMENT

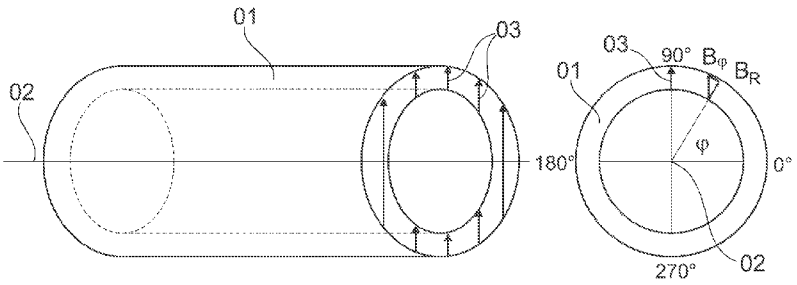


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention relates to an arrangement and a method for contactless measurement of a torque on a machine element which extends in one axis (02) with utilization of the inverse magnetostrictive effect. In particular, the invention also permits the measurement of a rotary angle (φ) and/or a rotational speed of the machine element. The machine element has a permanent magnetization (03) which is configured at least within an axial section of the machine element and is oriented parallel to a radially oriented straight line. The permanent magnetization (03) preferably has precisely two poles which are arranged so as to lie diametrically opposite one another in relation to the axis (02). Furthermore, the arrangement comprises at least one magnetic field sensor which is configured at least for the measurement of an axial directional component (B_{ax}) of a magnetic field which is brought about by way of the permanent magnetization (03) and by way of the torque or of an axial directional component (B_{ax}) of a magnetic field change which is brought about by way of the permanent magnetization (03) or by way of the torque.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/162028 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zum berührungslosen Messen eines Momentes an einem sich in einer Achse (02) erstreckenden Maschinenelement unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes. Die Erfindung erlaubt insbesondere auch die Messung eines Drehwinkels (φ) und/oder einer Drehzahl des Maschinenelementes. Das Maschinenelement weist eine Permanentmagnetisierung (03) auf, die zumindest innerhalb eines axialen Abschnittes des Maschinenelementes ausgebildet Ist und parallel zu einer radial ausgerichteten Geraden ausgerichtet ist. Die Permanentmagnetisierung (03) besitzt bevorzugt genau zwei Pole, die bezogen auf die Achse (02) diametral gegenüberliegend angeordnet sind. Die Anordnung umfasst weiterhin mindestens einen Magnetfeldsensor, welcher zumindest zur Messung einer axialen Richtungskomponente (B_{ax}) eines durch die Permanentmagnetisierung (03) sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldes oder einer axialen Richtungskomponente (B_{ax}) einer durch die Permanentmagnetisierung (03) sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldänderung ausgebildet ist.

Anordnung und Verfahren zur berührungslosen Messung eines Momentes an einem Maschinenelement

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zum berührungslosen Messen eines Momentes an einem sich in einer Achse erstreckenden Maschinenelement unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes. Die Erfindung erlaubt insbesondere auch die Messung eines Drehwinkels und/oder einer Drehzahl des Maschinenelementes.

Die DE 602 00 499 T2 zeigt einen Stellungsfühler zur Feststellung der Verdrehung einer Lenksäule. Der Stellungfühler besteht aus einer ersten magnetischen Struktur mit einer Mehrzahl an Magneten und aus einer zweiten magnetischen Struktur mit zwei ferromagnetischen Kränzen. Die beiden ferromagnetischen Kränze greifen ineinander ein und definieren einen Luftspalt, in welchem mindestens ein magnetempfindliches Element angeordnet ist.

Die EP 0 706 057 A2 betrifft einen magnetischen Bildsensor, welcher den Matteucci-Effekt nutzt. Der Bildsensor umfasst einen magnetischen Draht und ein Mittel zur umfänglichen Magnetisierung des Drahtes.

Aus der DE 692 22 588 T2 ist ein ringförmig magnetisierter Drehmomentsensor bekannt.

Aus der DE 698 38 904 T2 ist ein magnetoelastischer Drehmomentsensor mit kreisförmiger Magnetisierung bekannt. Die Magnetisierung ist in einem ferromagnetischen, magnetostriktiven Material einer Welle ausgebildet und erstreckt sich kreisförmig um die Welle.

Die WO 2007/048143 A2 lehrt einen Sensor mit einer magnetisierten Welle. Die Magnetisierung ist umlaufend um die Welle herum ausgebildet, wobei die Magnetisierung gegenüber der Achse geneigt sein kann.

Die WO 01/27638 A1 zeigt einen Beschleunigungssensor mit einer Welle, die umfänglich oder longitudinal magnetisiert ist.

Aus der WO 2006/053244 A2 ist ein Drehmomentsensor bekannt, der eine Magnetisierung an einer rotierenden Welle umfasst. Die Magnetisierung ist umfänglich ausgebildet.

Die US 8,191,431 B2 lehrt einen Sensor, der eine magnetisierte Welle und einen Magnetsensor umfasst. Der Sensor erlaubt die Messung eines Drehmomentes und auch die Messung einer Drehgeschwindigkeit bzw. eines Drehwinkels der Welle. Die Magnetisierung ist umlaufend um die Welle herum ausgebildet, wobei die Magnetisierung gegenüber der Achse geneigt sein kann.

Die DE 601 09 715 T2 zeigt einen magnetostriktiven Drehmomentmessfühler mit einer Welle aus einem magnetostriktiven Material, welches durch gegenüberliegende Permanentmagneten magnetisiert wird. Ein Kraftflussdetektor dient dazu, das aufgrund des magnetostriktiven Effektes aus der sich drehenden Welle austretende Magnetfeld zu messen. Die gegenüberliegend angeordneten Permanentmagneten führen zu einem sich diametral in der Welle ausbreitenden Magnetfeld.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend vom Stand der Technik darin, die Möglichkeiten einer auf dem invers-magnetostriktiven Effekt beruhenden Messung von Momenten zu erweitern.

Die genannte Aufgabe wird gelöst durch eine Anordnung gemäß dem beigefügten Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren gemäß dem beigefügten nebengeordneten Anspruch 8.

Die erfindungsgemäße Anordnung dient zum berührungslosen Messen eines Momentes an einem sich in einer Achse erstreckenden Maschinenelement. Das Moment wirkt auf das Maschinenelement, wodurch es zu mechanischen Spannungen kommt und sich das Maschinenelement zumeist geringfügig verformt. Die Achse bildet bevorzugt

eine Rotationsachse des Maschinenelementes. Bei dem Moment handelt es sich bevorzugt um ein Torsionsmoment.

Das Maschinenelement weist eine Permanentmagnetisierung auf, die zumindest innerhalb eines axialen Abschnittes des Maschinenelementes ausgebildet ist. Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt vollständig in diesem axialen Abschnitt des Maschinenelementes ausgebildet. Entsprechend besteht das Maschinenelement zumindest in dem axialen Abschnitt bevorzugt aus einem ferromagnetischen Material.

Die Permanentmagnetisierung besitzt zwei magnetische Pole, d. h. einen Nordpol und einen Südpol, die sich bezogen auf die Achse diametral gegenüberliegen. Daher ist die Permanentmagnetisierung parallel zu einer Gerade ausgerichtet, welche radial bezogen auf die Achse ausgerichtet ist. Diese Gerade schneidet die Achse in einem rechten Winkel. Diese Gerade umfasst einen Durchmesser des Maschinenelementes, nämlich denjenigen Durchmesser, welcher die beiden magnetischen Pole der Permanentmagnetisierung verbindet. Die Ausrichtung der Permanentmagnetisierung kann auch als diametral bezogen auf das Maschinenelement und dessen Achse beschrieben werden. Auch kann die Ausrichtung der Permanentmagentisierung alternativ dadurch beschrieben werden, dass die Permanentmagnetisierung beidseitig parallel zu einer Verbindungsgeraden verläuft, welche zwei um 180° im Abstand des Durchmessers gegenüberliegende Punkte verbindet. Die Permanentmagnetisierung besitzt bevorzugt genau zwei der magnetischen Pole. Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt vollständig parallel zu der genannten Gerade ausgerichtet, welche radial bezogen auf die Achse ausgerichtet ist.

Durch das auf das Maschinenelement wirkende Moment kommt es aufgrund des magnetoelastischen Verhaltens zu einer reversiblen Veränderung der zuvor eingeprägten Permanentmagnetisierung, welche sich durch Messung der Magnetfelder außerhalb des Maschinenelementes nachweisen lässt.

Die beschriebene Ausrichtung der Permanentmagnetisierung ist durch den Verlauf der Magnetfeldlinien der Permanentmagnetisierung gegeben. Die Magnetfeldlinien verlaufen somit beidseitig parallel zu einer Verbindungsgeraden, welche zwei um 180° im

Abstand des Durchmessers gegenüberliegende Punkte verbindet. Die Magnetfeldlinien der Permanentmagnetisierung schließen sich außerhalb des Maschinenelementes entlang gekrümmter Pfade. Innerhalb des Maschinenelementes verlaufen die Magnetfeldlinien der Permanentmagnetisierung parallel zueinander. Alternativ kann die Permanentmagnetisierung auch nur innerhalb des Maschinenelementes eingeprägt sein, sodass außerhalb des Maschinenelementes keine Magnetfeldlinien vorhanden sind.

Das Maschinenelement mit der Permanentmagnetisierung bildet einen Primärsensor zum Messen des Momentes. Bei Torsionsbelastung bewirkt die entstehende Scherspannung aufgrund des invers-magnetostriktiven Effektes und der daraus resultierenden magnetoelastischen Kopplung eine Verdrehung der Permanentmagnetisierung. An den Stellen, an denen die Magnetfeldlinien der Permanentmagnetisierung tangential zur Oberfläche verlaufen, entsteht eine axiale Magnetfeldkomponente. Verlaufen die Magnetfeldlinien der Permanentmagnetisierung senkrecht zur Oberfläche, entsteht hingegen keine axiale Magnetfeldkomponente.

Die Anordnung umfasst weiterhin mindestens einen Magnetfeldsensor, der einen Sekundärsensor bildet. Der Primärsensor, d. h. das Maschinenelement z. B. in Form einer Welle mit der Permanentmagnetisierung dient zur Wandlung des zu messenden Momentes in ein entsprechendes Magnetfeld oder in eine Magnetfeldänderung, während der Sekundärsensor die Wandlung dieses Magnetfeldes bzw. dieser Magnetfeldänderung in ein elektrisches Signal ermöglicht. Der Magnetfeldsensor ist zur einzelnen Messung einer axialen Richtungskomponente eines durch die Permanentmagnetisierung sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldes oder einer axialen Richtungskomponente einer durch die Permanentmagnetisierung sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldänderung ausgebildet. Das genannte Magnetfeld bzw. die genannte Magnetfeldänderung tritt aufgrund des invers-magnetostriktiven Effektes auf. Somit beruht die mit der erfindungsgemäßen Anordnung mögliche Messung auf dem invers-magnetostriktiven Effekt. Die axiale Richtungskomponente des genannten Magnetfeldes bzw. der genannten Magnetfeldänderung ist auch abhängig vom Drehwinkel des Maschinenelementes, sodass diese sich beispielsweise periodisch ändert, wenn sich das Maschinenelement dreht und das Moment konstant ist. Dementspre-

chend ist der Magnetfeldsensor bevorzugt zur Messung einer Amplitude und/oder einer Phasenlage der axialen Richtungskomponente des durch die Permanentmagnetisierung sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldes bzw. der axialen Richtungskomponente der durch die Permanentmagnetisierung sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldänderung ausgebildet. Bevorzugt ist das Maschinenelement ausschließlich durch ein Torsionsmoment beaufschlagbar, welches gemeinsam mit der Permanentmagnetisierung ausschließlich die axiale Richtungskomponente des genannten Magnetfeldes bzw. der genannten Magnetfeldänderung bewirkt.

Der Magnetfeldsensor ist gegenüber dem Maschinenelement angeordnet, wobei bevorzugt nur ein geringer radialer Abstand zwischen dem Magnetfeldsensor und einer inneren oder äußeren Oberfläche des Maschinenelementes vorhanden ist.

Der Magnetfeldsensor befindet sich bevorzugt in dem genannten axialen Abschnitt des Maschinenelementes, in welchem sich die Permanentmagnetisierung befindet.

Ein Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, dass die Permanentmagnetisierung des Maschinenelementes auch ohne Belastung durch ein Moment von außen bzw. innen nachweisbar ist und bereits die Möglichkeit der Drehzahl- und/oder Drehwinkelmessung bietet. Diese einfache Nachweisbarkeit der Permanentmagnetisierung ist auch aus Sicht der Qualitätssicherung für die Fertigung vorteilhaft.

Die angegebene radiale Richtung, die angegebene axiale Richtung und die angegebene tangentiale Richtung beziehen sich grundsätzlich auf die Achse des Maschinenelementes. Diese drei Richtungen sind senkrecht zueinander ausgerichtet.

Die Permanentmagnetisierung ist zumindest in einem Teil des Volumens des Maschinenelementes ausgebildet. Dieser Teil des Volumens ist bevorzugt ringförmig ausgebildet, wobei die Achse des Maschinenelementes auch eine mittlere Achse der Ringform bildet. Besonders bevorzugt weist dieser Teil des Volumens die Form eines zur Achse des Maschinenelementes koaxialen Hohlzylinders auf.

Das Maschinenelement bildet bevorzugt einen Bestandteil der erfindungsgemäßen Anordnung.

Bei besonders bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung dient diese weiterhin zum Messen eines Drehwinkels und/oder einer Drehzahl des Maschinenelementes, wofür der Magnetfeldsensor weiterhin zur Messung einer drehwinkelabhängigen Veränderung des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung ausgebildet ist. Es ist nämlich ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Ausrichtung der Permanentmagnetisierung, dass sie die gleichzeitige Messung von Momenten sowie von Drehzahl und/oder Drehwinkel erlaubt.

Bei diesen besonders bevorzugten Ausführungsformen ist der Magnetfeldsensor bevorzugt weiterhin zur einzelnen Messung einer radialen Richtungskomponente oder einer tangentialen Richtungskomponente des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung ausgebildet. Durch die Messung einer einzelnen dieser beiden Richtungskomponenten ist zumindest die Drehzahl oder der Drehwinkel in einem Bruchteil des Vollwinkels bestimmbar. Soll der Drehwinkel über den gesamten Vollwinkel bestimmbar sein, so ist der Magnetfeldsensor bevorzugt zur einzelnen Messung zweier senkrecht zueinander ausgerichteter Richtungskomponenten des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung ausgebildet. Dabei ist der Magnetfeldsensor bevorzugt zur einzelnen Messung der radialen Richtungskomponente des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung und zur einzelnen Messung der tangentialen Richtungskomponente des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung ausgebildet. Die radiale Richtungskomponente und die tangentiale Richtungskomponente weisen bei einer Drehung des Maschinenelementes einen Phasenversatz von 90° zueinander auf, sodass der Drehwinkel eindeutig über den gesamten Vollwinkel bestimmbar ist.

Der mindestens eine Magnetfeldsensor ist bevorzugt durch einen mehrachsigen Magnetfeldsensor gebildet, welcher die Messung der verschiedenen Richtungskomponenten der genannten Magnetfelder ermöglicht, bevorzugt von drei senkrecht aufeinander stehenden Richtungskomponenten. Der mehrachsige Magnetfeldsensor ist bevorzugt zur einzelnen Messung der axialen Richtungskomponente, zur einzelnen Messung der

radialen Richtungskomponente und zur einzelnen Messung der tangentialen Richtungskomponente der genannten Magnetfelder ausgebildet.

Der mindestens eine Magnetfeldsensor kann aber auch mehrere Magnetfeldsensorelemente umfassen, welche die Messung der verschiedenen Richtungskomponenten der Magnetfelder ermöglichen. Die mehreren Magnetfeldsensorelemente können innerhalb eines Gehäuses angeordnet sein; jedoch können sie auch getrennt voneinander angeordnet sein.

Grundsätzlich kann der mindestens eine Magnetfeldsensor außerhalb des Maschinenelementes oder auch innerhalb eines Hohlraumes des Maschinenelementes angeordnet sein; beispielsweise wenn das Maschinenelement durch eine Hohlwelle gebildet ist.

Die diametrale Permanentmagnetisierung kann auf unterschiedliche Weise ausgeprägt sein. Bevorzugt sind die Magnetfeldlinien der Permanentmagnetisierung sowohl außerhalb des Maschinenelementes als auch innerhalb des Hohlraumes des Maschinenelementes messbar, was sowohl in einem belasteten Zustand des Maschinenelementes als auch in einem unbelasteten Zustand des Maschinenelementes der Fall ist. Alternativ bevorzugt sind die Magnetfeldlinien der Permanentmagnetisierung ausschließlich innerhalb des Hohlraumes des Maschinenelementes messbar, was sowohl in einem belasteten Zustand des Maschinenelementes als auch in einem unbelasteten Zustand des Maschinenelementes der Fall ist.

Das Maschinenelement weist zumindest im Bereich seiner Permanentmagnetisierung bevorzugt eine hohe Magnetostriktivität auf. Insoweit besteht das Maschinenelement zumindest im Bereich seiner Permanentmagnetisierung aus einem magnetostriktiven Material.

Das Maschinenelement weist bevorzugt die Form eines Zylinders auf, wobei der Zylinder koaxial zu der Achse angeordnet ist. Der Zylinder ist bevorzugt gerade. Besonders bevorzugt weist das Maschinenelement die Form eines geraden Kreiszylinders auf, wobei der Kreiszylinder koaxial zu der Achse angeordnet ist. Bei besonderen

Ausführungsformen ist der Zylinder konisch ausgebildet. Der Zylinder kann auch hohl sein.

Das Maschinenelement ist bevorzugt durch eine Welle, durch eine Hohlwelle, durch eine Schaltgabel, durch einen Flansch oder durch einen Hohlflansch gebildet. Die Welle, die Hohlwelle, die Schaltgabel, der Flansch bzw. der Hohlflansch kann für Belastungen durch unterschiedliche Kräfte und Momente ausgelegt sein und beispielsweise eine Komponente eines Sensortretlagers, eines Wankstabilisators oder eines Düngerstreuers sein. Grundsätzlich kann das Maschinenelement auch durch völlig andersartige Maschinenelementtypen gebildet sein.

Der mindestens eine Magnetfeldsensor bzw. dessen Magnetfeldsensorelemente sind bevorzugt durch einen Halbleitersensor, z. B. durch einen Hall- oder xMR-Sensor, oder durch eine Spule, z. B. durch ein Fluxgate-Magnetometer gebildet. Grundsätzlich können auch andere Sensortypen verwendet werden, insofern sie zur Messung einer einzelnen bzw. mehrere einzelner Richtungskomponenten des magnetischen Feldes bzw. der magnetischen Felder geeignet sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zum berührungslosen Messen eines Momentes an einem sich in einer Achse erstreckenden Maschinenelement. Das Maschinenelement weist eine Permanentmagnetisierung auf, die zumindest innerhalb eines axialen Abschnittes des Maschinenelementes ausgebildet ist und parallel zu einer radial ausgerichteten Geraden ausgerichtet ist. Erfindungsgemäß erfolgt eine Messung einer axialen Richtungskomponente eines durch die Permanentmagnetisierung sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldes oder einer axialen Richtungskomponente einer durch die Permanentmagnetisierung sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldänderung. Bevorzugt werden eine Amplitude und/oder eine Phase der axialen Richtungskomponente des durch die Permanentmagnetisierung sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldes bzw. der axialen Richtungskomponente der durch die Permanentmagnetisierung sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldänderung gemessen, um das Moment zu bestimmen.

Das erfindungsgemäße Verfahren dient besonders bevorzugt weiterhin zum Messen eines Drehwinkels und/oder einer Drehzahl des Maschinenelementes, wofür eine drehwinkelabhängige Veränderung des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung gemessen wird.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden bevorzugt die erfindungsgemäße Anordnung und deren bevorzugte Ausführungsformen verwendet. Das erfindungsgemäße Verfahren weist bevorzugt auch solche Merkmale auf, die für die erfindungsgemäße Anordnung und deren bevorzugte Ausführungsformen angegeben sind.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine Hohlwelle einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung in zwei Ansichten;

Fig. 2 magnetische Feldlinien in der in Fig. 1 gezeigten Hohlwelle;

Fig. 3 ein Diagramm eines Verlaufes einer tangentialen und einer radialen Richtungskomponente eines Magnetfeldes der in Fig. 1 gezeigten Hohlwelle in einem unbelasteten Zustand; und

Fig. 4 ein Diagramm eines Verlaufes einer axialen, einer tangentialen und einer radialen Richtungskomponente von Magnetfeldern der in Fig. 1 gezeigten Hohlwelle.

Fig. 1 zeigt ein Maschinenelement in Form einer Hohlwelle 01, welche einen Teil einer bevorzugten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung bildet. Die Hohlwelle 01 ist in einer perspektiven Ansicht von vorn und in einer Querschnittsansicht gezeigt. Die Hohlwelle 01 weist eine Achse 02 auf, in welcher sich die Hohlwelle 01 erstreckt. Die Achse 02 bildet auch eine Symmetrieachse der Hohlwelle 01.

Die Hohlwelle 01 besitzt eine diametrale Permanentmagnetisierung 03, welche durch Richtungspfeile veranschaulicht ist. Die Richtungspfeile der Permanentmagnetisierung 03 verlaufen in der Hohlwelle 01 zueinander parallel und senkrecht zur Achse 02. Die Richtungspfeile der Permanentmagnetisierung 03 verlaufen parallel zu einem Durchmesser der Hohlwelle 01, welcher die Achse 02 in einem rechten Winkel schneidet und in der beispielhaften Darstellung vertikal verläuft.

Die diametrale Permanentmagnetisierung 03 führt an einem Ort, welcher einem Drehwinkel φ zuzuordnen ist, zu einem Magnetfeld, welches eine tangentiale Richtungskomponente B_φ der magnetischen Flussdichte und eine radiale Richtungskomponente B_R der magnetischen Flussdichte besitzt.

Die Anordnung umfasst weiterhin einen mehrachsigen Magnetfeldsensor (nicht gezeigt) zur Messung einer radialen Richtungskomponente, einer tangentialen Richtungskomponente und einer axialen Richtungskomponente von Magnetfeldern, welche aus der Hohlwelle 01 austreten.

Fig. 2 zeigt die bei der in Fig. 1 gezeigten Hohlwelle 01 durch die Permanentmagnetisierung 03 hervorgerufenen magnetischen Feldlinien innerhalb und außerhalb der Hohlwelle 01. Die Feldlinien der diametralen Permanentmagnetisierung 03 schließen sich außerhalb der Hohlwelle 01. Bei einem Drehwinkel von 0° in Bezug auf das in Fig. 1 gezeigte Koordinatensystem tritt ein Maximum $B_{\varphi maximal}$ der tangentialen Richtungskomponente der magnetischen Flussdichte auf, bei einem Drehwinkel von 90° tritt ein Minimum der tangentialen Richtungskomponente auf.

Fig. 3 zeigt ein Diagramm eines Verlaufes der tangentialen Richtungskomponente B_φ der magnetischen Flussdichte und der radialen Richtungskomponente B_R der magnetischen Flussdichte der in Fig. 1 gezeigten Permanentmagnetisierung 03 in Abhängigkeit vom Drehwinkel φ. Die Amplitudenverläufe dieser beiden Richtungskomponenten sind um 90° phasenverschoben. Erfindungsgemäß werden diese beiden Richtungskomponenten mit dem mehrachsigen Magnetfeldsensor gemessen, um den Drehwinkel φ der Hohlwelle 01 (gezeigt in Fig. 1) zu messen. Bei dem gezeigten Verlauf ist die

Hohlwelle 01 nicht durch eine Torsion beansprucht, sodass keine weitere Richtungskomponente eines Magnetfeldes auftritt.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm eines Verlaufes der tangentialen Richtungskomponente B_φ der magnetischen Flussdichte und der radialen Richtungskomponente B_R der magnetischen Flussdichte der in Fig. 1 gezeigten Permanentmagnetisierung 03. Das Diagramm zeigt weiterhin einen Verlauf einer magnetischen Flussdichte, welche durch ein auf die Hohlwelle 01 wirkendes Torsionsmoment und durch die Permanentmagnetisierung 03 hervorgerufen wird und eine axiale Richtungskomponente B_{ax} besitzt. Durch die Messung von Amplitude und/oder Phasenlage der axialen Richtungskomponente B_{ax} lässt sich das auf die Hohlwelle 01 wirkende Torsionsmoment bestimmen.

Bezugszeichenliste

01	Hohlwelle
02	Achse
03	Permanentmagnetisierung

φ	Drehwinkel
B_φ	tangentiale Richtungskomponente
B_R	radiale Richtungskomponente
B_{ax}	axiale Richtungskomponente

Patentansprüche

1. Anordnung zum berührungslosen Messen eines Momentes an einem sich in einer Achse (02) erstreckenden Maschinenelement; wobei das Maschinenelement eine Permanentmagnetisierung (03) aufweist, die zumindest innerhalb eines axialen Abschnittes des Maschinenelementes ausgebildet ist und parallel zu einer radial ausgerichteten Geraden ausgerichtet ist; und wobei die Anordnung weiterhin mindestens einen Magnetfeldsensor umfasst, welcher zumindest zur Messung einer axialen Richtungskomponente (B_{ax}) eines durch die Permanentmagnetisierung (03) sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldes oder einer axialen Richtungskomponente (B_{ax}) einer durch die Permanentmagnetisierung (03) sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldänderung ausgebildet ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Permanentmagnetisierung (03) genau zwei Pole besitzt, die bezogen auf die Achse (02) diametral gegenüberliegend angeordnet sind.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Magnetfeldlinien der Permanentmagnetisierung (03) innerhalb des Maschinenelementes parallel zueinander und senkrecht zur Achse (02) verlaufen.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie weiterhin zum Messen eines Drehwinkels (φ) und/oder einer Drehzahl des Maschinenelementes dient, wofür der Magnetfeldsensor weiterhin zur Messung einer drehwinkelabhängigen Veränderung des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung (03) ausgebildet ist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Magnetfeldsensor zur einzelnen Messung zweier senkrecht zueinander ausgerichteter Richtungskomponenten (B_R, B_φ) des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung (03) ausgebildet ist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Magnetfeldsensor zur einzelnen Messung der radialen Richtungskomponente (B_R) des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung (03) und zur einzelnen Messung der tangentialen Richtungskomponente (B_φ) des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung (03) ausgebildet ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Maschinenelement durch eine Welle, durch einen Flansch, durch eine Hohlwelle (01) oder durch einen Hohlflansch gebildet ist.

8. Verfahren zum berührungslosen Messen eines Momentes an einem sich in einer Achse (02) erstreckenden Maschinenelement; wobei das Maschinenelement eine Permanentmagnetisierung (03) aufweist, die zumindest innerhalb eines axialen Abschnittes des Maschinenelementes ausgebildet ist und parallel zu einer radial ausgerichteten Geraden ausgerichtet ist; und wobei bei dem Verfahren eine axiale Richtungskomponente (B_{aX}) eines durch die Permanentmagnetisierung (03) sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldes oder eine axiale Richtungskomponente (B_{aX}) einer durch die Permanentmagnetisierung (03) sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldänderung gemessen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Amplitude und/oder eine Phase der axialen Richtungskomponente (B_{aX}) des durch die Permanentmagnetisierung (03) sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldes oder der axialen Richtungskomponente (B_{aX}) der durch die Permanentmagnetisierung (03) sowie durch das Moment bewirkten Magnetfeldänderung gemessen werden, um das Moment zu bestimmen.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass es weiterhin zum Messen eines Drehwinkels (φ) und/oder einer Drehzahl des Maschinenelementes dient, wofür eine drehwinkelabhängige Veränderung des Magnetfeldes der Permanentmagnetisierung (03) gemessen wird.

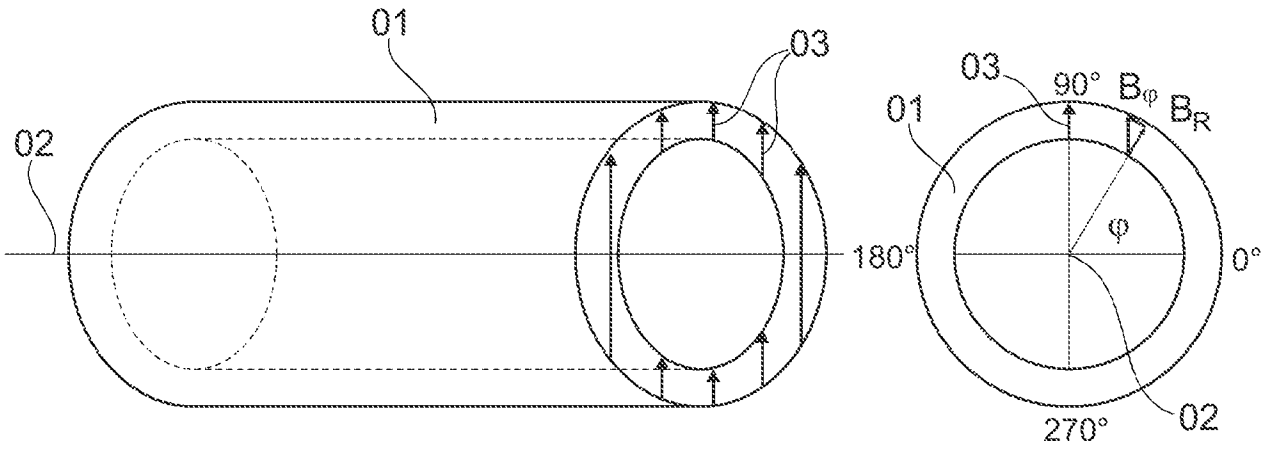

01
03
02
03
90°
B_φ
B_R
01
φ
180°
0°
270°
02

Fig. 1

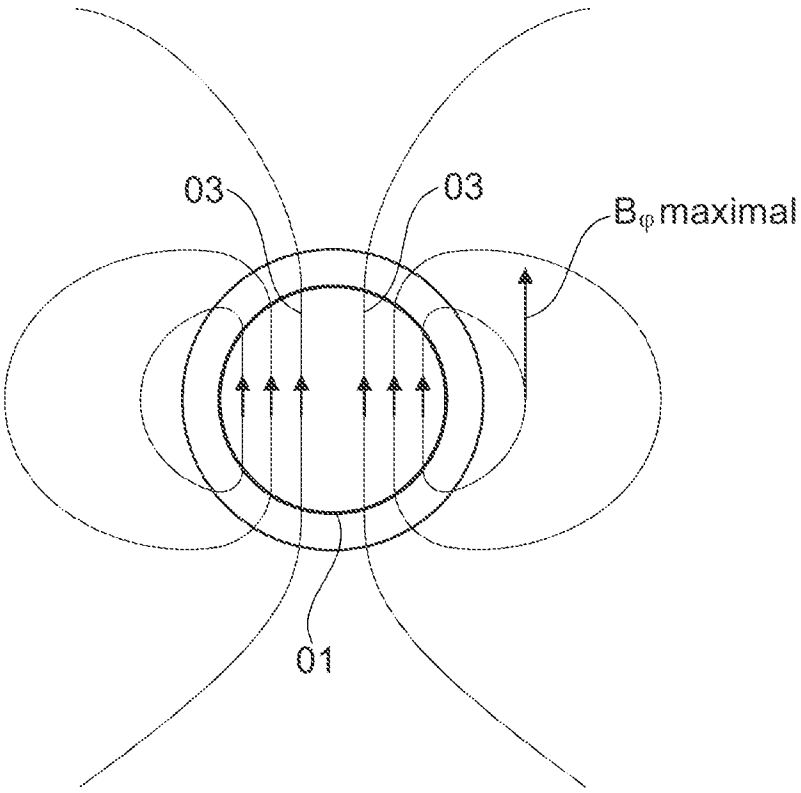

03
03
B_φ maximal
01

Fig. 2

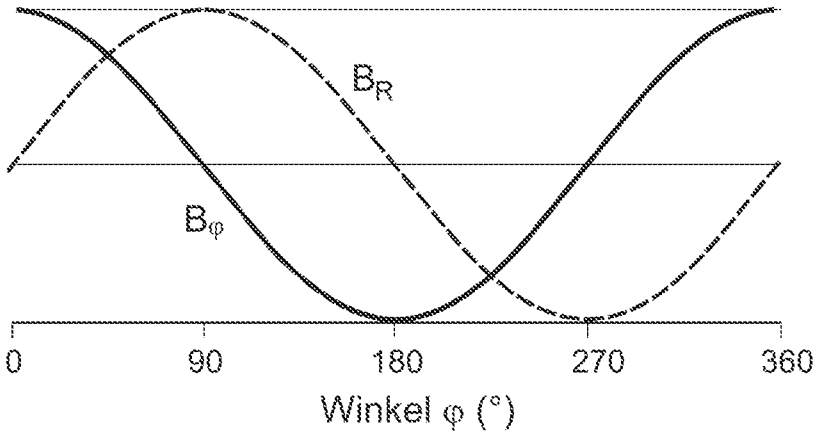

B_R
B_φ
0
90
180
270
360
Winkel φ (°)

Fig. 3

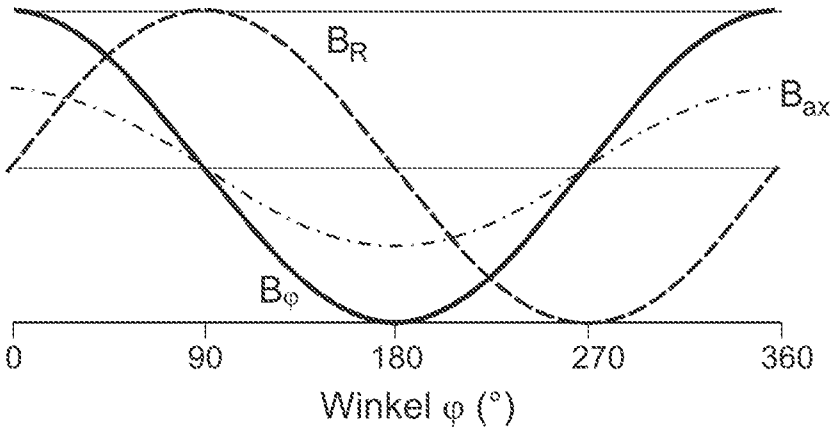

B_R
B_{ax}
B_φ
0
90
180
270
360
Winkel φ (°)

Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2016/200162

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01L3/10 G01L1/12
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01D G01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 16 568 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 November 1999 (1999-11-04) abstract column 1 - column 4 figures 1-4	1-10
X	WO 2008/000012 A2 (SCHNEIDER ELECTRIC POWER DRIVE [AT]; ROBEISCHL EWALD [AT]; WOEHRNSCHIM) 3 January 2008 (2008-01-03) abstract page 1 - page 10 figures 1-3	1,8
X	EP 1 632 764 A1 (GETRAG FORD TRANSMISSIONS GMBH [DE]) 8 March 2006 (2006-03-08) abstract column 1 - column 10 figures 1-8	1,8

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
8 July 2016	18/07/2016

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Ridha, Philipp

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2016/200162

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 96/26420 A1 (GARSHELIS IVAN J [US]) 29 August 1996 (1996-08-29) abstract page 1 - page 56 figures 1-25	1,8
X	DE 10 2010 032061 A1 (TYCO ELECTRONICS AMP GMBH [DE]) 26 January 2012 (2012-01-26) abstract page 1 - page 13 figures 1-6	1,8

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2016/200162

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19816568 A1	04-11-1999	DE 19816568 A1	04-11-1999
		WO 9953284 A1	21-10-1999
WO 2008000012 A2	03-01-2008	AT 504137 A4	15-03-2008
		WO 2008000012 A2	03-01-2008
EP 1632764 A1	08-03-2006	NONE	
WO 9626420 A1	29-08-1996	AT 192570 T	15-05-2000
		CA 2213657 A1	29-08-1996
		DE 69608100 D1	08-06-2000
		DE 69608100 T2	15-02-2001
		EP 0829001 A1	18-03-1998
		JP 2992351 B2	20-12-1999
		JP H10513267 A	15-12-1998
		US 5591925 A	07-01-1997
		US 5708216 A	13-01-1998
		WO 9626420 A1	29-08-1996
DE 102010032061 A1	26-01-2012	DE 102010032061 A1	26-01-2012
		WO 2012010507 A1	26-01-2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2016/200162

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01L3/10 G01L1/12
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01D G01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 16 568 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4. November 1999 (1999-11-04) Zusammenfassung Spalte 1 - Spalte 4 Abbildungen 1-4	1-10
X	WO 2008/000012 A2 (SCHNEIDER ELECTRIC POWER DRIVE [AT]; ROBEISCHL EWALD [AT]; WOEHRNSCHIM) 3. Januar 2008 (2008-01-03) Zusammenfassung Seite 1 - Seite 10 Abbildungen 1-3	1,8
X	EP 1 632 764 A1 (GETRAG FORD TRANSMISSIONS GMBH [DE]) 8. März 2006 (2006-03-08) Zusammenfassung Spalte 1 - Spalte 10 Abbildungen 1-8	1,8

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Juli 2016	18/07/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Ridha, Philipp

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2016/200162

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 96/26420 A1 (GARSHELIS IVAN J [US]) 29. August 1996 (1996-08-29) Zusammenfassung Seite 1 - Seite 56 Abbildungen 1-25	1,8
X	DE 10 2010 032061 A1 (TYCO ELECTRONICS AMP GMBH [DE]) 26. Januar 2012 (2012-01-26) Zusammenfassung Seite 1 - Seite 13 Abbildungen 1-6	1,8

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2016/200162

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19816568 A1	04-11-1999	DE 19816568 A1	04-11-1999
		WO 9953284 A1	21-10-1999
WO 2008000012 A2	03-01-2008	AT 504137 A4	15-03-2008
		WO 2008000012 A2	03-01-2008
EP 1632764 A1	08-03-2006	KEINE	
WO 9626420 A1	29-08-1996	AT 192570 T	15-05-2000
		CA 2213657 A1	29-08-1996
		DE 69608100 D1	08-06-2000
		DE 69608100 T2	15-02-2001
		EP 0829001 A1	18-03-1998
		JP 2992351 B2	20-12-1999
		JP H10513267 A	15-12-1998
		US 5591925 A	07-01-1997
		US 5708216 A	13-01-1998
		WO 9626420 A1	29-08-1996
DE 102010032061 A1	26-01-2012	DE 102010032061 A1	26-01-2012
		WO 2012010507 A1	26-01-2012