



(10) **DE 10 2013 202 383 A1** 2014.08.14

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 202 383.9**

(22) Anmeldetag: **14.02.2013**

(43) Offenlegungstag: **14.08.2014**

(51) Int Cl.: **G01L 3/10 (2006.01)**

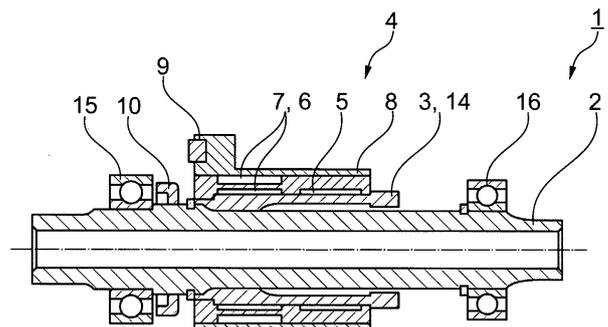
(71) Anmelder:  
**Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG, 91074,  
Herzogenaurach, DE**

(72) Erfinder:  
**Benkert, Frank, 97534, Waigolshausen, DE;  
Heim, Jens, 97493, Bergheinfeld, DE; Sperber,  
Matthias, 96193, Wachenroth, DE; Gierl, Jürgen,  
91052, Erlangen, DE; Nuißl, Christian, 90763,  
Fürth, DE; Glück, Stefan, 97424, Schweinfurt, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Drehmomentmessvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine insbesondere für ein Tretlager (1) geeignete Drehmomentmessvorrichtung umfasst – eine als Antriebswelle vorgesehene innere Welle (2), – eine mit der inneren Welle (2) verbundene, diese koaxial umgebende, als Abtriebswelle vorgesehene Hohlwelle (3), wobei die Hohlwelle (3) eine einen Dehnungsmessstreifen (5) umfassende Direktbeschichtung zur Drehmomentmessung aufweist.



**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Drehmomentmessvorrichtung sowie ein Tretlager, welches mit einer Drehmomentmessvorrichtung ausgerüstet ist. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Drehmomentmessvorrichtung.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Eine Drehmomentmessvorrichtung, mit der ein in einer Welle wirkendes Drehmoment gemessen wird, erfasst üblicherweise eine von dem zu messenden Drehmoment abhängige Torsion der Welle. Die Torsion kann beispielsweise optisch detektiert werden. Eine Drehmomentmessung mit optischen Methoden ist prinzipiell beispielsweise aus der DE 10 2005 055 949 A1 bekannt.

**[0003]** Zur Detektion einer Winkellage einer Welle oder einer Verdrehung zwischen zwei relativ zueinander tordierbaren Bauteilen sind auch magnetische Maßverkörperungen geeignet. Als Stand der Technik ist in diesem Zusammenhang beispielhaft die DE 10 2010 023 355 A1 zu nennen.

**[0004]** Ebenso ist es möglich, ein in einer Welle oder Hülse wirkendes Drehmoment über die drehmomentabhängige Veränderung magnetischer Eigenschaften zumindest eines magnetisierten Abschnitts der Welle beziehungsweise der Hülse zu messen. Eine hierauf basierende Messvorrichtung ist zum Beispiel aus der EP 2 365 927 A1, die ein Tretlager betrifft, bekannt.

**[0005]** Zur Drehmomentmessung sind prinzipiell auch Dehnungsmessstreifen geeignet, welche an geeigneter Stelle eines durch ein Drehmoment belasteten Bauteils appliziert werden. Die DE-Patentanmeldung 10 2012 208 492.4 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Dehnungsmessstreifenanordnung, bei welchem an der Oberfläche einer Welle eine verformungssensitive Messschicht aufgebracht und anschließend mittels Laser bearbeitet wird.

**[0006]** Die Verwendung von Dehnungsmessstreifen bei Fahrrädern mit elektrischem Hilfsantrieb ist beispielsweise in der CN 201737127 U beschrieben. Ein Dehnungsmessstreifen befindet sich in diesem Fall auf einer Torsionshülse.

## Aufgabe der Erfindung

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Drehmomentmessvorrichtung insbesondere hinsichtlich der zuverlässigen Reproduzierbarkeit von Produkteigenschaften in der Massenfertigung gegen-

über dem genannten Stand der Technik weiterzuentwickeln.

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Drehmomentmessvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch ein Tretlager nach Anspruch 16, sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 17. Im Folgenden im Zusammenhang mit der Drehmomentmessvorrichtung oder dem Tretlager erläuterte Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung gelten sinngemäß auch für das Herstellungsverfahren und umgekehrt.

**[0009]** Die Drehmomentmessvorrichtung umfasst

- eine als Antriebswelle vorgesehene innere Welle,
- eine mit der inneren Welle verbundene, diese koaxial umgebende, als Abtriebswelle vorgesehene Hohlwelle,

wobei die Hohlwelle eine einen Dehnungsmessstreifen umfassende Direktbeschichtung zur Drehmomentmessung aufweist.

**[0010]** Unter einer Direktbeschichtung wird hierbei eine Beschichtung verstanden, die während ihres Herstellungsprozesses direkt auf einem zu beschichteten Bauteil erzeugt wird. Ein typisches allgemeines Beispiel hierfür ist die Lackierung eines Bauteils: Die Lackschicht wird erst während des Lackierens direkt auf dem zu lackierenden Bauteil erzeugt. Ein Gegenbeispiel, welches nicht unter die Definition einer Direktbeschichtung fällt, ist das Aufkleben einer Folie auf ein Bauteil.

**[0011]** Die Direktbeschichtung, welche insgesamt einen Dehnungsmessstreifen bildet oder zumindest partiell verformungssensitive Eigenschaften aufweist, kann gemäß der DE-Patentanmeldung 10 2012 208 492.4 erzeugt werden.

**[0012]** Die Hohlwelle, auf welcher der Dehnungsmessstreifen in Form einer Direktbeschichtung erzeugt ist, ist vorzugsweise aus einem metallischen Grundwerkstoff, insbesondere Stahl, hergestellt, wobei auf dem Grundwerkstoff eine Isolationsschicht aufgebracht ist, auf welcher sich eine verformungssensitive Schicht als Messschicht befindet. Im Vergleich zu einem auf ein tordierbares Teil aufgeklebten Dehnungsmessstreifen zeichnet sich der erfindungsgemäße Aufbau der Drehmomentmessvorrichtung durch eine sehr viel bessere Reproduzierbarkeit und langfristige Stabilität der messtechnischen Eigenschaften aus. Ein weitere Vorteil ist dadurch gegeben, dass weder die Hohlwelle noch die innere Welle durch Strukturen wie Kerben oder Nuten geschwächt ist.

**[0013]** Die Isolationsschicht, auf welcher die zur Drehmomentmessung vorgesehene verformungssensitive Schicht aufgebracht ist, umfasst beispielsweise ein Oxid oder ein Karbid. Geeignete Werkstoffe für die Isolationsschicht sind insbesondere  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sowie  $\text{SiO}_2$ . Ebenso ist als Isolationsschicht eine amorphe Kohlenstoffschicht geeignet. Die Isolationsschicht ist beispielsweise im PVD (physical vapour deposition)- oder PACVD (physical assisted chemical vapour deposition)-Verfahren herstellbar. Auch die Verwendung von Polymeren zur Herstellung der Isolationsschicht ist möglich.

**[0014]** Die Messschicht, welche sich auf der Isolationsschicht befindet, ist beispielsweise durch eine Nickellegierung, insbesondere eine NiCr-Legierung, gebildet und weist vorzugsweise eine Dicke von 0,05  $\mu\text{m}$  bis 1,0  $\mu\text{m}$  auf.

**[0015]** Auf die Messschicht wird in bevorzugter Ausgestaltung eine organische oder anorganische Schutzschicht aufgebracht. Die Gesamtdicke der verformungssensitiven Direktbeschichtung einschließlich Schutzschicht beträgt vorzugsweise nicht mehr als 20  $\mu\text{m}$ .

**[0016]** Zusätzlich zur als Dehnungsmessstreifen fungierenden Direktbeschichtung befindet sich auf der Hohlwelle gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung eine Signalübertragungskomponente, welche mit einer weiteren, ortsfesten Signalübertragungskomponente zusammenwirkt. In einer einfachen Ausgestaltung kann es sich bei der Signalübertragungskomponente um einen Schleifring handeln. Alternativ ist eine drahtlose, beispielsweise induktive Signalübertragung zwischen der Hohlwelle und einem nicht rotierenden Bauteil vorgesehen. Zusätzlich zur Signalübertragung ist in beiden Fällen auch eine leitungsgebundene beziehungsweise drahtlose Energieübertragung zwischen der mit der Drehmomentensensorik ausgerüsteten Hohlwelle und einem umgebenden, nicht rotierenden Bauteil möglich. Die berührungsfreie Signal- und Energieübertragung hat gegenüber der einfacheren, mit schleifenden Kontakten arbeitenden Lösung den prinzipiellen Vorteil fehlenden Verschleißes sowie geringerer Schmutzempfindlichkeit auf. Zudem ist durch die nicht berührende Übertragung von Signalen und Energie ein Vorteil hinsichtlich des bei der Rotation der Einheit aus innerer Welle und Hohlwelle entstehenden Bremsmomentes gegeben.

**[0017]** Neben einer Signalübertragungskomponente weist die Hohlwelle optional auch einer Signalauswertungskomponente auf. Die für den Betrieb dieser Signalauswertungskomponente benötigte Energie kann ebenfalls entweder über berührende Kontakt oder kontaktlos übertragen werden. In Ausführungsformen, in denen sich keine Signalauswertungskomponente auf der Hohlwelle oder einem mit

dieser verbundenen Teil befindet, kann die Signalverarbeitung beispielsweise in einem Gehäuse der Drehmomentmessvorrichtung oder in einer außerhalb des Gehäuses liegenden externen Auswerteeinheit erfolgen.

**[0018]** Unabhängig davon, wie eine eventuelle Signalauswertungskomponente auf der rotierbaren Hohlwelle oder einem drehfest mit dieser verbundenen Teil ausgebildet ist, kann auf der inneren Welle oder einem mit dieser drehfest verbundenen Teil eine Komponente einer Drehzahlmessvorrichtung angeordnet sein.

**[0019]** Die erfindungsgemäße Drehmomentmessvorrichtung ist besonders für die Verwendung in einem Fahrrad mit elektrischem Hilfsantrieb geeignet. Allgemein ist die Drehmomentmessvorrichtung für alle Anwendungen prädestiniert, bei welchen ein Drehmoment an zwei verschiedenen Stelle in eine Antriebswelle einleitbar ist und das summierte eingeleitete Drehmoment mittels einer einzigen, die Antriebswelle konzentrisch umgebenden Abtriebswelle weitergeleitet wird. Die Drehmomentmessvorrichtung erfasst in jedem solchen Fall zuverlässig das summierte, in der Abtriebswelle wirkende Drehmoment.

**[0020]** Das Verfahren zur Herstellung der Drehmomentmessvorrichtung umfasst unabhängig vom technischen Anwendungsgebiet folgende Merkmale:

- a) eine eine Messschicht zur Drehmomentmessung bereitstellende, einen Dehnungsmessstreifen bildende Beschichtung wird als Direktbeschichtung auf einem Grundwerkstoff einer Hohlwelle aufgebracht, wobei die Strukturierung des Dehnungsmessstreifens erst nach der Aufbringung der Beschichtung auf die Hohlwelle erfolgt,
- b) die Hohlwelle wird drehfest mit einer koaxial innerhalb dieser angeordneten inneren Welle verbunden, wobei die innere Welle eine Antriebswelle und die Hohlwelle eine Abtriebswelle bildet.

**[0021]** Der Dehnungsmessstreifen kann hierbei entweder auf der als Einzelteil vorliegenden Hohlwelle erzeugt werden oder erst nach der kompletten Montage der die Hohlwelle sowie die innere Welle umfassenden Baueinheit aufgebracht werden. Das Verfahrensschritt a) kann also vor oder nach dem Verfahrensschritt b) ausgeführt werden. Ebenso ist es möglich, die als Dehnungsmessstreifen fungierende Direktbeschichtung als beliebigen Zwischenschritt während der Fertigung der Drehmomentmessvorrichtung aufzubringen.

**[0022]** Die verformungssensitive Eigenschaften aufweisende, einen Dehnungsmessstreifen bildende Beschichtung kann im PVD- oder PACVD-Verfahren hergestellt werden. Die Strukturierung dieser Beschichtung erfolgt vorzugsweise per Laser, wie in der

DE-Patentanmeldung 10 2012 208 492.4 beschrieben.

**[0023]** Der per Laser bearbeitete Dehnungsmessstreifen weist in vorteilhafter Ausgestaltung eine Streifenstruktur auf, wobei die einzelnen Streifen jeweils einen Abschnitt einer um die Rotationsachse der Hohlwelle verlaufenden Schraubenlinie beschreiben, welche zur Rotationsachse um 30° bis 60°, vorzugsweise um 45°, schräg gestellt ist. Alternativ zur Laserbearbeitung der verformungssensitiven Schicht ist auch eine photolithographische Bearbeitung möglich. In jedem Fall wird dabei direkt eine Schicht bearbeitet, die nicht in einer Ebene angeordnet ist, sondern eine räumliche Struktur darstellt. Die Anordnung der verformungssensitiven Strukturen an der Oberfläche der Hohlwelle erfolgt vorzugsweise in Vollbrückenordnung. In durch die genannte 45°-Mäanderstruktur entstehenden, nicht zum Messen des Drehmoments genutzten Bereichen der Oberfläche der Direktbeschichtung sind Kontaktpads platzierbar. Die Kontaktierungsstellen können ebenso wie die übrigen Bereiche der zur Drehmomentmessung sowie gegebenenfalls zur Signalverarbeitung ausgebildeten Oberflächenbereiche mit einer Schutzschicht gegen Umwelteinflüsse geschützt werden. Einschließlich der gesamten Aufbau- und Verbindungstechnik sowie Energie- und Signalübertragungstechnik ist die gesamte Drehmomentmessvorrichtung äußerst platzsparend aufgebaut. Komponenten der Energie- und Signalübertragungstechnik, welche außerhalb der Drehmomentmessvorrichtung angeordnet sind, befinden sich vorzugsweise in ebenfalls raumsparender Anordnung in einem die Drehmomentmessvorrichtung unmittelbar umgebenden, im Wesentlichen hülsenförmigen Bauteil.

**[0024]** Bei der Verwendung der Drehmomentmessvorrichtung in einem Fahrrad mit elektrischem Hilfsantrieb sind sämtliche Komponenten der Drehmoment- und Drehzahlsensorik in den Rahmen, innerhalb des Einbauraums des Tretlagers, integrierbar. Durch die Drehmoment- und Drehzahlmessung kann eine Leistungsmesssystem bereitgestellt werden, mit welchem auch im semiprofessionellen Bereich die Leistung des Radfahrers ermittel- und anzeigbar ist.

**[0025]** Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen in teilweise vereinfachter Darstellung:

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0026]** Fig. 1 ein Tretlager mit einer Drehmomentmessvorrichtung,

**[0027]** Fig. 2 ein Detail des Tretlagers nach Fig. 1.

#### Ausführliche Beschreibung der Zeichnung

**[0028]** Ein in Fig. 1 insgesamt mit dem Bezugszeichen **1** gekennzeichnetes Tretlager weist eine Welle **2** auf, die durch zwei Wälzlager **15**, **16**, nämlich Kugellager, rotierbar im Rahmen eines nicht weiter dargestellten Fahrrads mit elektrischem Hilfsantrieb gelagert ist. An beiden Enden der Welle **2** ist jeweils eine nicht dargestellte Tretkurbel befestigt. Die Welle **2** ist hohl und wird auch als innere Welle bezeichnet.

**[0029]** Mit der inneren Welle **2** ist eine Hohlwelle **3**, welche die Welle **2** konzentrisch umgibt, einseitig fest verbunden. Im nicht mit der inneren Welle **2** verbundenen Abschnitt der Hohlwelle **3** ist diese von der Welle **2** beabstandet, so dass ein Ringspalt zwischen der inneren Welle **2** und der Hohlwelle **3** gebildet ist.

**[0030]** Auf der in der Anordnung nach Fig. 1 rechten Seite der Hohlwelle **3** ist diese in nicht dargestellter Weise drehfest, direkt oder indirekt, mit einem Kettenblattträger des Fahrrads verbunden. Hinsichtlich der prinzipiellen Funktion des Tretlagers **1** wird auf den eingangs zitierten Stand der Technik, insbesondere auf die EP 2 365 927 A1, verwiesen.

**[0031]** Die Hohlwelle **3** fungiert in Zusammenwirkung mit der inneren Welle **2** als Drehmomentmessvorrichtung **4**, welche im Folgenden, auch anhand Fig. 2, beschrieben ist:

Auf der Außenoberfläche der Hohlwelle **3** befindet sich ein als Direktbeschichtung hergestellter Dehnungsmessstreifen **5**. Da das gesamte über die Tretkurbeln auf beiden Seiten der inneren Welle **2** in dieses eingeleitete Drehmoment über die Hohlwelle **3** zum Kettenblattträger geleitet wird, zeigt die Torsion der Hohlwelle **3** exakt die Summe des auf die innere Welle **2** vom Fahrer aufgebrachten Drehmoments an.

**[0032]** Zusätzlich zum Dehnungsmessstreifen **5** befindet sich auf der Hohlwelle **3** eine erste Signal- und Energieübertragungskomponente **6**. Eine mit dieser zusammenwirkende zweite Signal- und Energieübertragungskomponente **7** ist, die Hohlwelle **3** konzentrisch umgebend, in einem im Wesentlichen hülsenförmigen Sensorgehäuse **8** angeordnet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel dienen die Signal- und Energieübertragungskomponenten **6**, **7** der induktiven Energie- und Signalübertragung zwischen der rotierenden, die innere Welle **2** sowie die Hohlwelle **3** umfassenden Baueinheit und dem starr im Fahrradrahmen angeordneten Sensorgehäuse **8**. Am Sensorgehäuse **8** ist auch ein Sensoranschluss **9** erkennbar. Ein an diesen Sensoranschluss **9** angeschlossenes Kabel verläuft typischerweise innerhalb eines Rahmenrohrs des Fahrrads. Weiter ist in Fig. 1 eine Drehzahlmesskomponente **10** erkennbar, welche auf der inneren Welle **2** befestigt ist und mit einer weiteren, rahmenfesten Drehzahlmesskomponente zusammenwirkt.

**[0033]** Der als Direktbeschichtung auf der Hohlwelle **3** hergestellte Dehnungsmessstreifen **5** umfasst eine direkt auf dem Grundwerkstoff, nämlich Stahl, der Hohlwelle **3** erzeugte Isolationsschicht **11**, eine auf dieser direkt erzeugte, per Laser strukturierte, die eigentliche verformungssensitive Schicht darstellende Messschicht **12**, sowie eine die Messschicht **12** sowie Kontaktierungsstellen gegen Umwelteinflüsse abschirmende Schutzschicht **13**.

**[0034]** Hinsichtlich der Strukturierung des Dehnungsmessstreifens **5** wird auf **Fig. 2** verwiesen, in der auch eine Verzahnung **14** erkennbar ist, welche der Anbindung des Kettenblattträgers an der Hohlwelle **3** dient. Der Dehnungsmessstreifen **5** liegt insgesamt auf einer zylindrischen Oberfläche, nämlich der Oberfläche der Hohlwelle **3** und wird während der Herstellung der Drehmomentmessvorrichtung **4** auf dieser Oberfläche erzeugt. Im Unterschied zum Stand der Technik, der das Aufkleben eines ursprünglich in einer Ebene gefertigten Dehnungsmessstreifens auf eine Welle oder ein sonstiges gekrümmtes Bauteil vorsieht, wird also nach der Erfindung unmittelbar eine dreidimensionale verformungssensitive Struktur, nämlich der als Direktbeschichtung ausgebildete Dehnungsmessstreifen **5** erzeugt. Diese Erzeugung schließt das Aufbringen der verformungssensitiven Schicht per PVD- oder PACVD-Verfahren sowie die anschließende Laserstrukturierung der Schicht ein.

#### Bezugszeichenliste

- |           |  |
|-----------|--|
| <b>1</b>  | Tretlager  |
| <b>2</b>  | innere Welle                                     |
| <b>3</b>  | Hohlwelle  |
| <b>4</b>  | Drehmomentmessvorrichtung                        |
| <b>5</b>  | Dehnungsmessstreifen                             |
| <b>6</b>  | erste Signal- und Energieübertragungskomponente  |
| <b>7</b>  | zweite Signal- und Energieübertragungskomponente |
| <b>8</b>  | Sensorgehäuse                                    |
| <b>9</b>  | Sensoranschluss                                  |
| <b>10</b> | Drehzahlmesskomponente                           |
| <b>11</b> | Isolationsschicht                                |
| <b>12</b> | Messschicht                                      |
| <b>13</b> | Schutzschicht                                    |
| <b>14</b> | Verzahnung                                       |
| <b>15</b> | Wälzlager  |
| <b>16</b> | Wälzlager  |

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102005055949 A1 [0002]
- DE 102010023355 A1 [0003]
- EP 2365927 A1 [0004, 0030]
- DE 102012208492 [0005, 0011, 0022]
- CN 201737127 U [0006]

### Patentansprüche

1. Drehmomentmessvorrichtung (4), umfassend
  - eine als Antriebswelle vorgesehene innere Welle (2),
  - eine mit der inneren Welle (2) verbundene, diese koaxial umgebende, als Abtriebswelle vorgesehene Hohlwelle (3),
 wobei die Hohlwelle (3) eine einen Dehnungsmessstreifen (5) umfassende Direktbeschichtung zur Drehmomentmessung aufweist.
2. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hohlwelle (3) einen metallischen Grundwerkstoff, eine hierauf aufgebrachte Isolationsschicht (11), sowie eine auf dieser aufgebrachte, den Dehnungsmessstreifen (5) bildende Messschicht (12) aufweist.
3. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationsschicht (11) ein Oxid umfasst.
4. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationsschicht (11) ein Karbid umfasst.
5. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationsschicht (11) amorphen Kohlenstoff umfasst.
6. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Isolationsschicht (11) ein Polymer umfasst.
7. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messschicht (12) mindestens 0,05 µm und höchstens 1,0 µm dick ist.
8. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messschicht (12) aus einer NiCr-Legierung gebildet ist.
9. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die Messschicht (12) eine Schutzschicht (13) aufgetragen ist.
10. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gesamtdicke der Direktbeschichtung maximal 20 µm beträgt.
11. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch eine auf der Hohlwelle (3) angeordnete Signalübertragungskomponente (6).
12. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Signalübertragungskomponente ein Schleifring vorgesehen ist.
13. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signalübertragungskomponente (6) zur drahtlosen Signalübertragung ausgebildet ist.
14. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, gekennzeichnet durch eine auf der Hohlwelle (6) angeordnete Signalauswertungskomponente.
15. Drehmomentmessvorrichtung (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, gekennzeichnet durch eine auf der inneren Welle (2) angeordnete Drehzahlmesskomponente (10).
16. Tretlager, umfassend eine Drehmomentmessvorrichtung (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 15.
17. Verfahren zur Herstellung einer Drehmomentmessvorrichtung (4), mit folgenden Merkmalen:
  - eine eine Messschicht (12) zur Drehmomentmessung bereitstellende, einen Dehnungsmessstreifen (5) bildende Beschichtung wird als Direktbeschichtung auf einem Grundwerkstoff einer Hohlwelle (3) aufgebracht, wobei die Strukturierung des Dehnungsmessstreifens (5) erst nach der Aufbringung der Beschichtung auf die Hohlwelle (3) erfolgt,
  - die Hohlwelle (3) wird drehfest mit einer koaxial innerhalb dieser angeordneten inneren Welle (2) verbunden, wobei die innere Welle (2) eine Antriebswelle und die Hohlwelle (3) eine Abtriebswelle bildet.
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strukturierung des Dehnungsmessstreifens (5) durch Laserbearbeitung erfolgt.
19. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strukturierung des Dehnungsmessstreifens (5) photolithographisch erfolgt.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Herstellung der Direktbeschichtung zunächst eine Isolationsschicht (11) auf dem Grundwerkstoff der Hohlwelle (3) und anschließend die Messschicht (12) auf der Isolationsschicht (11) erzeugt wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine der Schichten Isolationsschicht (11) und Messschicht (12) mit einem PVD oder PACVD-Verfahren erzeugt werden.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die

Messschicht (**12**) eine organische oder anorganische  
Schutzschicht (**13**) aufgetragen wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

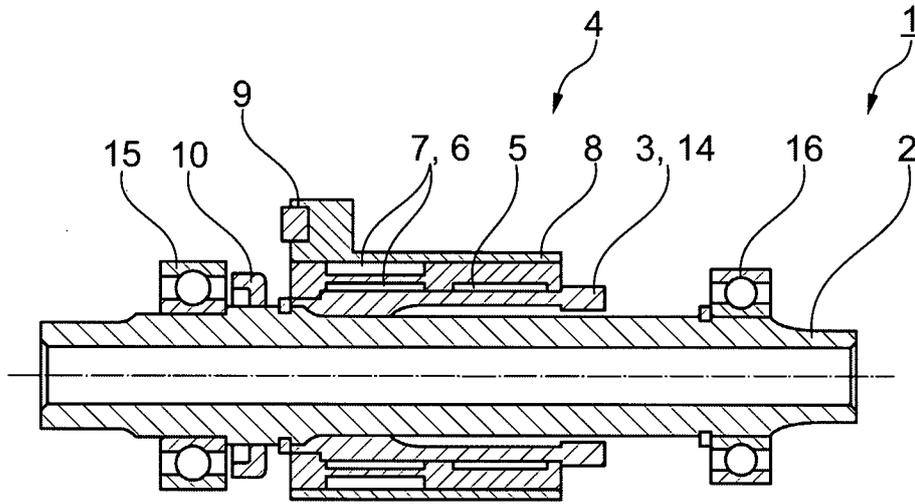


Fig. 1

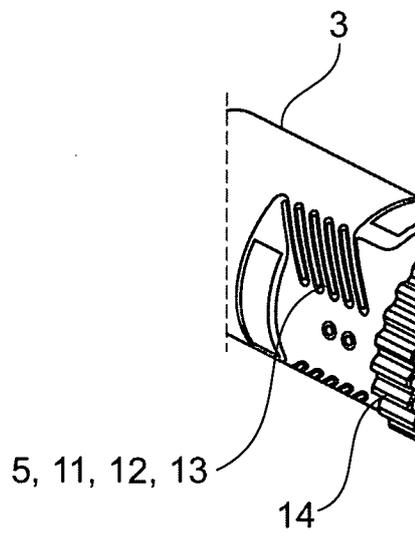


Fig. 2