

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/114890 A2

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Drehzahl-und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) zur Erfassung einer Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Welle (15) und insbesondere einer Kurbelwelle (15) einer mit Muskelkraft und/oder einer Motorkraft antreibbaren Arbeitsvorrichtung und insbesondere eines Fahrzeugs (1) um eine Rotationsachse (X) der Kurbelwelle (15), welche mit einer Oberflächenstruktur (40), welche materiell und/oder magnetisch auf einer Oberfläche (15a) der Kurbelwelle (15) ausgebildet ist, und mit einer Sensoreinheit (30), welche zur Erfassung eines von der Welle (15) und der Oberflächenstruktur (40) getragenen Magnetfeldes ausgebildet ist.

5 Beschreibung

Titel

Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit und Arbeitsvorrichtung

10 Stand der Technik

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Drehzahl- und/oder
Drehwinkelerfassungseinheit und eine Arbeitsvorrichtung. Die vorliegende
Erfindung betrifft insbesondere eine Drehmomenterfassungseinrichtung zur -
15 insbesondere aktiven - Erfassung einer Drehzahl und/oder eines Drehwinkels
einer Welle und insbesondere einer Kurbelwelle einer mit Muskelkraft und/oder
mit Motorkraft antreibbaren Arbeitsvorrichtung und insbesondere eines
Fahrzeuges um eine Rotationsachse der Kurbelwelle und eine mit Muskelkraft
und/oder mit Motorkraft antreibbare Arbeitsvorrichtung, ein Fahrzeug, ein
20 Fahrrad, Elektrofahrrad, ein eBike, ein Pedelec oder dergleichen.

Bei der Überwachung und/oder Steuerung von Antriebsvorrichtungen, zum
Beispiel im Bereich der Fahrzeugtechnik, ist es oft wünschenswert, dass eine
Drehzahl und/oder ein Drehwinkel und somit eine Orientierung einer zu Grunde
25 liegenden Welle einer Antriebseinheit erfasst werden.

Dazu werden herkömmlicherweise zum Beispiel mechanische Mittel zum
Abtasten einer Oberfläche der Welle eingesetzt, um über eine direkte
mechanische Kopplung auf eine Drehzahl und/oder einen Drehwinkel und somit
30 auf eine Orientierung der Welle schließen zu können.

Nachteilig sind dabei die mangelnde Genauigkeit beim mechanischen Abgriff und
die Beeinflussung der Drehung und der Orientierung der zu Grunde liegenden
Welle durch den mechanischen Abgriff.

35 Offenbarung der Erfindung

Die erfindungsgemäße Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 weist den Vorteil auf, dass ohne besondere mechanische Vorkehrungen im Bereich der zu untersuchenden Welle eine Drehzahl und/oder ein Drehwinkel und somit eine Orientierung der zu

5 Grunde liegenden Welle mit einem hohen Maß an Zuverlässigkeit und Genauigkeit ermittelt werden können. Dies wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 dadurch erreicht, dass eine Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit zur Erfassung einer Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Welle und insbesondere einer Kurbelwelle

10 einer mit Muskelkraft und/oder oder mit Motorkraft antreibbaren Arbeitsvorrichtung und insbesondere eines Fahrzeugs um eine Rotationsachse der Kurbelwelle geschaffen wird (i) mit einer Oberflächenstruktur, welche materiell und/oder magnetisch auf einer Oberfläche der Kurbelwelle ausgebildet ist, und (ii) mit einer Sensoreinheit, welche zur Erfassung eines von der Welle und von der Oberflächenstruktur getragenen Magnetfeldes ausgebildet ist. Durch

15 die erfindungsgemäßen Maßnahmen können die Drehzahl und/oder der Drehwinkel der zu Grunde liegenden Welle und deren Drehachse oder Rotationsachse ohne mechanischen Abgriff und ohne mechanische Kopplung über eine Erfassung magnetischer Signale an der bzw. in der Welle und somit

20 verschleißfrei und mit einem höheren Maß an Genauigkeit erfasst werden

Durch die erfindungsgemäßen Maßnahmen und insbesondere durch die kontaktfreie Erfassung von Drehzahl und Drehwinkel und somit der zeitabhängigen Stellung der Welle in Bezug auf die Rotationsachse ergibt sich

25 ein besonders hohes Maß an Störungsfreiheit bei der Messwerterfassung. Dabei wird insbesondere die Modulation des von der Welle getragenen und/oder ausgesandten Magnetfeldes durch die Oberflächenstruktur in vorteilhafterweise ausgenutzt, sei diese mechanisch und/oder magnetisch ausgebildet und organisiert.

30 Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

Ein besonders hohes Maß an Zuverlässigkeit bei der Bestimmung von Drehzahl und/oder Drehwinkel der Welle ergibt sich gemäß einer vorteilhaften

35 Weiterbildung der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit, wenn die Oberflächenstruktur als Kodierung - insbesondere für eine Winkelstellung der Kurbelwelle um die Rotationsachse -

ausgebildet ist. Auf diese Weise kann zu jedem Zeitpunkt die Orientierung der Welle in Bezug auf die Rotationsachse der Welle ermittelt und aus der Zeitabhängigkeit der Orientierung auch die Drehzahl der Welle bestimmt werden.

5 Grundsätzlich bieten sich vielfältige Möglichkeiten zur Ausgestaltung der Oberflächenstruktur auf der Oberfläche der zu Grunde liegenden Welle an. Dabei sind grundsätzlich alle Maßnahmen einzeln oder in Kombination miteinander verwendbar, die zu einer in Umfangsrichtung der Welle winkelauflösenden Diskriminierung der Stellung der Welle in Bezug auf die Rotationsachse dienen
10 können.

Bei einer besonders einfachen Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit ist die Oberflächenstruktur als mechanische Struktur (i) mit einer Abfolge von Erhebungen, Vertiefungen
15 und/oder Ausnehmungen, (ii) mit einer Abfolge einer oder mehrerer Rampen mit einer jeweiligen Kante an einem Ende der Rampe und/oder (iii) als Rändel auf oder in der Oberfläche der Welle jeweils in einer Umfangsrichtung der Welle ausgebildet.

20 Alternativ dazu kann eine permanente magnetische Kodierung auf der Oberfläche aufgebracht oder in die Oberfläche eingearbeitet vorliegen. Dies ist zum Beispiel möglich im Sinne lokaler permanentmagnetischer Bereiche.

25 Eine magnetische und eine mechanische Strukturierung können miteinander kombiniert werden.

Die Kodierung kann durch entsprechende unterschiedliche Längen oder Winkelausdehnungen der mechanischen und/oder magnetischen Bereiche in der Oberfläche und in Umfangsrichtung der Welle niedergelegt sein.

30 Zur Steigerung der Empfindlichkeit und damit der Messgenauigkeit ist es gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit vorgesehen, dass die Sensoreinheit mindestens eine Empfangsspule und/oder einen Kern, insbesondere mit oder aus einem
35 ferromagnetischen Material, aufweist, wobei eine jeweilige Empfangsspule als Mess- und/oder Sensierungsspule ausgebildet ist.

Obwohl grundsätzlich ein inhärent in der Welle vorhandenes Magnetfeld im Zusammenhang mit der Sensoreinheit zur Erfassung des Drehwinkels und/oder der Drehzahl der Welle herangezogen werden kann, ist es gemäß einer anderen bevorzugten Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit besonders vorteilhaft, wenn diese zur aktiven Erfassung von Drehzahl und/oder Drehwinkel der Welle und dazu insbesondere mit einer Erregereinheit eingerichtet ist, welche zur Beaufschlagung der Welle mit einem - insbesondere zeitlich veränderlichen - Magnetfeld ausgebildet ist.

In diesem Zusammenhang ist von besonderem Vorteil, wenn die Erregereinheit einen Erreger aufweist, insbesondere aus oder mit einer Magnetspule, mit einem Kern und/oder mit oder aus einem ferromagnetischen Material.

Dabei sind verschiedene Anordnungen von Erregereinheiten denkbar. Neben dem expliziten Vorsehen einer eigenen Erregereinheit können auch Einrichtungen genutzt werden, die im Zusammenhang mit anderen Aggregaten ausgebildet sind und dazu dienen, ein Magnetfeld auf die zu vermessende Welle aufzuprägen.

So ist bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit die Erregereinheit als zur Sensoreinheit externe Einheit und/oder als Erregereinheit einer Drehmomenterfassungseinrichtung ausgebildet.

Bei dieser Ausführungsform ist von besonderem Vorteil, dass bei einer Drehmomenterfassungseinrichtung, die magnetfeldbasiert arbeitet und zur aktiven Beaufschlagung der Welle mit einem Magnetfeld ausgebildet ist, eine dort notwendigerweise bereits vorhandene Erregereinheit auch für die Erzeugung des Magnetfeldes im Hinblick auf die Bestimmung von Drehzahl und Drehwinkel genutzt werden kann. Dadurch werden Kosten eingespart, die Anzahl der erforderlichen Bauteile wird verringert und es entsteht eine kompaktere Bauform für die eigentliche Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit.

Ein besonders hohes Maß an Kompaktheit bei der Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit lässt sich erreichen, wenn die Sensoreinheit, insbesondere eine jeweilige Empfangsspule der Sensoreinheit, und/oder ein jeweiliger Erreger, insbesondere eine jeweilige

Magnetspule der Erregereinheit oder des Erregers, zumindest teilweise als Struktur einer Platine oder Leiterplatte oder einer Mehrzahl davon ausgebildet ist.

5 Zur tatsächlichen Bestimmung der Werte für die Drehzahl und/oder für den Drehwinkel der zu Grunde liegenden Welle ist bei einer bevorzugten Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit eine Auswerte- und Steuereinheit ausgebildet, welche eingerichtet ist, (i) von der Sensoreinheit ausgegebene für die erfassten Magnetfelder repräsentative Werte zu empfangen und (ii) auf der Grundlage der
10 empfangenen Werte den Wert einer Drehzahl und/oder eines Drehwinkels der Welle zu bestimmen.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung im Sinne einer Anwendung auch eine Arbeitsvorrichtung und insbesondere ein mit Muskelkraft und/oder mit
15 Motorkraft antreibbares Fahrzeug, insbesondere Fahrrad, Elektrofahrrad, eBike, Pedelec oder dergleichen, mit mindestens einem Rad, einem Antrieb zum Antreiben des mindestens einen Rades und mit einer erfindungsgemäß ausgestalteten Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit zur Erfassung einer Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Welle des Antriebs, bei welcher
20 auf der Grundlage der erfassten Drehzahl und/oder des erfassten Drehwinkels der Antrieb überwachbar und/oder steuerbar ist.

Kurzbeschreibung der Figuren

25 Unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren werden Ausführungsformen der Erfindung im Detail beschrieben.

Figuren 1 bis 3 zeigen in schematischen Ansichten von verschiedenen
30 Seiten eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit,

Figuren 4 und 5 zeigen in schematischer Form zwei Ansichten einer
35 anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit, und zwar im Zusammenwirken mit einer vorgesehenen Drehmomenterfassungseinrichtung,

Figuren 6 bis 8 zeigen verschiedene Ansichten von Aspekten von Ausführungsformen der Oberflächenstruktur auf oder in der Oberfläche der Welle, welche dem erfindungsgemäßen Detektionsprinzip zu Drehzahl und Drehwinkel zu Grunde gelegt werden können,

Figur 9 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit im Zusammenwirken mit einer Drehmomenterfassungseinrichtung, und

Figur 10 zeigt in schematischer Seitenansicht eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Arbeitsvorrichtung insbesondere eines Fahrzeuges nach Art eines Elektrofahrrads unter Verwendung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung

Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 10 Ausführungsbeispiele der Erfindung im Detail beschrieben. Gleiche und äquivalente sowie gleich oder äquivalent wirkende Elemente und Komponenten werden mit denselben Bezugszeichen bezeichnet. Nicht in jedem Fall ihres Auftretens wird die Detailbeschreibung der bezeichneten Elemente und Komponenten wiedergegeben.

Die dargestellten Merkmale und weiteren Eigenschaften können in beliebiger Form von einander isoliert und beliebig miteinander kombiniert werden, ohne den Kern der Erfindung zu verlassen.

Zunächst wird unter Bezugnahme auf Figur 10 beispielhaft ein Elektrofahrrad als eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Arbeitsvorrichtung und insbesondere des erfindungsgemäßen Fahrzeuges 1 im Detail beschrieben.

Das Fahrzeug 1 umfasst als Elektrofahrrad einen Rahmen 12, an dem ein Vorderrad 9-1, ein Hinterrad 9-2 und ein Kurbeltrieb 2 mit zwei Kurbeln 7, 8 mit

Pedalen 7-1 und 8-1 angeordnet sind. Ein elektrischer Antrieb 3 ist in den Kurbeltrieb 2 integriert. Am Hinterrad 9-2 ist ein Ritzel 6 angeordnet.

Ein Antriebsmoment, welches durch den Fahrer und/oder durch den elektrischen Antrieb 3 bereitgestellt wird, wird von einem Kettenblatt 4 am Kurbeltrieb 2 über eine Kette 5 auf das Ritzel 6 übertragen.

Am Lenker des Fahrzeuges 1 ist ferner eine Steuereinheit 10 angeordnet, welche mit dem elektrischen Antrieb 3 verbunden ist. Im oder am Rahmen 12 ist ferner eine Batterie 11 ausgebildet, welche zur Stromversorgung des elektrischen Antriebes 3 dient.

Im Rahmen 12 integriert ist ferner ein Kurbellager 13 oder Tretlager, welches ein Kurbelgehäuse 14 und eine Kurbelwelle 15 aufweist.

Der Antrieb 80 des erfindungsgemäßen Fahrzeuges 1 umfasst insgesamt also den Kurbeltrieb 2 zur Betätigung durch den Fahrer mittels Muskelkraft und den zusätzlichen oder alternativen elektrischen Antrieb 3.

Im Bereich des Antriebes 80 ist auch eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100 ausgebildet, um die Drehzahl und/oder den Drehwinkel der Kurbelwelle 15 zu detektieren.

Anhand des in Figur 10 dargestellten Dreibeines wird deutlich, dass das Fahrzeug sich mit seiner Längserstreckungsrichtung Y parallel zur y-Richtung erstreckt, wogegen die Quererstreckungsrichtung parallel zur x-Richtung verläuft und mit der Richtung der Achse X der Kurbelwelle 15 übereinstimmt.

Die Figuren 1 bis 3 zeigen verschiedene Ansichten einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100.

Die Grundstruktur der Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100 ist am besten aus der Draufsicht gemäß Figur 1 erkennbar. Dort ist die Kurbelwelle 15 als mit einem Drehmoment beaufschlagbare Welle, die es hinsichtlich Drehzahl und/oder Drehwinkel zu überwachen gilt, dargestellt. Die Kurbelwelle 15 ist in der x-Richtung ausgerichtet und um eine Achse X, welche parallel zur x-

Richtung ausgerichtet ist, drehbar gelagert, wie dies auch im Zusammenhang mit Figur 10 für das erfindungsgemäße Fahrzeug 1 dargestellt ist.

Die in Figur 1 dargestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100 besteht aus einer Sensoreinheit 30 und einer Erregereinheit 20.

Die Sensoreinheit 30 dient als Messsensoreinrichtung oder kurz als Messsensor und weist eine Empfangsspule 31-1 auf, welche einen Kern 31-2, zum Beispiel mit oder aus einem ferromagnetischen Material, umgibt oder umschließt.

Mit der Empfangsspule 31-1 ist ein Erreger 21 einer Erregereinheit 20 kombiniert, und zwar in Form einer Magnetspule 21-1 mit Kern 21-2 als Teil der Erregereinheit 20.

Aus den Darstellungen der Figuren 2 und 3 ergibt sich, dass die Empfangsspule 31-1 der Sensoreinheit 30 und die Magnetspule 21-1 der Erregereinheit 20 koaxial und zueinander deckungsgleich ausgebildet, in unmittelbarer räumlicher Nachbarschaft und elektrisch voneinander entkoppelt sind und einen gemeinsamen Kern 31-2, 21-2 - zum Beispiel mit oder aus einem ferromagnetischen Material - aufweisen.

Die Sensoreinheit 30 und die Erregereinheit 20 sind so angeordnet und orientiert, dass in Projektion die Achsen der Spulen 31-1, 21-1 und die Achse des gemeinsamen Kerns einen 30-2, 41-2 auf der Projektion der Rotationsachse X liegen. Auf diese Art und Weise kann das von der Welle 15 durch Erregung mittels der Erregereinheit 20 erregte und getragene Magnetfeld besonders genau erfasst werden.

Die Figuren 2 und 3 zeigen entlang der Schnittebenen II-II bzw. III-III geschnittene Seitenansichten der Anordnung der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100 aus Figur 1.

Aus diesen Darstellungen wird klar, dass die Empfangsspule 31-1 der Sensoreinheit 30 und die Magnetspule 21-1 der Erregereinheit 20, einander zugeordnet sind, einen gemeinsamen Kern 21-2, 31-2 aufweisen und dass die Magnetspule 21-2 des Erregers 21 der Erregereinheit 20 unmittelbar über der

zugeordneten Empfangsspulen 31-1 der als Messsensor fungierenden Sensoreinheit 30 angeordnet ist.

5 Auf der von der Magnetspule 21-2 des Erregers 21 der Erregereinheit 20 abgewandten Seite der Empfangsspule 31-1 ist in unmittelbarer Nachbarschaft dazu und räumlich beabstandet die Welle 15 mit der Oberfläche 15a angeordnet. Die räumliche Beabstandung von der Oberfläche 15a wird dabei so gewählt, dass das von der Erregereinheit 20 in der Welle 15 erregte und von der Welle 15 getragene Magnetfeld besonders genau detektiert werden kann.

10 Zur Detektion der Drehzahl und/des Drehwinkels ist eine Modulation des von der Welle 15 getragenen und am Ort der Sensoreinheit 20 wirksamen Magnetfeldes erforderlich. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass auf der Oberfläche 15a der Welle 15 eine Oberflächenstruktur 40 in dem Bereich
15 ausgebildet wird, welcher bei Rotation der Welle 15 mit der Drehung in die Nähe der Sensoreinheit 20 und insbesondere der Empfangsspule 21-1 gerät.

Bei der in den Figuren 1 bis 3 gezeigten Ausführungsform steht die Oberflächenstruktur 40 aus einer alternierenden Abfolge von Erhebungen 42 und
20 Vertiefungen 43, nämlich nach Art einer in der Umfangsrichtung auf der Oberfläche 15a der Welle 15 umlaufenden Rändel.

Auf diese Weise misst die Sensoreinheit 30 das von der Welle 15 getragene Magnetfeld mit einem besonders hohen Maß an Empfindlichkeit.

25 Die Figuren 4 und 5 zeigen in schematischer Form zwei Ansichten einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100, und zwar im Zusammenwirken mit einer vorgesehenen Drehmomenterfassungseinrichtung 110.

30 Ein Kernaspekt der Ausführungsform der Figuren 4 und 5 besteht darin, eine Erregereinheit 120, die für das Funktionsprinzip der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 erforderlich ist, gleichzeitig als Erregereinheit 20 für die erfindungsgemäße Drehzahl- und/oder
35 Drehwinkelerfassungseinheit 100 zu nutzen, also als Erregereinheit 20, die extern zur Sensoreinheit 30 und ihrer Empfangsspule 31-1 ausgebildet ist.

Dabei liegen bei der hier gezeigten Ausführungsform der Drehwinkelerfassungseinheit 110 folgende Kernaspekte zu Grunde:

Bei der in den Figuren 4 und 5 dargestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100 mit Drehmomenterfassungseinrichtung 110 besteht die Drehmomenterfassungseinrichtung 100 aus einer ersten Sensoreinheit 130 und einer zweiten Sensoreinheit 140.

Die erste Sensoreinheit 130 dient als Messsensoreinrichtung oder kurz als Messsensor und weist vier Empfangsspulen 131 auf, die z.B. an den Endpunkten eines senkrechten, ebenen und mit gleich langen Seiten versehenen Kreuzes angeordnet sein können. Im Zentrum des Kreuzes, also dem Kreuzungspunkt, befindet sich eine Erregereinheit 120 mit einer Magnetspule 121 mit Kern 122 als Teil einer Erregereinheit 120.

Die erste Sensoreinheit 130 als Messsensoreinrichtung ist mit ihrem Ausrichtungskreuz so orientiert, dass die Drehachse X in Projektion einen Winkel von 45 Grad mit den Seiten des Ausrichtungskreuzes der ersten Sensoreinheit 130 einschließt. Auf diese Art und Weise kann das von der Welle 15 durch Erregung mittels der Erregereinheit 120 erregte und getragene Magnetfeld besonders genau erfasst werden.

Zusätzlich zur ersten Sensoreinheit 130 kann - wie in der Ausführungsform der Figuren 4 und 5 gezeigt ist - eine zweite Sensoreinheit 140 vom gleichen Aufbau wie der ersten Sensoreinheit 130, aber mit anderer elektrischer Verschaltung deckungsgleich zur ersten Sensoreinheit 130 und räumlich leicht über dieser ausgebildet sein.

Deckungsgleich bedeutet in diesem Zusammenhang, dass beide Sensoreinheiten 130, 140 der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 dieselbe Anzahl, zum Beispiel vier, Empfangsspulen 131 bzw. 141 aufweisen, die in einer 1-zu-1-Zuordnung einander zugeordnet sind, wobei einander zugeordnete Empfangsspulen 131 und 141 - wie bei dieser Ausführungsform gezeigt ist - koaxial und in unmittelbarer räumlicher Nähe oder Nachbarschaft zueinander angeordnet sein können, so dass sich also die Endpunkte, die Seiten und auch die Kreuzungspunkte der jeweiligen Kreuze decken, wobei die Kreuzungspunkte

in Projektion aufeinander und auf der Drehachse X bzw. auf deren Projektion liegen.

Die erste Sensoreinheit 130 und die zweite Sensoreinheit 140 aus den Figuren 4 und 5 sind also in Bezug aufeinander und in Bezug auf die Welle 15 gleich orientiert angeordnet, jedoch in unterschiedlicher Weise in Bezug auf ihre Empfangsspulen 131, 141 elektrisch verschaltet.

Die beiden Sensoreinheiten 130 und 140 der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 werden im Betrieb von einer gemeinsamen Erregereinheit 120 mit Erreger in Form einer Magnetspule 121 und einem von der Magnetspule einen 121 umschlossenen Kern 122 - auch vermittelt durch das von der Kurbelwelle 15 abgestrahlte Feld - angeregt. Der Erreger mit der Magnetspule 121 ist am, im oder im Bereich des Kreuzungspunkts angeordnet, so dass sich insgesamt eine symmetrische Anordnung aus Erregereinheit 120 und Sensoreinheiten 130, 140 der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 ergibt.

Aus den Darstellungen der Figuren 4 und 5 wird klar, dass die Empfangsspulen 131, 141, die einander zugeordnet sind, jeweils, also paarweise einen gemeinsamen Kern 132, 142 aufweisen und dass die jeweiligen Empfangsspulen 141 der als Kompensationssensor fungierenden zweiten Sensoreinheit 140 der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 immer unmittelbar über einer jeweils zugeordneten Empfangsspulen 131 der als Messsensor fungierenden ersten Sensoreinheit 130 der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 angeordnet sind.

Auf diese Weise misst die erste Sensoreinheit 130 der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 das von der Welle 15 getragene Magnetfeld mit einem besonders hohen Maß an Empfindlichkeit inklusive der Störsignale, wogegen die zweite Sensoreinheit 140 der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 diese kombinierten Signale in der gleichen Art und Weise empfängt, jedoch aufgrund der unterschiedlichen elektrischen Sparschaltung die Störsignalanteile kompensiert.

Zusätzlich ermöglicht diese Vorgehensweise besonders vorteilhaft eine Differenzbildung der durch die ersten und zweiten Sensoreinheiten 130 und 140 der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 ausgegebenen Signale, gegebenenfalls in gewichteter und/oder nachbearbeiteter Form, um so die

Störeinflüsse herausfiltern und den durch das beaufschlagende Drehmoment erzeugten Effekt auf das getragene Magnetfeld besonders genau detektieren zu können, und zwar mit dem Ziel, das wirkenden Drehmoment in seinem Wert möglichst genau und störungsfrei zu bestimmen.

Die Figuren 6 bis 8 zeigen verschiedene Ansichten von Ausführungsformen der Oberflächenstruktur 40 auf oder in der Oberfläche 15a der Welle 15, welche dem erfindungsgemäßen Detektionsprinzip zu Drehzahl und Drehwinkel zu Grunde gelegt werden können.

Dabei ist die Darstellung so gewählt, dass die jeweilige Oberflächenstruktur 40 auf der Oberfläche 15a in abgewinkelter Form, also planar erscheint, jeweils entsprechend einem abgewinkelten Umfangswinkel oder Abrollwinkel α zwischen 0° bis 360° .

Bei der Ausführungsform gemäß Figur 7 ist die Oberflächenstruktur 40 nach Art einer Rändel mit Erhebungen 42 und Vertiefungen oder Ausnehmungen 43 in der Oberfläche 15a der Welle 15 ausgebildet. Dabei können die Längen der Erhebungen 42 und/oder der Vertiefungen/Ausnehmungen 43 unterschiedlich gewählt werden, umso eine Kodierung der Position auf der Oberfläche 15 a und somit eine Winkelkodierung in Bezug auf den Umfangswinkel oder Abrollwinkel α bereitzustellen.

Bei der Ausführungsform gemäß Figur 8 besteht die Rändel 41 der Oberflächenstruktur 40 aus einer linearen Rampe 44 mit einer Endflanke oder Kante 45. Mit einer derartigen Rampe 44 kann über die Rampenhöhe als Funktion des Winkels α letzterer kodiert werden.

Figur 9 zeigt in perspektivischer Ansicht eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100, und zwar wieder im Zusammenwirken mit einer Drehmomenterfassungseinrichtung 110, welche die Erregereinheit 20, 120 stiftet.

Der Darstellung der Figur 9 ist insbesondere zu entnehmen, dass die erfindungsgemäße Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100 zusammen mit der die Erregereinheit 20, 120 stiftenden Drehmomenterfassungseinrichtung 110 mit ersten und zweiten Sensoreinheiten

130, 140 in einem gemeinsamen räumlichen Bereich und insbesondere in einem gemeinsamen Abschirmungen Gehäuse 60 untergebracht sind und dort magnetisch auf die Oberfläche 15a der Kurbelwelle 15 zugreifen, um auf diese Weise einerseits Drehzahl und Drehwinkel und andererseits das auf die Welle 15 wirkende Drehmoment zu erfassen.

Diese und weitere Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden an Hand der folgenden Darlegungen weiter erläutert:

Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht in der Entwicklung eines aktiven Sensors zur Drehzahl- und/oder Drehwinkel Erfassung an einer stehenden oder sich drehenden Welle. Beispiele für derartige drehende Wellen sind die Kurbelwellen von Fahrrädern, Elektrofahrrädern, eBikes, Pedelecs oder dergleichen.

Mit der Erfindung soll insbesondere eine Verbesserung im Hinblick auf die Störanfälligkeit gegenüber der Drehung der Welle, z.B. auf Grund einer nicht idealen Geometrie der Welle 15, Vibrationen, mechanischen und/oder Temperaturänderungen und dergleichen erreicht werden.

Eine Kernidee der vorliegenden Erfindung ist das Vorsehen einer Oberflächenstruktur 40, welche auf oder in der Oberfläche 15a der zu Grunde liegenden Welle 15 ausgebildet ist und dazu dient, ein von der Welle 15 inhärent oder aktiv erzeugt getragenes Magnetfeld derart zu modulieren, dass dadurch eine Art Kodierung für den Drehwinkel und/oder für die Drehzahl erfolgt.

Es erfolgt eine aktive magnetische Messung bei niedrigen Arbeitsfrequenzen, insbesondere im Bereich von weniger als 5 kHz, vorzugsweise im Bereich von weniger als 3 kHz.

Eine analoge und/oder digitale Signalverarbeitung dient der besseren Signalauflösung und der Steigerung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses. Auch ist dort zusätzlich eine Temperaturkompensation möglich.

Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die zu Grunde liegende Erregereinheit 20 gebildet werden von einer Erregereinheit 120 einer zusammenwirkenden Drehmomenterfassungseinrichtung 110, welche

insbesondere ausgebildet sein kann mit deckungsgleichen ersten und zweiten Sensoreinheiten 130 bzw. 140.

Die ersten und zweiten Sensoreinheiten 130 und 140 können in diesem Zusammenhang auch als zwei unabhängige Sensorköpfe, einmal für die Detektion und einmal für die Kompensation, aufgefasst werden.

Im Zusammenhang mit den Figuren wurden Spulenkern 121-2, 131-2 und 141-2 mit unterschiedlicher Geometrie an der der Welle 15 zugewandten Seite gezeigt. Diese Seite kann als Endfläche planar, konvex, rund, konisch und/oder lokal der Oberflächenform der Welle 15 angepasst sein, also z.B. konkav nach Art eines Abschnitts oder Ausschnitts des Innenmantels eines Kreiszylinders und konform zum Außenmantel der Welle 15.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Drehmomenterfassungseinrichtung 110 können vorgesehen sein:

- eine Erregerspule 21, 121 in der Mitte,

- vier Sensierungsspulen 131 für die erste Sensoreinheit 130, welche in Projektion in einem Winkel von 45° von der Wellenachse X gedreht oder verschwenkt angeordnet sind,

- eine elektrische Verschaltung für die erste Sensoreinheit 130 nach Art einer Wheatstoneschen Brücke verschaltet, sowie

- vier elektromagnetische Kompensationspulen in Form von Empfangsspulen 141 für die zweite Sensoreinheit 140, welche räumlich über den Sensierungsspulen 131 und jeweils über demselben Kern 132 wie die Sensierungsspulen 131 angeordnet in einer besonderen Serie-Verbindung.

- Es kann ein Kern mit oder aus einem ferromagnetisches Material ausgebildet sein, der alle Spulen 131 und/oder 141 miteinander verbindet.

- Die Sensierungsspulen 131 erfassen Signale vom Drehmoment und von den Störungen.

- Aufgrund der speziellen Verschaltung der Kompensationsspulen 141 nach Art einer Serie-Verbindung erfassen diese die Störungen.

5 - Über die magnetische Kopplung zwischen den Sensierungsspulen 131 und den Kompensationsspulen 141 erfolgt eine Kompensation der Störungen bereits auf „magnetischer Ebene“, nämlich über eine Gegeninduktion und/oder über den magnetisch vermittelnden und koppelnde gemeinsamen Kern 132, 142 der einander zugeordneten Spulen einen 131, 141.

10 - Die separate Drehzahlspule, nämlich die Empfangsspule 31-1 der Sensoreinheit 30 der erfindungsgemäßen Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit 100 kann neben der Erregerspule 121 der Erregereinheit 120 der Drehzahl-Erfassungseinrichtung 110 auch mit einer eigenen, separaten, getrennten und direkt zur Drehzahl- und/oder
15 Drehwinkelerfassungseinheit 100 gehörigen Erregerspule 21-1 in Achsenrichtung orientiert ausgebildet sein.

20 - Diese Drehzahlspule 31-1 misst Schwankungen des Magnetfeldes mit Hilfe einer kodierten Oberfläche 15a auf der Welle 15, zum Beispiel in Form einer kodierten Rändel 41, die auf der Oberfläche 15a der Welle 15 aufgebracht oder in die Oberfläche 15a eingebracht ist.

25 - Eine Miniaturisierung der Konstruktion kann weiter optimiert werden, so dass der Flächenbedarf, die für die Erfassung von Störgrößen notwendig ist, auf die gleiche Fläche zusammenfällt, die für die Sensierung des Drehmomentes benötigt wird.

30 - Außerdem ist durch das Zusammenbringen der Kompensationsspulen 141 und der Sensierungsspulen 131 der Drehmomenterfassungseinrichtung 100 auf einem gemeinsamen Kern 132, 142 die Anzahl der Kerne von 9 auf 5 reduziert. Das spart auch Fläche, Material und Kosten.

35 - Damit wird die Gesamtgröße des Sensors deutlich kleiner und der Sensor kann leicht in jeder typischen kleinen Umgebung problemlos integriert werden.

- 16 -

- Die gesamte Elektronik benötigt ungefähr die gleiche Fläche wie die Sensier- und Kompensationsspulen 131, 141. Somit entsteht kein zusätzlicher Flächenbedarf.

5 - Da der gesamte Sensor in modernster Leiterplattentechnologie ausgebildet sein kann, liegen die Genauigkeit der Realisierung und somit geringe Fertigungstoleranzen im Bereich der Fertigungstoleranzen von Leiterplatten oder Platinen mit dieser Fertigungstechnologie, also im Bereich von μm . Das macht
10 einen Einsatz in einer Serienfertigung attraktiv.

- Optional ist ein Abschirmblech 60 zur Reduktion von EMV-Störungen einsetzbar.

Ansprüche

- 5
1. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) zur Erfassung einer Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Kurbelwelle (15) einer mit Muskelkraft und/oder mit Motorkraft antreibbaren Arbeitsvorrichtung oder eines Fahrzeugs (1) um eine Rotationsachse (X) der Kurbelwelle (15),
- 10
- welche
 - mit einer Oberflächenstruktur (40), welche materiell und/oder magnetisch auf einer Oberfläche (15a) der Kurbelwelle (15) ausgebildet ist, und
 - mit einer Sensoreinheit (30), welche zur Erfassung eines von der Welle (15) und der Oberflächenstruktur (40) getragenen Magnetfeldes
- 15
- ausgebildet ist und
 - bei welcher die Oberflächenstruktur (40) als Kodierung für eine Winkelstellung der Kurbelwelle (15) um die Rotationsachse (X) ausgebildet ist.
2. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach Anspruch 1, bei welcher die Oberflächenstruktur (40) als mechanische Struktur (i) mit einer Abfolge von Erhebungen (42), Vertiefungen (43) und/oder Ausnehmungen, (ii) mit einer Abfolge einer oder mehrerer Rampen (44) mit einer jeweiligen Kante (45) und/oder (iii) als Rändel auf oder in der Oberfläche (15a) der Welle (15) jeweils in einer Umfangsrichtung der Welle (15) ausgebildet ist.
- 20
3. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welcher die Sensoreinheit (30) mindestens eine Empfangsspule (31-1) und/oder einen Kern (21-2), insbesondere mit oder aus einem ferromagnetischen Material, aufweist, wobei eine jeweilige Empfangsspule (31-1) als Mess- und/oder Sensierungsspule ausgebildet ist.
- 25
4. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, welche zur aktiven Erfassung der Drehzahl und/oder des Drehwinkels eingerichtet und dazu insbesondere eine Erregereinheit (20) aufweist, welche zur Beaufschlagung der Welle (15) mit einem - insbesondere zeitlich veränderlichen - Magnetfeld ausgebildet ist.
- 30
5. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach Anspruch 4, bei welcher die Erregereinheit (20) einen Erreger (21) aufweist aus oder mit einer Magnetspule
- 35

(21-1), mit einem Kern (21-2) und/oder mit oder aus einem ferromagnetischen Material.

6. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach Anspruch 4 oder 5, bei welcher die Erregereinheit (20) als zur Sensoreinheit (30) externe Einheit und/oder als Erregereinheit einer Drehmomenterfassungseinrichtung (110) ausgebildet ist.

7. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, sofern auf Anspruch 3 rückbezogen, bei welcher die Sensoreinheit (30) und insbesondere eine jeweilige Empfangsspule (31-1) der Sensoreinheit (30) zumindest teilweise als Struktur einer Platine oder Leiterplatte oder einer Mehrzahl davon ausgebildet ist.

8. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, sofern auf Anspruch 5 rückbezogen, bei welcher die und/oder ein jeweiliger Erreger (21) und insbesondere eine jeweilige Magnetspule (22-1) der Erregereinheit (20) oder des Erregers (21) zumindest teilweise als Struktur einer Platine oder Leiterplatte oder einer Mehrzahl davon ausgebildet ist.

9. Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, mit einer Auswerte- und Steuereinheit, welche eingerichtet ist,

- von der Sensoreinheit (30) ausgegebene für die erfassten Magnetfelder repräsentative Werte zu empfangen und

- auf der Grundlage der empfangenen Werte den Wert einer Drehzahl und/oder eines Drehwinkels der Welle (15) zu bestimmen.

10. Mit Muskelkraft und/oder mit Motorkraft antreibbare Arbeitsvorrichtung, insbesondere Fahrzeug (1), Fahrrad, Elektrofahrrad, eBike, Pedelec oder dergleichen, mit:

- mindestens einem Rad (9-1, 9-2),

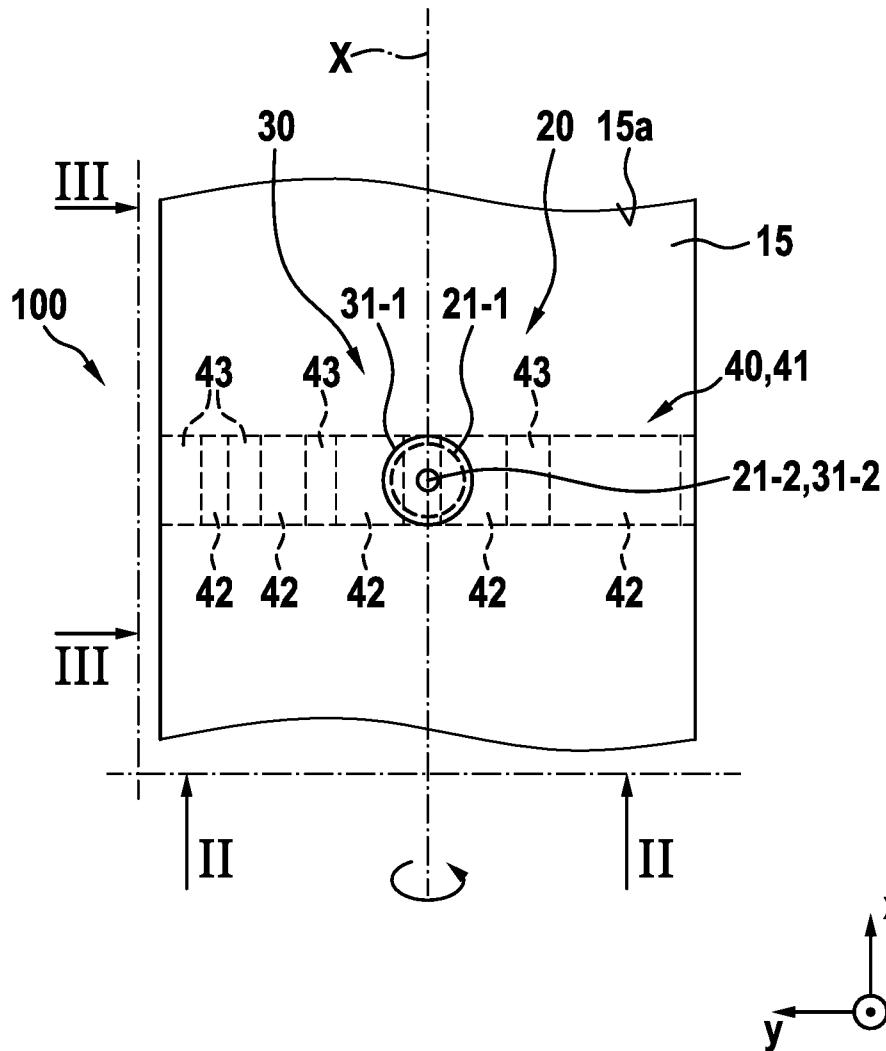
- einem Antrieb (80) zum Antreiben des mindestens einen Rades (9-1, 9-2) und

- einer Drehzahl- und/oder Drehwinkelerfassungseinheit (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 zur Erfassung einer Drehzahl und/oder eines Drehwinkels einer Welle (15) des Antriebes (80),

bei welchem auf der Grundlage der erfassten Drehzahl und/oder des erfassten Drehwinkels der Antrieb (80) überwachbar und/oder steuerbar ist.

1 / 8

Fig. 1



2 / 8

Fig. 2

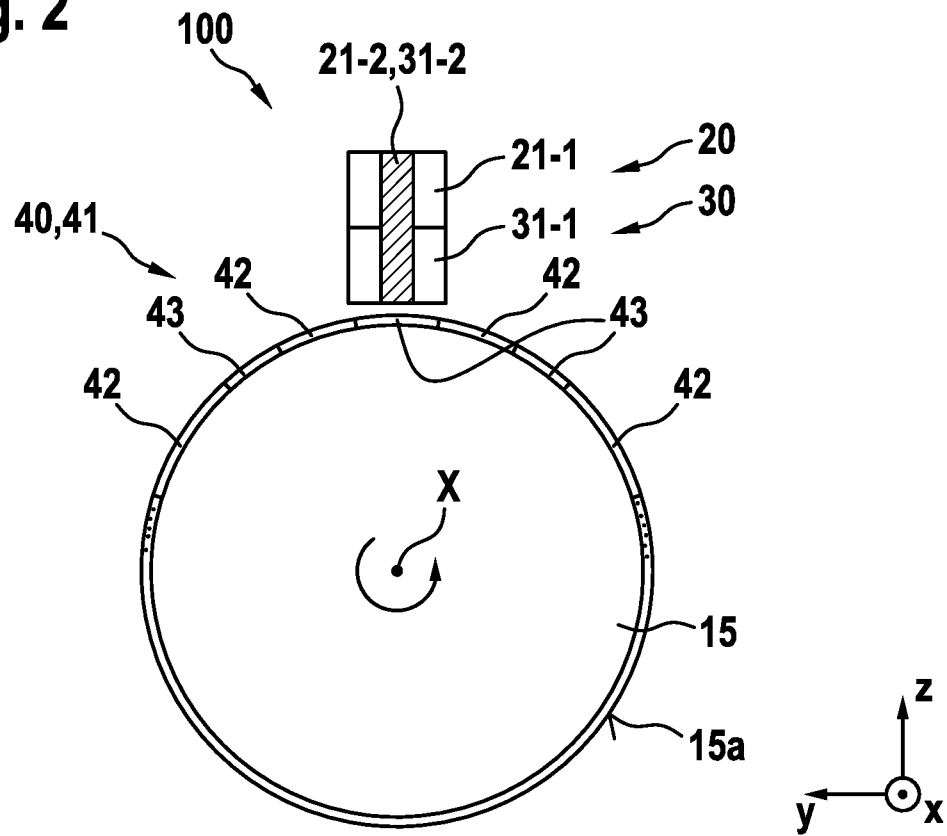
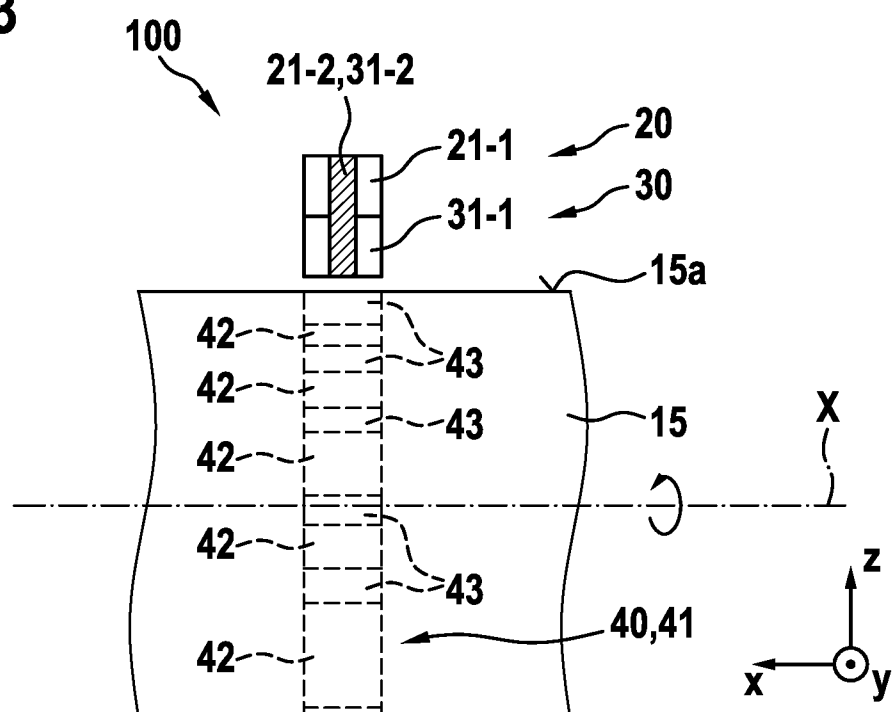


Fig. 3



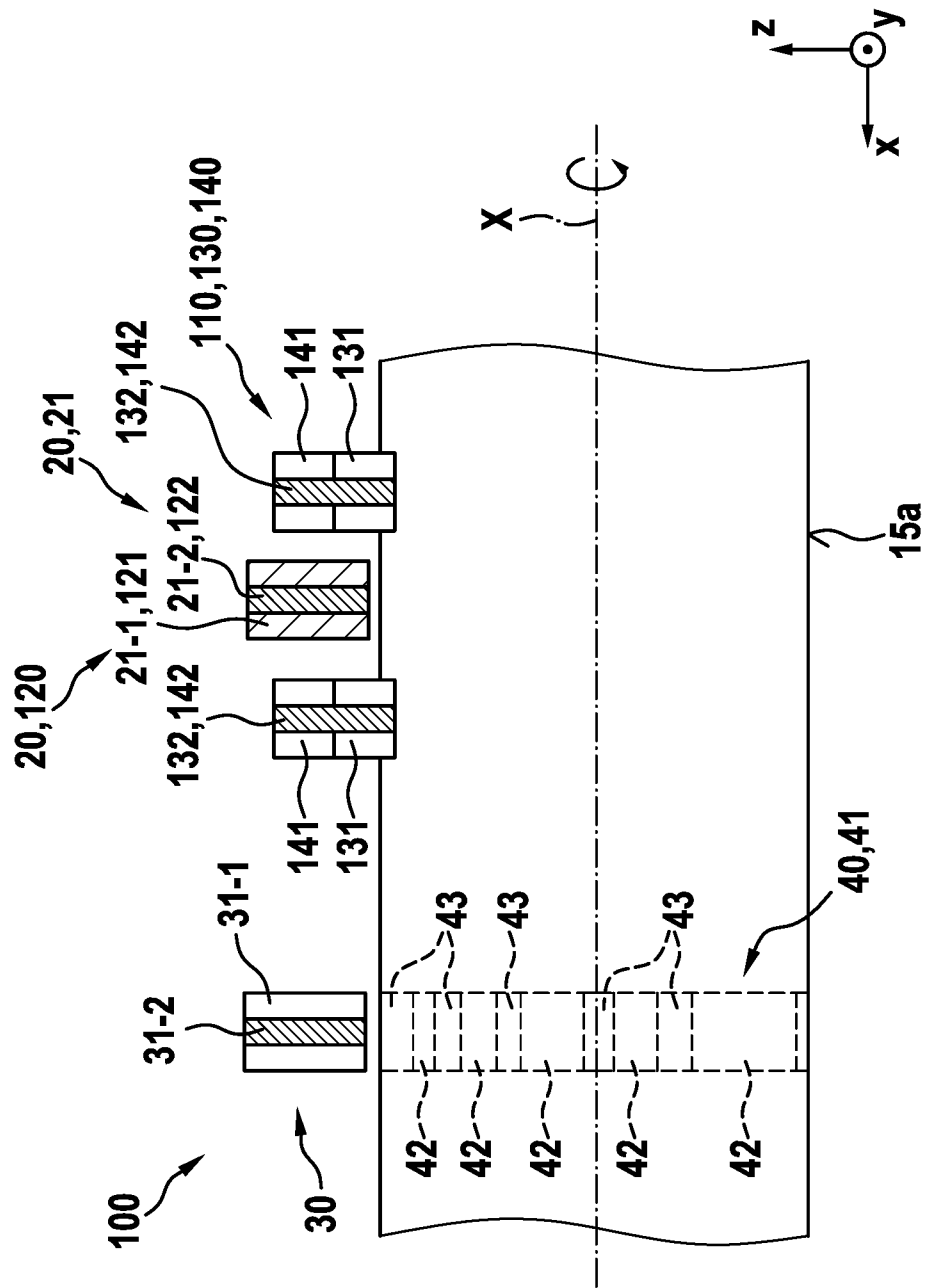
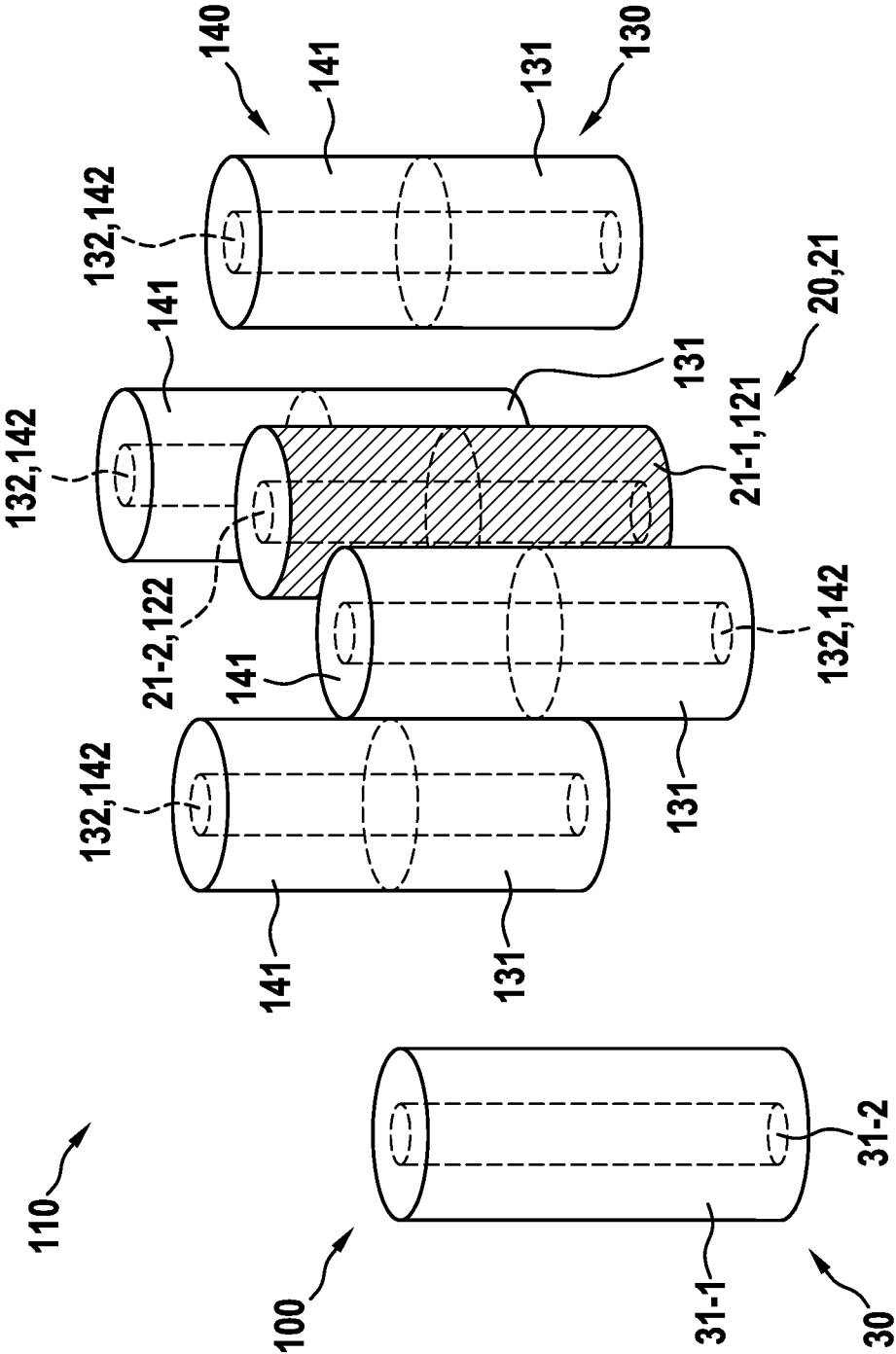


Fig. 4

Fig. 5



5 / 8

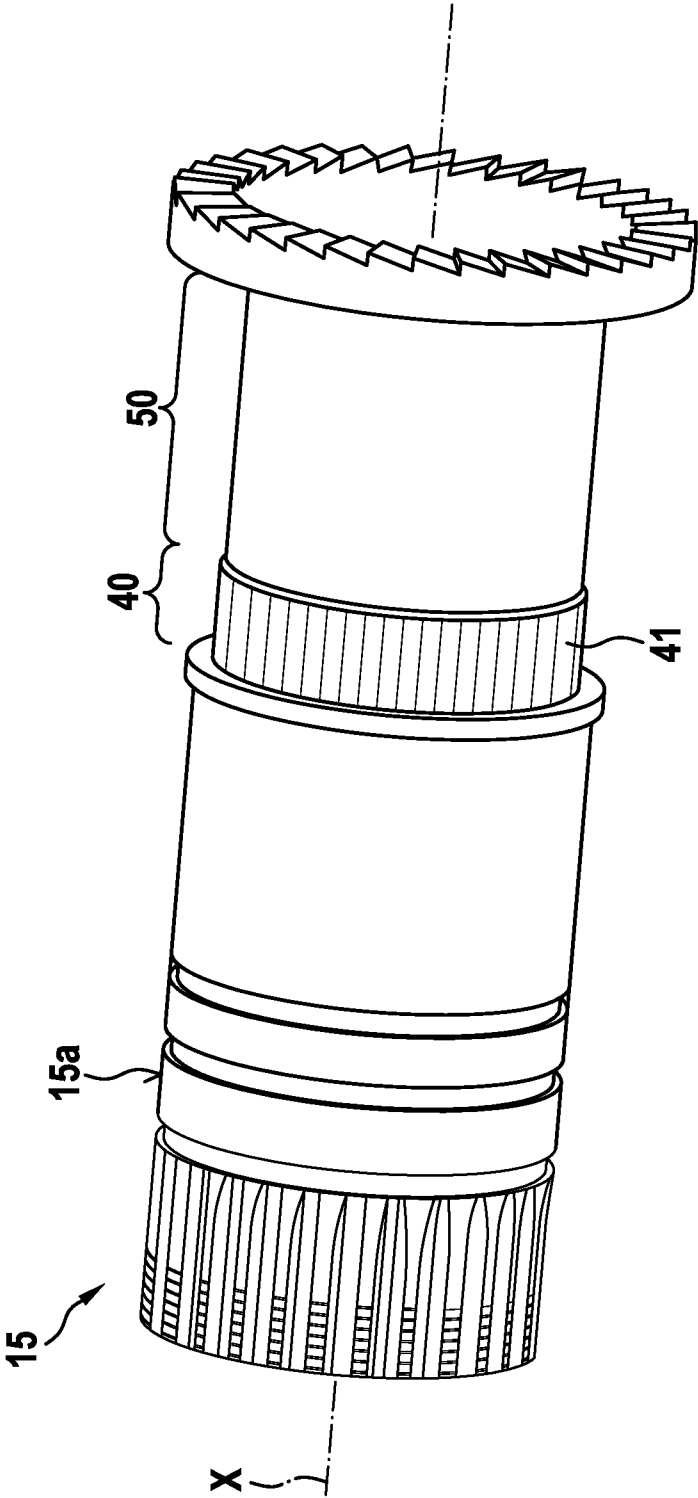


Fig. 6

6 / 8

Fig. 7

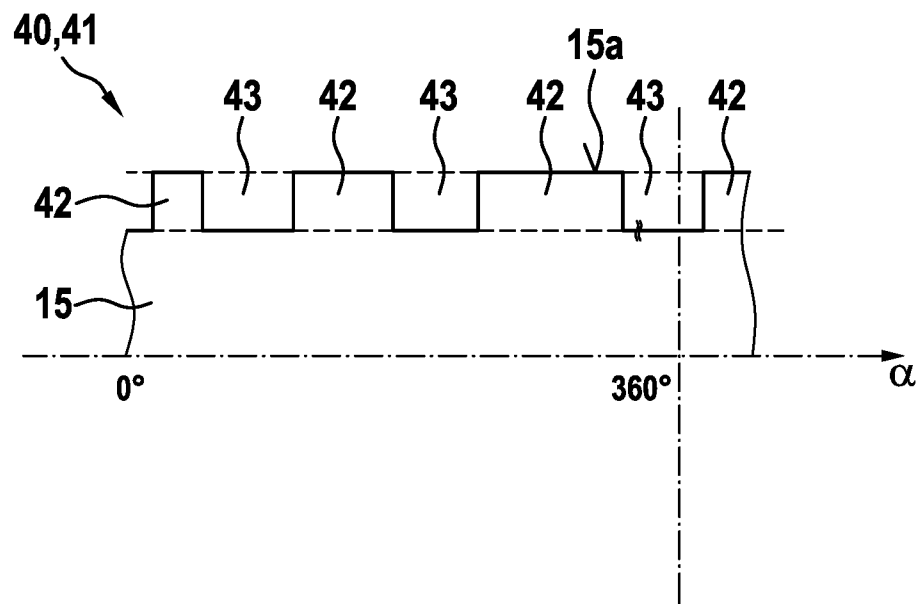


Fig. 8

