



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 014 098.6**  
(22) Anmeldetag: **23.08.2013**  
(43) Offenlegungstag: **20.03.2014**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **16.03.2023**

(51) Int Cl.: **G01L 5/16 (2020.01)**  
**G01L 5/22 (2006.01)**  
**G01L 1/22 (2006.01)**  
**B62M 3/00 (2006.01)**  
**G01L 3/10 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität:  
**2012-188126 28.08.2012 JP**

(73) Patentinhaber:  
**MINEBEA MITSUMI Inc., Nagano, JP; SHIMANO INC., Sakai, Osaka, JP**

(74) Vertreter:  
**Sonnenberg Harrison Partnerschaft mbB Patent- und Rechtsanwaltskanzlei, 80331 München, DE**

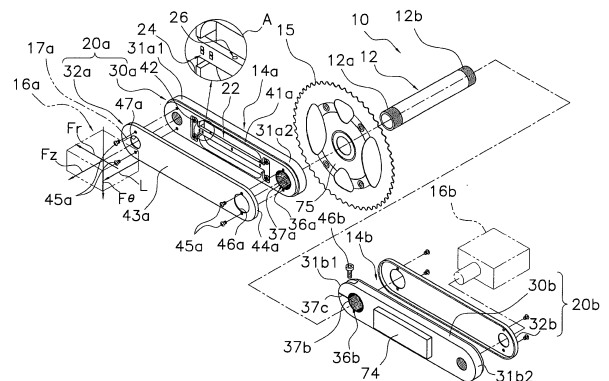
(72) Erfinder:  
**Tetsuka, Toshio, Sakai, Osaka, JP; Sato, Satoshi, Nagano, JP; Arai, Toru, Nagano, JP; Li, Kui, Nagano, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	<b>44 35 174</b>	<b>A1</b>
DE	<b>10 2009 029 633</b>	<b>A1</b>
DE	<b>699 35 750</b>	<b>T2</b>
US	<b>8 006 574</b>	<b>B2</b>
US	<b>5 027 303</b>	<b>A</b>
EP	<b>2 058 637</b>	<b>A2</b>
WO	<b>2009/ 006 673</b>	<b>A1</b>
WO	<b>2011/ 030 215</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Pedalkraftmessvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) zum Messen einer Vielzahl von Parametern bezüglich einer Pedalkraft wirkend auf einen Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b), an welchem eine Pedale (16a; 16b) an einem Ende (12a; 12b; 31a1; 31a2) anbringbar ist und eine Lagerwelle am anderen Ende (12a; 12b; 31a1; 31a2) anbringbar ist, wobei die Pedalkraft durch ein Drücken der Pedale (16a; 16b) hervorgerufen wird; die Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) umfassend: einen Spannverformerpart (22; 122), an welchem eine auf den Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) wirkende Spannung übertragen wird; einen Parametererfasserpart (24), geeignet zum Erfassen der Vielzahl von Parametern aufgrund des Übertragens der Spannung an den Spannverformerpart (22; 122), wobei der Parametererfasserpart (24) am Spannverformerpart (22; 122) angeordnet ist; und einen Störunterdrückerpart (70, 72) zum Unterdrücken von Störung in einem durch den Parametererfasserpart (24) erfassten Parameter seitens der anderen Parameter.



**Beschreibung**

**[0001]** Diese Anmeldung beansprucht Priorität aus der japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2012-188126, eingereicht am 28. August 2012. Die gesamte Offenbarung der japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2012-188126 ist hiermit durch Bezugnahme eingeschlossen.

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Pedalkraftmessvorrichtung zum Messen einer Vielzahl von Parametern bezüglich einer Pedalkraft, welche auf einen Kurbelarm wirkt, welcher eine Pedale, anbringbar an einem Ende, und eine Lagerwelle, anbringbar am anderen Ende, aufweist, wobei die Pedalkraft durch ein Drücken der Pedale hervorgerufen wird.

**[0003]** Im Stand der Technik sind Pedalkraftmessvorrichtungen zum Messen einer Pedalkraft, welche auf einen Fahrradkurbelarm wirkt, anhand einer Vielzahl von Parametern aufgrund eines Drückens einer Pedale bekannt (z. B. WO 2011/030215). In einer herkömmlichen Pedalkraftmessvorrichtung werden unter Verwendung eines Dehnungsmessstreifens eine Vielzahl von Parametern in Gestalt einer vertikalen Kraftkomponente des Biegemoments, einer longitudinalen Kraftkomponente des Biegemoments und der Position der Pedale in der Pedalachsrichtung, welche auf den Kurbelarm wirken, gemessen. Die gemessenen Parameter werden auf einer Anzeigevorrichtung angezeigt.

**[0004]** Aus dem Dokument DE 44 35 174 A1 ist eine Vorrichtung zur Erfassung der aufgebrachten Kräfte und Leistung an einer Kurbel bekannt, welche aus Dehnungsmessstreifen besteht, die an einer Pedalachse angeordnet sind, um die Scherverformung am Kurbelzapfen zu messen. Der Kurbelzapfen ist der Tretkurbelwelle eines Fahrrades nachempfunden. Die Schubverformung wird in zwei verschiedenen Richtungen in einer Ebene senkrecht zur Stiftachse, vorzugsweise auch senkrecht zueinander, aufgenommen. Die Dehnungsmessstreifen sind bezüglich der Achse der Tretkurbelachse in einem Winkel von 45 Grad ausgerichtet.

**[0005]** Aus dem Dokument DE 10 2009 029 633 A1 ist eine Einrichtung zur Ermittlung der Trittleistung an einem Fahrrad bekannt, umfassend einem nahe des freien Endes eines Tretkurbelarms angeordneten Verbindungsmittel, das ein zu einem vorhandenen oder gedachten Pedalauge des Tretkurbelarms bezüglich des von diesem im Betrieb beschriebenen Umlaufkreises tangential versetztes Pedalauge aufweist.

**[0006]** Aus dem Dokument DE 699 35 750 T2 ist eine Pedaldruckkrafterfassungseinrichtung für ein Fahrrad bekannt, welche dritte und vierte Sensoren umfasst, welche jeweils etwa 180° entfernt von ers-

ten und zweiten Sensoren bezüglich eines ersten und eines zweiten Drehrings fest angeordnet sind, um Erfassungselemente zu erfassen; wobei die auf ein Pedal ausgeübte Druckkraft gemäß einer ersten Phasendifferenz, welche durch die ersten und zweiten Sensoren erhalten wird, und einer zweiten Phasendifferenz, welche durch die dritten und vierten Sensoren erhalten wird, erfasst wird.

**[0007]** Aus dem Dokument EP 2 058 637 B2 ist ein Fahrrad Drehmomentmesssystem bekannt, welches Dehnungsmessstreifen umfasst, welche an jedem Kurbelarm eines Fahrrads montiert sind und ein Maß für das auf jeden Kurbelarm bewirkte Drehmoment bereitstellen. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Dehnungsmessstreifen an gegenüberliegenden Kanten jedes Kurbelarms montiert, welcher eine unabhängige Stromversorgung, elektrische Schaltkreise und einen drahtlosen Sender zur Übertragung der Dehnungsmessstreifen-Informationen an eine Hauptsteuerung beinhaltet.

**[0008]** Aus dem Dokument US 8 006 574 B2 ist eine Vorrichtung zur Messung eines Eingangsdrehmoments für einen Antriebsstrang eines Fahrrads bekannt. Der Antriebsstrang beinhaltet einen ersten Kurbelarm und einen zweiten Kurbelarm. Ein inneres Ende jedes Kurbelarms ist drehbar am Fahrrad an einem Tretlager des Fahrrads montiert. Mindestens ein Kettenblatt ist eingerichtet, um ein Abtriebsrad des Fahrrads zu drehen. Ein Zahnkranz ist mit dem ersten Kurbelarm angrenzend an das Tretlager verbunden und erstreckt sich bis zu dem mindestens einen Kettenblatt. Das Kettenblatt ist mit einem Befestigungsmittel am Zahnkranz angebracht, das sich durch eine Buchse in einer Öffnung des Zahnkranzes erstreckt. Die Sensoren können am Zahnkranz oder an den Kurbelarmen angebracht und direkt mit einer flexiblen Leiterplatte verbunden sein. Die Sensoren, die flexiblen Leiterplatten und andere Komponenten der Vorrichtung zur Messung des Eingangsdrehmoments können in ein Schutzmaterial eingekapselt sein.

**[0009]** Aus dem Dokument US 5 027 303 A ist eine Vorrichtung bekannt, welche einen Ausgabeparameter, umfassend Drehmoment, Arbeit, Leistung, Drehzahl und Zeit für ausgewählte Drehungen des Benutzers einer kraftbetriebenen Vorrichtung mit einer Kurbelanordnung, misst.

**[0010]** Aus dem Dokument WO 2009/ 006 673 A1 ist ein Kurbelarm bekannt, welcher einen mechanischen Ringverstärker aufweist, der einen Hohlraum und eine Verbindungsbrücke aufweist, um die von einem Fahrer auf den Kurbelarm ausgeübte radiale Belastung zu verstärken. Dehnungssensoren sind so positioniert, dass sie die verstärkte radiale Dehnung erfassen. Der Kurbelarm kann ferner Dehnungssensoren beinhalten, die geeignet sind, tangentielle Deh-

nungen am Kurbelarm zu erfassen, so dass sowohl die tangentialen als auch die radialen Kräfte, die von einem Fahrradfahrer ausgeübt werden, gemessen werden können. Der Kurbelarm kann auch Mittel zum Einstellen der Position einer Pedalachse bezüglich des Kurbelarms umfassen, und zwar über das Lösen, Drehen und erneute Festziehen einer von dem Kurbelarm gehaltenen Trägerscheibe, an der eine exzentrisch montierte Öffnung zur Aufnahme der Pedalachse angebracht ist.

**[0011]** Es ist schwierig, einen einzelnen Parameter (wie beispielsweise eine Kraftkomponente des Biegemoments) mit hoher Genauigkeit unter Verwendung einer herkömmlichen Pedalkraftmessvorrichtung aufgrund des Einflusses der anderen Parameter zu messen.

**[0012]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist das Ermöglichen genauer Messungen von Pedalkraftparametern.

**[0013]** Eine Pedalkraftmessvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung misst eine Vielzahl von Parametern bezüglich einer Pedalkraft, welche auf einen Kurbelarm wirkt, welcher eine Pedale, anbringbar an einem Ende, und eine Lagerwelle, anbringbar am anderen Ende, aufweist, wobei die Pedalkraft hervorgerufen wird durch ein Drücken der Pedale. Die Pedalkraftmessvorrichtung ist mit einem Spannverformerpart, einem Parametererfasserpart und einem Störunterdrückerpart bereitgestellt. Spannung bzw. Dehnung bzw. Verformung, welche auf den Kurbelarm wirkt, wird an den Spannverformerpart übertragen. Der Parametererfasserpart ist am Spannverformerpart angeordnet und erfasst eine Vielzahl von Parametern aufgrund des Übertragens der Spannung an den Spannverformerpart. Der Störunterdrückerpart unterdrückt Störung eines Parameters, welcher durch den Parametererfasserpart erfasst wird, seitens der anderen Parameter.

**[0014]** Wenn eine Lagerwelle an einem anderen Ende des Kurbelarms der Pedalkraftmessvorrichtung montiert ist, eine Pedale an einem Ende des Kurbelarms montiert ist, und die Pedale gedrückt ist/wird, wird eine Vielzahl von Pedalkraftparametern erfasst und gemessen. Hierbei können Fehler in der erfassten Ausgabe bezüglich eines Parameters entstehen aufgrund einer Störung des Parameters seitens der anderen Parameter. Eine solche Störung wird durch den Störunterdrückerpart unterdrückt. Daher ist es möglich, Pedalkraftparameter genau zu messen.

**[0015]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung schließt die Vielzahl von Parametern eine zweite Kraftkomponente und eine dritte Kraftkomponente ein, und umfasst der Parametererfasserpart einen zweiten Spannungssensor

zum Erfassen der zweiten Kraftkomponente und einen dritten Spannungssensor zum Erfassen der dritten Kraftkomponente. Die zweite Kraftkomponente ist eine Kraftkomponente in einer Längsrichtung bzw. longitudinalen Richtung des Kurbelarms des Biegemoments der Last, welche auf den Kurbelarm wirkt. Die dritte Kraftkomponente ist eine Kraftkomponente in einer Pedalachsrichtung des Biegemoments der Last, welche auf den Kurbelarm wirkt. In diesem Fall kann die zweite Kraftkomponente, welche eine Kraftkomponente in der Längsrichtung, d.h. der Richtung der Dehnung, bildet, durch den zweiten Spannungssensor erfasst werden, und kann die dritte Kraftkomponente, welche die Kraftkomponente in Pedalachsrichtung bildet, durch den dritten Spannungssensor erfasst werden.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung schließt die Vielzahl von Parametern weiter eine erste Kraftkomponente und eine Lastposition ein, und umfasst der Parametererfasserpart einen ersten Spannungssensor zum Erfassen der ersten Kraftkomponente und einen vierten Spannungssensor zum Erfassen der Schwerkraft der Last, welche auf den Kurbelarm wirkt, um die Lastposition zu finden. Die erste Kraftkomponente ist eine Kraftkomponente in einer Drehrichtung des Biegemoments der Last, welche auf den Kurbelarm wirkt. Die Lastposition ist die Lastposition der Pedale in einer axialen Richtung, welche durch einen Benutzer gedrückt wird. In diesem Fall können die erste Kraftkomponente, welche eine Kraftkomponente in einer Drehrichtung des Kurbelarms bildet, und die Lastposition der Pedale, welche durch den Benutzer gedrückt wird, zusätzlich zur zweiten Kraftkomponente und dritten Kraftkomponente erfasst werden. Es ist daher möglich, die Richtung der Kraft, welche während eines Tretens ausgeübt wird, aus einer Vielzahl von Winkeln zu erfassen.

**[0017]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung umfasst jeder vom ersten bis zum vierten Spannungssensor wenigstens zwei Dehnungsmessstreifen, welche einen Wheatstoneschen Brückenschaltkreis bilden. Es ist daher möglich, die erste bis zur dritten Kraftkomponente und die Lastposition unter Verwendung zweier Dehnungsmessstreifen zu erfassen.

**[0018]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung umfasst jeder vom ersten bis zum vierten Spannungssensor vier Dehnungsmessstreifen, welche einen Wheatstoneschen Brückenschaltkreis bilden. Auf diese Weise wird Kompensierung von Temperatureinflüssen durch die Dehnungsmessstreifen möglich, wodurch Veränderungen in der Erfassungsgenauigkeit aus Temperaturänderungen unterdrückt werden können.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung umfasst der Spannverformerpart eine erste Fläche, eine zweite Fläche, eine dritte Fläche und eine vierte Fläche, welche in der Längsrichtung des Kurbelarms sich erstrecken. Die erste Fläche und die vierte Fläche sind im Wesentlichen senkrecht zur Pedalachse. Die zweite Fläche und die dritte Fläche sind im Wesentlichen parallel zur Pedalachse. In diesem Fall erlaubt das Bereitstellen eines Dehnungsmessstreifens auf einer Fläche, welche im Wesentlichen parallel zur Pedalachse ist, das Erfassen der ersten Kraftkomponente des Biegemoments in der Drehrichtung, und erlaubt das Bereitstellen eines Dehnungsmessstreifens auf einer Fläche, welche im Wesentlichen senkrecht zur Pedalachse ist, das Erfassen des Scherkraftmoments, der dritten Komponente des Biegemoments in der Pedalachsrichtung und der zweiten Kraftkomponente des Biegemoments in der Längsrichtung des Kurbelarms.

**[0020]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung umfasst der Spannverformerpart ein viereckiges Prisma. In diesem Fall können Dehnungsmessstreifen auf einfache Weise auf die Flächen des viereckigen Prismas aufgebracht werden, was zu einer verbesserten Produktivität führt.

**[0021]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung sind die vier Dehnungsmessstreifen, welche den dritten Spannungssensor bilden, auf der ersten Fläche oder der vierten Fläche angeordnet. Die Dehnungsmessstreifen, welche an zwei einander gegenüberstehenden Seiten aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises des dritten Spannungssensors angeordnet sind, und die Dehnungsmessstreifen, welche an den anderen zwei einander gegenüberstehenden Seiten angeordnet sind, sind voneinander in der Längsrichtung des Kurbelarms beabstandet angeordnet. Die Dehnungsmessstreifen, welche an zwei einander gegenüberstehenden Seiten angeordnet sind, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse des Spannverformerparts angeordnet.

**[0022]** In diesem Fall wird die dritte Kraftkomponente aufgrund der Differenz im Biegemoment zwischen den Positionen der Dehnungsmessstreifen, welche voneinander in der Längsrichtung beabstandet angeordnet sind, gemessen, und kann die dritte Kraftkomponente unabhängig gemessen werden ohne Störung seitens der ersten Kraftkomponente, der zweiten Kraftkomponente oder der Scherkraft.

**[0023]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung sind die vier Dehnungsmessstreifen, welche den dritten Spannungssensor bilden, auf der ersten Fläche oder der vierten Fläche angeordnet. Ein Dehnungsmessstreifen, welcher an

einer ersten Seite aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im dritten Spannungssensor angeordnet ist, und ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer der ersten Seite gegenüberstehenden zweiten Seite angeordnet ist, sind an einem anderen Ende des Spannverformerparts angeordnet. Dehnungsmessstreifen, welche an einer dritten Seite und einer vierten Seite zwischen der ersten Seite und der zweiten Seite angeordnet sind, sind an einem Ende des Spannverformerparts angeordnet. Die zwei Dehnungsmessstreifen, welche jeweils an dem einen Ende und dem anderen Ende des Spannverformerparts angeordnet sind, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse des Spannverformerparts angeordnet.

**[0024]** In diesem Fall kann die dritte Kraftkomponente aufgrund der Differenz im Biegemoment zwischen den Positionen der Dehnungsmessstreifen, welche in der Längsrichtung voneinander beabstandet angeordnet sind, gemessen werden. Die dritte Kraftkomponente kann unabhängig gemessen werden ohne Störung seitens der ersten Kraftkomponente, der zweiten Kraftkomponente oder der Scherkraft. Weil die Dehnungsmessstreifen des dritten Spannungssensors an beiden Enden des Spannverformerparts angeordnet sind, kann die Ausgabe des Sensors erhöht werden.

**[0025]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung sind die vier Dehnungsmessstreifen, welche den ersten Spannungssensor bilden, am anderen Ende des Spannverformerparts angeordnet. Ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer ersten Seite aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im ersten Spannungssensor angeordnet ist, und ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer der ersten Seite gegenüberstehenden zweiten Seite angeordnet ist, sind an einer aus der zweiten Fläche und der dritten Fläche angeordnet. Dehnungsmessstreifen, welche an einer dritten Seite und einer vierten Seite zwischen der ersten Seite und der zweiten Seite angeordnet sind, sind an der anderen aus der zweiten Fläche und der dritten Fläche angeordnet. Die zwei Dehnungsmessstreifen, welche an derselben Fläche angeordnet sind, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse des Spannverformerparts angeordnet.

**[0026]** In diesem Fall ist der erste Spannungssensor am anderen Ende des Spannverformerparts angeordnet, wo die erste Kraftkomponente, welche die Kraftkomponente des Biegemoments des Kurbelarms in der Drehrichtung bildet, größer ist, was dazu führt, dass die Ausgabe des Dehnungsmessstreifens erhöht werden kann.

**[0027]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung sind die vier Dehnungsmessstreifen, welche den ersten Spannungssensor bilden, am anderen Ende des Spannverformerparts angeordnet. Ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer ersten Seite aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im ersten Spannungssensor angeordnet ist, und ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer der ersten Seite gegenüberstehenden zweiten Seite angeordnet ist, sind an einer aus der zweiten Fläche und der dritten Fläche angeordnet. Dehnungsmessstreifen, welche an einer dritten Seite und einer vierten Seite zwischen der ersten Seite und der zweiten Seite angeordnet sind, sind an der anderen aus der zweiten Fläche und der dritten Fläche angeordnet. Die zwei Dehnungsmessstreifen, welche an derselben Fläche angeordnet sind, sind in der Längsrichtung des Spannverformerparts ausgerichtet angeordnet.

**[0028]** In diesem Fall ist der erste Spannungssensor am anderen Ende des Spannverformerparts angeordnet, wo die erste Kraftkomponente, welche die Kraftkomponente des Biegemoments des Kurbelarms in der Drehrichtung bildet, größer ist, was dazu führt, dass die Ausgabe des Dehnungsmessstreifens erhöht werden kann.

**[0029]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung sind die vier Dehnungsmessstreifen, welche den ersten Spannungssensor bilden, an dem einen Ende des Spannverformerparts angeordnet. Ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer ersten Seite aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im zweiten Spannungssensor angeordnet ist, und ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer der ersten Seite gegenüberstehenden zweiten Seite angeordnet ist, sind an einer aus der ersten Fläche und der vierten Fläche angeordnet. Dehnungsmessstreifen, welche an einer dritten Seite und einer vierten Seite zwischen der ersten Seite und der zweiten Seite angeordnet sind, sind an der anderen aus der ersten Fläche und der vierten Fläche angeordnet. Die zwei Dehnungsmessstreifen, welche an derselben Fläche angeordnet sind, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse des Spannverformerparts angeordnet.

**[0030]** In diesem Fall ist die Ausgabe des zweiten Spannungssensors, welcher die zweite Kraftkomponente erfasst, welche die Kraftkomponente des Biegemoments des Kurbelarms in der Längsrichtung bildet, weniger einer Störung seitens der Kraftkomponente in der Pedalachsrichtung des Biegemoments der Last, welche auf den Kurbelarm wirkt, ausgesetzt.

**[0031]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung sind die vier Dehnungs-

messstreifen, welche den vierten Spannungssensor bilden, im Wesentlichen in der Mitte in der Längsrichtung des Spannverformerparts angeordnet. Dehnungsmessstreifen, welche an einer benachbarten ersten Seite und dritten Seite aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im vierten Spannungssensor angeordnet sind, sind an einer aus der ersten Fläche und der vierten Fläche angeordnet, und Dehnungsmessstreifen, welche an einer zweiten Seite und einer vierten Seite, der ersten Seite und der dritten Seite gegenüberstehend, angeordnet sind, sind an der anderen aus der ersten Fläche und der vierten Fläche angeordnet. Die Dehnungsmessstreifen, welche an derselben Fläche angeordnet sind, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse des Spannverformerparts angeordnet.

**[0032]** In diesem Fall ist Störung seitens der ersten Kraftkomponente, der zweiten Kraftkomponente und der dritten Komponente verringert, und kann die Scherkraft des Schermoments der Last, welche auf den Kurbelarm wirkt, gemessen werden.

**[0033]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung sind die vier Dehnungsmessstreifen, welche den vierten Spannungssensor bilden, im Wesentlichen in der Mitte in der Längsrichtung des Spannverformerparts angeordnet. Dehnungsmessstreifen, welche an einer benachbarten ersten Seite und dritten Seite aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im vierten Spannungssensor angeordnet sind, sind an einer aus der ersten Fläche und der vierten Fläche angeordnet, und Dehnungsmessstreifen, angeordnet an einer zweiten und einer vierten Seite, der ersten Seite und der dritten Seite gegenüberstehend, sind an der ersten Fläche oder der vierten Fläche angeordnet. Die Dehnungsmessstreifen, welche an der ersten Seite und der dritten Seite angeordnet sind, und die Dehnungsmessstreifen, welche an der zweiten Seite und der vierten Seite angeordnet sind, sind symmetrisch bezüglich der Longitudinalachse des Spannverformerparts angeordnet.

**[0034]** In diesem Fall ist Störung seitens der ersten Kraftkomponente, der zweiten Kraftkomponente und der dritten Kraftkomponente verringert, und kann die Scherkraft des Schermoments der Last, welche auf den Kurbelarm wirkt, gemessen werden.

**[0035]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung ist der Störunterdrückerpart an einem Ort ausgeformt, welcher von einer Mittelposition in der Längsrichtung des Kurbelarm hin zum einen Ende des Spannverformerparts, an welchem die Pedale montiert ist, verschoben ist, und ist die Fläche eines Querschnitts senkrecht zur Längsrichtung verschieden als anderswo. In diesem Fall erlaubt einfacherweise das Verändern der Quer-

schnittsfläche ein Einfaches unterdrücken von Störung.

**[0036]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung ist der Störunterdrückerpart durch Ausformen eines Durchgangslochs ausgebildet. In diesem Fall kann der Störunterdrückerpart auf einfachere Weise ausgeformt werden.

**[0037]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung führt der Störunterdrückerpart beim Erfassen der zweiten Kraftkomponente aufgrund der Ausgabe des zweiten Spannungssensors einen Berechnungsvorgang zu einem Unterdrücken von Störung seitens der dritten Kraftkomponente auf ein Erfassen der dritten Kraftkomponente aufgrund der Ausgabe des dritten Spannungssensors hin durch. In diesem Fall ermöglicht der Berechnungsvorgang das Unterdrücken der störenden dritten Kraftkomponente, welche in der zweiten Kraftkomponente enthalten ist, was eine genaue Messung der zweiten Kraftkomponente erlaubt.

**[0038]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung führt der Störunterdrückerpart den Berechnungsvorgang zum Unterdrücken von Störung seitens der dritten Kraftkomponente aufgrund der Ausgabe des ersten, des zweiten, des dritten und des vierten Spannungssensors durch. In diesem Fall wird der Berechnungsvorgang aufgrund der Ausgabe der vier Spannungssensoren durchgeführt, was sogar eine noch genauere Unterdrückung von Störung erlaubt.

**[0039]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung ist der Spannverformerpart getrennt vom Kurbelarm bereitgestellt. In diesem Fall ist der Spannverformerpart getrennt vom Kurbellarm bereitgestellt, was das Bereitstellen des Spannverformerparts sogar auf einem Kurbelarm mit komplexer Gestalt erlaubt. Zusätzlich kann derselbe Spannverformerpart mit Kurbelarmen einer Vielzahl von Gestalten verwendet werden, was eine Standardisierung des Spannverformerparts ermöglicht. Obendrein können der Kurbelarm und der Spannverformerpart getrennt hergestellt werden, was eine verbesserte Produktivität und einfache Herstellung ermöglicht.

**[0040]** Die Pedalkraftmessvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist weiter mit einem Kurbelarm bereitgestellt.

**[0041]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung ist der Kurbelarm mit einem Pedalanbringpart, an welchem eine Pedale angebracht werden kann, einem Lagerwellenanbringpart, an welchem eine Lagerwelle angebracht werden kann, und einem Kurbellängeneinstellmechanismus bereitgestellt. Der Kurbellängeneinstell-

mechanismus ist fähig, die Relativposition des Pedalanbringparts und des Lagerwellenanbringparts in der Längsrichtung des Kurbelarms zu verändern. In diesem Fall kann die Vielzahl von Pedalkraftparametern an veränderten Relativpositionen für den Pedalanbringpart und den Lagerwellenanbringpart gemessen werden, was dem Benutzer erlaubt, eine optimale Kurbellänge zu erhalten.

**[0042]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Spannverformerpart am Pedalanbringpart bereitgestellt. In diesem Fall gibt es keine Veränderung der Relativpositionen des Pedalanbringparts und des Spannverformerparts, was ermöglicht, dass Effekte, hervorgerufen durch Veränderungen in den Relativpositionen des Pedalanbringparts und des Lagerwellenanbringparts auf die Ausgabe des Parametererfasserparts unterdrückt werden.

**[0043]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Pedalkraftmessvorrichtung ist der Spannverformerpart einstückig bzw. integral mit dem Kurbelarm bereitgestellt. In diesem Fall gibt es keinen Bedarf, einen getrennten Spannverformerpart bereitzustellen, was die Ausgestaltung der Pedalkraftmessvorrichtung vereinfacht.

**[0044]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, Störung in einem Parameter aus einer Vielzahl von Pedalkraftparametern, welche auf einen Kurbelarm durch Drücken einer Pedale wirken, seitens anderer Parameter zu unterdrücken, und Fehler im erfassten Parameter zu unterdrücken. Es ist daher möglich, Pedalkraftparameter genau zu messen.

**[0045]** Bevorzugte Ausführungsformen werden unten unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei:

**Fig. 1** ist eine perspektivische Explosionsansicht einer Pedalkraftmessvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 2** ist eine Frontansicht eines Armkörpers eines Kurbelarms.

**Fig. 3** ist eine Draufsicht eines Spannverformerparts.

**Fig. 4** ist eine Ansicht der hinteren Fläche eines Spannverformerparts, betrachtet durch die vordere Fläche hindurch.

**Fig. 5** ist eine Frontansicht eines Spannverformerparts.

**Fig. 6** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie VI - VI in **Fig. 5**.

**Fig. 7** ist ein Schaltkreisdigramm, welches die Anordnung von Dehnungsmessstreifen in einer

Wheatstoneschen Brücke des ersten Spannungssensors zeigt.

**Fig. 8** ist ein Schaltkreisdigramm, welches die Anordnung von Dehnungsmessstreifen in einer Wheatstoneschen Brücke eines zweiten Spannungssensors zeigt.

**Fig. 9** ist ein Schaltkreisdigramm, welches die Anordnung von Dehnungsmessstreifen in einer Wheatstoneschen Brücke eines dritten Spannungssensors zeigt.

**Fig. 10** ist ein Schaltkreisdigramm, welches die Anordnung von Dehnungsmessstreifen in einer Wheatstoneschen Brücke eines vierten Spannungssensors zeigt.

**Fig. 11** ist ein Blockdiagramm der Ausgestaltung eines Steuersystems für eine Pedalkraftmessvorrichtung.

**Fig. 12** ist eine Darstellung eines Beispiels einer Anzeige von Pedalkraftparametern, gemessen durch eine Pedalkraftmessvorrichtung.

**Fig. 13** ist eine Perspektivansicht, welche eine Pedalkraftmessvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform einschließt.

**Fig. 14** ist eine Draufsicht eines Kurbelarms.

**Fig. 15** ist eine Querschnittsansicht, welche die Ausgestaltung eines Kurbellängeneinstellmechanismus für einen Kurbelarms zeigt.

**Fig. 16** ist eine Perspektivansicht, welche die Ausgestaltung eines Kurbellängeneinstellmechanismus zeigt.

**Fig. 17** ist eine Darstellung entsprechend zu **Fig. 2** für eine andere Ausführungsform.

**Fig. 18** ist eine Darstellung entsprechend zu **Fig. 3** für ein modifiziertes Beispiel der Anordnung des ersten Spannungssensors.

**Fig. 19** ist eine Darstellung entsprechend zu **Fig. 4** für ein modifiziertes Beispiel der Anordnung des vierten Spannungssensors.

**Fig. 20** zeigt Formeln für die Größen, welche auf dem Anzeigebildschirm, gezeigt in **Fig. 13**, gezeigt werden.

**[0046]** Ausgewählte Ausführungsformen werden nun unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Es wird den Fachleuten auf dem Gebiet des Fahrräder offenkundig werden von dieser Offenbarung, dass die folgenden Beschreibungen der Ausführungsformen zu Veranschaulichung ausschließlich und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung, wie durch die angehängten Ansprüche und ihre Äquivalente definiert, vorgesehen sind.

**[0047]** In **Fig. 1** ist eine Kurbelanordnung 10 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen mit einer Lagerwelle 12, aufweisend ein erstes Ende 12a und ein zweites Ende 12b, einer ersten Pedalkraftmessvorrichtung 14a, einer zweiten Pedalkraftmessvorrichtung 14b und einem Zahnkranz 15. Die erste Pedalkraftmessvorrichtung 14a ist am ersten Ende 12a des Kurbelarms 12 derart gekoppelt, um fähig zu sein, einheitlich bzw. integral mit der Lagerwelle 12 zu drehen. Die zweite Pedalkraftmessvorrichtung 14b ist am zweiten Ende 12b der Lagerwelle 12 derart gekoppelt, um fähig zu sein, einheitlich bzw. integral mit der Lagerwelle 12 zu drehen. Hier ist das erste Ende 12a der Lagerwelle 12 auf der rechten Seite des Fahrrades angeordnet, wenn von hinten betrachtet, wenn die Kurbelanordnung 10 am Fahrrad montiert ist, und ist das zweite Ende 12b auf der linken Seite angeordnet. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Lagerwelle 12 als eine hohlzylindrische Gestalt ausgeformt.

**[0048]** Die Pedalkraftmessvorrichtung 14a hat einen ersten Kurbelarm 20a, welcher fähig ist, am ersten Ende 12a der Lagerwelle 12 gekoppelt zu werden, um der einheitlichen bzw. integralen Drehung mit der Lagerwelle 12 fähig zu sein. Ein erstes Pedal 16a kann an einem Ende 31 a1 in der Längsrichtung des ersten Kurbelarms 20a angebracht werden, und das erste Ende 12a der Lagerwelle 12 kann an einem anderen Ende 31 a2 in der Längsrichtung angebracht werden. Die erste Pedalkraftmessvorrichtung 14a ist eine Vorrichtung zum Messen einer Vielzahl von Pedalkraftparametern, welche auf den ersten Kurbelarm 20 hervorgerufen durch ein Drücken der ersten Pedale 16a wirken. Die erste Pedalkraftmessvorrichtung 14a ist bereitgestellt mit einem ersten Kurbelarm 20a, einem Spannverformerpart 22, einem Parametererfasserpart 24 und einem Durchgangsloch 26, welches als ein Störunterdrückerpart 26 dient. Der Spannverformerpart 22 ist lösbar am ersten Kurbelarm 20a bereitgestellt, und Spannung bzw. Dehnung bzw. Verformung, welche auf den ersten Kurbelarm 20a wirkt, wird auf ihn übertragen. Der Parametererfasserpart 24 ist am Spannverformerpart 22 angeordnet und erfasst eine Vielzahl von Parametern aufgrund der Spannung, welche an den Spannverformerpart 22 übertragen wird. Der Störunterdrückerpart 26 unterdrückt eine Störung in einem Parameter, erfasst durch den Parametererfasserpart 24, seitens der anderen Parameter.

**[0049]** Der Zahnkranz 15 ist am ersten Kurbelarm 20a mittels eines Zahnkranzanbringparts 75 verankert. Der Zahnkranzanbringpart 75 ist am ersten Kurbelarm 20a verankert durch ein Ankerglied, welches nicht in den Figuren gezeigt ist, wie beispielsweise einen Bolzen. Der Zahnkranzanbringpart 75 hat ein Einsetzloch, in welches die Lagerwelle 12 eingesetzt ist, und eine Vielzahl von radial sich erstreckenden

Armen. Ankerparts, wie beispielsweise Bolzen, zum Verankern des inneren Umfangs des Zahnkranzes 15 sind an den Armen vorgesehen, und der Zahnkranz 15 ist lösbar an den Armen verankert. Der Zahnkranzanbringpart 75 kann an der Lagerwelle 12 pressgepasst sein oder kann einstückig bzw. integral mit dem ersten Kurbelarm 20a ausgeformt sein.

**[0050]** Die zweite Pedalkraftmessvorrichtung 14b hat eine Ausgestaltung ähnlich derjenigen der ersten Pedalkraftmessvorrichtung 14a und ist eine Vorrichtung zum Messen einer Vielzahl von Pedalkraftparametern, welche auf einen zweiten Kurbelarm 20b, hervorgerufen durch ein Drücken einer zweiten Pedale 16b, wirken. Die zweite Pedalkraftmessvorrichtung 14b weist den zweiten Kurbelarm 20b sowie einen Spannverformerpart 22, einen Parametererfasserpart 24 und einen Störunterdrückerpart 26, ähnlich ausgestaltet wie diejenigen der ersten Pedalkraftmessvorrichtung 14a, auf, wobei keiner der letzteren drei in den Zeichnungen gezeigt wird. In der Folgenden Beschreibung wird daher eine Beschreibung derjenigen Merkmale der zweiten Pedalkraftmessvorrichtung 14b, welche ähnlich sind zu der ersten Pedalkraftmessvorrichtung 14a, ausgelassen, und werden Merkmale, ähnlich zu denjenigen der ersten Pedalkraftmessvorrichtung 14a, mit ähnlichen Bezugszeichen in **Fig. 1** versehen, wobei die Merkmale durch Suffixe „a“ und „b“ unterschieden werden.

**[0051]** Der erste Kurbelarm 20a und der zweite Kurbelarm 20b sind beide stabförmige Glieder, welche sich in einer Längsrichtung erstrecken. Die zwei Enden des ersten Kurbelarms 20a und des zweiten Kurbelarms 20b haben verrundet hemisphärische Gestalten, aber es gibt keine besondere Beschränkung bezüglich der Gestalten der Enden. Der erste Kurbelarm 20a hat einen ersten Armkörper 30a und eine erste Armabdeckung 32a, welche den ersten Armkörper 30a abdeckt. Der zweite Kurbelarm 20b hat einen zweiten Armkörper 30b und eine zweite Armabdeckung 32b, welche den zweiten Armkörper 30b abdeckt.

**[0052]** Wie in **Fig. 2** gezeigt, hat der erste Armkörper 30a einen ersten Pedalanbringpart 34a an dem einen Ende 31 a1 in der Längsrichtung, wo die erste Pedale 16a angebracht werden kann. Der erste Armkörper 30a hat einen ersten Lagerwellenanbringpart 36a, verankerbar am ersten Ende 12a der Lagerwelle 12 mittels geeigneter Ankermittel, wie beispielsweise Presspassen oder Bolzen, an dem anderen Ende 31 a2 in der Längsrichtung. In der vorliegenden Ausführungsform ist das erste Ende 12a der Lagerwelle 12 am ersten Lagerwellenanbringpart 36a mittels Presspassen verankert. Eine Pedalachse 17a der ersten Pedale 16a kann lösbar am ersten Pedalanbringpart 34a verankert sein. Der erste Pedalan-

bringpart 34a weist beispielsweise ein erstes Schraubloch 35a auf, in welches die Pedalachse 17a hineingeschraubt wird. Der erste Lagerwellenanbringpart 36a weist ein erstes Anbringloch 37a auf. Verzahnungen sind innerhalb des inneren Umfang gegenüber des ersten Anbringlochs 37a des ersten Lagerwellenanbringparts 36a ausgeformt, und das erste Ende 12a der Lagerwelle 12 ist pressgepasst und am ersten Anbringloch 37a verankert. Das erste Anbringloch 37a ist hier ein Durchgangsloch, aber das erste Anbringloch 37a kann auch als ein Einschnitt bzw. eine Vertiefung bzw. eine Einkerbung ausgeformt sein.

**[0053]** Der erste Armkörper 30a weist auch einen ersten Gehäusepart 38a auf, in welchem ein Spannverformerpart 22a zwischen dem ersten Pedalanbringpart 34a und dem ersten Lagerwellenanbringpart 36a aufgenommen ist. Der erste Gehäusepart 38a ist als eine Vertiefung bzw. Aussparung ausgeformt. In der vorliegenden Ausführungsform öffnet sich der erste Gehäusepart 38a in der Richtung weg vom Fahrrad, in welcher die Lagerwelle sich erstreckt, wenn die Kurbelanordnung 10 am Fahrrad befestigt ist. Der erste Gehäusepart 38a hat erste Anbringparts 39a entlang beider Seiten in der Längsrichtung des ersten Kurbelarms 20a zum Verankern des Spannverformerparts 22a am ersten Kurbelarm 20a. Zwei Ankerlöcher 40a, in welchen Ankerbolzen 42 zum Verankern des Spannverformerparts 22a angeordnet sind, sind in jedem der ersten Anbringparts 39a ausgebildet. Die Ankerlöcher 40a in den ersten Anbringparts 39a sind symmetrisch angeordnet bezüglich einer Ebene, welche die Pedalachse 17a und die Lagerwelle 12 enthält. In der vorliegenden Ausführungsform sind die Ankerlöcher 40a Schraublöcher. Eine kranzförmige erste Abstufung 41a zum Montieren der ersten Armabdeckung 32a ist auf dem äußeren Umfang des ersten Armkörpers 30a ausgebildet. Die erste Abstufung 41a ist als eine Aussparung in der äußeren Fläche ausgeformt mit einer Tiefe, welche der Dicke des ersten Steges 44a der ersten Abdeckung 32a identisch ist, wie im Folgenden beschrieben.

**[0054]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, hat die erste Armabdeckung 32a eine erste Abdeckung 43a zum Abdecken des ersten Gehäuseparts 38a und einen ersten Steg 44a, welcher kranzförmig vom umlaufenden Rand der ersten Abdeckung 43a hin zum ersten Armkörper 30a hervorspringt. Die innere Umlauffläche des ersten Steges 44a fügt sich mit der ersten Abstufung 41a des ersten Armkörpers 30a. Die erste Abdeckung 43a ist vorgesehen von dem einen Ende 31 a1 des Kurbelarms 20a in der Längsrichtung hin zu einem anderen Ende 31 a2 und bedeckt eine Seite des ersten Armkörpers 30a vollständig. Zu diesem Zweck hat die erste Abdeckung 43a ein erstes Durchgangsloch 47a, welches mit dem ersten Schraubloch 35a kommuniziert, und durch welches



die Pedalachse 17a der ersten Pedale 16a hindurchtreten kann, und ein zweites Durchgangsloch 46a, welches mit dem ersten Anbringloch 37a kommuniziert. Das zweite Durchgangsloch 46a ist mit einem ähnlichen Durchmesser wie das erste Anbringloch 37a ausgeformt. Das zweite Durchgangsloch 46a ist an dieser Stelle ausgeformt, es ist jedoch ebenso annehmbar, das zweite Durchgangsloch 46a nicht auszuformen. Die erste Armabdeckung 32a ist am ersten Armkörper 30a mittels einer Vielzahl (z.B. vier) von Schraubgliedern 45a verankert. Die Verankerungsmittel sind nicht auf Schrauben beschränkt; ein Verankerungsverfahren wie Bonding oder elastisches Eingreifen sind ebenso annehmbar.

**[0055]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, hat der zweite Kurbelarm 20b einen zweiten Armkörper 30b und eine zweite Armabdeckung 32b, welche den zweiten Armkörper 30b abdeckt. Der zweite Armkörper 30b ist unterschiedlich vom ersten Armkörper 30a ausgebildet und ein zweiter Lagerwellenanbringpart 36b hat ein verzahntes zweites Anbringloch 37b, in welchem ein Schlitz 37c ausgeformt ist. Der Schlitz 37c erstreckt sich von der äußeren Fläche des zweiten Armkörpers 30b. Die Breite des Schlitzes 37c ist/wird durch Einsetzen eines Festziehbolzens 46b aus einer den Schlitz 37c schneidenden Richtung reduziert. Der zweite Kurbelarm 20b ist dadurch am zweiten Ende 12b der Lagerwelle 12 verankert. Andere Merkmale sind identisch mit denen des ersten Kurbelarms 20a, weshalb deren Beschreibung weggelassen wird.

**[0056]** Wie in **Fig. 2**, **Fig. 3**, **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt, hat der Spannverformerpart 22 einen Spannverformerpartkörper 50, welcher sich in der Längsrichtung des ersten Kurbelarms 20a erstreckt, und Ankerabschnitte 51 an beiden Enden des Spannverformerpartkörper 50, welche sich in einer Richtung weg vom Spannverformerpartkörper 50 in einer Richtung senkrecht zum Spannverformerpartkörper 50 erstrecken. Der Spannverformerpart 22 hat eine Gestalt eines abgeflachten Buchstabens H. Der Spannverformerpartkörper 50 ist als ein viereckiges Prisma ausgeformt.

**[0057]** **Fig. 6** zeigt einen Querschnitt des Spannverformerpartkörpers 50. Wie in **Fig. 6** gezeigt, hat der Spannverformerpartkörper 50 eine erste Fläche 52a, eine zweite Fläche 52b, eine dritte Fläche 52c und eine vierte Fläche 52d, sich erstreckend in der Längsrichtung des ersten Kurbelarms 20a. In der vorliegenden Ausführungsform sind die erste Fläche 52a, zweite Fläche 52b, dritte Fläche 52c und vierte Fläche 52d des Spannverformerpartkörpers 50 alle von derselben Größe. Die erste Fläche 52a und die vierte Fläche 52d, welche der ersten Fläche 52a gegenübersteht, sind im Wesentlichen senkrecht zur Pedalachse 17a der ersten Pedale 16a, wie in **Fig. 1** gezeigt. Die zweite Fläche 52b und die dritte

Fläche 52c, welche der zweiten Fläche 52b gegenübersteht, sind im Wesentlichen parallel zur Pedalachse 17a der ersten Pedale 16a, wie in **Fig. 1** gezeigt. Das Biegen und Scheren des Spannverformerpartkörpers 50 werden durch den Parametererfasserpart 24 erfasst, was ein Messen der Vielzahl von Parametern ermöglicht.

**[0058]** Zwei Ankerlöcher 51a sind in jedem der Ankerabschnitte 51 voneinander getrennt in einer Richtung senkrecht zur Längsrichtung ausgeformt. Die Ankerlöcher 51a sind symmetrisch auf beiden Seiten des Spannverformerpartkörpers 50 vorgesehen. Die Ankerlöcher 51a sind mittels Durchgangslocher ausgeformt und erstrecken sich in einer Richtung, welche im Wesentlichen parallel zu Pedalachse 17a der Pedale 16a ist. Die Ankerbolzen 42 zum Verankern des Spannverformerparts 22 im ersten Gehäusepart oder der Vertiefung 38a werden in die Ankerlöcher 40a durch die Ankerlöcher 51 a geschraubt.

**[0059]** Der Spannverformerpartkörper 50 ist derart vorgesehen, dass der erste Armkörper 30a und die erste Armabdeckung 32a einander nicht berühren, wenn der Spannverformerpart 22 am Kurbelarm 20a verankert ist.

**[0060]** Wie in **Fig. 2**, **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt, hat der erste Parametererfasserpart 24 einen ersten Spannungssensor 54 zum Erfassen einer ersten Kraftkomponente  $F_x$ , einen zweiten Spannungssensor 56 zum Erfassen einer zweiten Kraftkomponente  $F_y$ , einen dritten Spannungssensor zum Erfassen einer dritten Kraftkomponente  $F_z$  und einen vierten Spannungssensor 60 zum Erfassen der Scherkraft der Last, welche auf den ersten Kurbelarm 20a wirkt, um eine Lastposition L aufzudecken.

**[0061]** Wie in **Fig. 1** gezeigt ist die ersten Kraftkomponente  $F_\theta$  eine Kraftkomponente in einer Drehrichtung des Biegemoments der Last, welche auf den Kurbelarm 20 wirkt. Die zweite Kraftkomponente  $F_r$  ist eine Kraftkomponente in der Längsrichtung des ersten Kurbelarms 20a des Biegemoments der Last, welche auf den ersten Kurbelarm 20a wirkt. Die dritte Kraftkomponente  $F_z$  ist eine Kraftkomponente in der Achsialrichtung bzw. Achsrichtung der ersten Pedale 16a des Biegemoments der Last, welche auf den ersten Kurbelarm 20a wirkt. Die Lastposition L ist die Position in der Achsialrichtung der ersten Pedale 16a, wo der Benutzer die erste Pedal 16a drückt, und die Länge in der Achsialrichtung weg von der äußeren Fläche des ersten Kurbelarms 20a hin zu der Position auf der ersten Pedale 16a, wo die Last wirkt.

**[0062]** Der erste Spannungssensor 54 hat vier Dehnungsmessstreifen B1, B2, B3 und B4, welche einen Wheatstoneschen Brückenschaltkreis bilden. Der

zweite Spannungssensor 56 hat vier Dehnungsmesstreifen P1, P2, P3 und P4, welche einen Wheatstoneschen Brückenschaltkreis bilden. Der dritte Spannungssensor 58 hat vier Dehnungsmesstreifen A1, A2, A3 und A4, welche einen Wheatstoneschen Brückenschaltkreis bilden. Der vierte Spannungssensor 60 hat vier Dehnungsmesstreifen T1, T2, T3 und T4, welche einen Wheatstoneschen Brückenschaltkreis bilden.

**[0063]** Die vier Dehnungsmesstreifen B1, B2, B3 und B4 bilden den ersten Spannungssensor 54 und sind angeordnet an dem anderen Ende (in **Fig. 3** das rechte Ende) des Spannverformerparts 22. Die Dehnungsmesstreifen B1, B2, B3 und B4 sind an dem anderen Ende des Spannverformerpartkörpers 50 in Positionen, welche nicht mit dem Kurbelarm 20a in Berührung stehen, angeordnet. Wie in **Fig. 7** gezeigt, sind der Dehnungsmesstreifen B1, angeordnet an einer ersten Seite 62a aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises 62 im ersten Spannungssensor 54, und der Dehnungsmesstreifen B3, angeordnet an einer der ersten Seite 62a gegenüberstehenden zweiten Seite 62b, an der zweiten Fläche 52b angeordnet. Wie in **Fig. 3** und **Fig. 6** gezeigt, sind der Dehnungsmesstreifen B2, angeordnet an einer dritten Seite 62c zwischen der ersten Seite 62a und der zweiten Seite 62b des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises 62, und der Dehnungsmesstreifen B4 angeordnet an einer vierten Seite 62d zwischen der ersten Seite 62a und der zweiten Seite 62b, an der dritten Fläche 52c angeordnet.

**[0064]** Die zwei Dehnungsmesstreifen B1 und B3, angeordnet an der zweiten Fläche 52b, sind in der Längsrichtung über einer longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 ausgerichtet. Die zwei Dehnungsmesstreifen B2 und B4, angeordnet an der dritten Fläche 52c, sind in der Längsrichtung über der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 ausgerichtet. Mit anderen Worten sind im ersten Spannungssensor 54 zwei Dehnungsmesstreifen, angeordnet an derselben Fläche, in der Längsrichtung über der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 ausgerichtet. Die Richtungen, in welchen die Dehnungsmesstreifen B1, B2, B3 und B4 Spannung erfassen, sind entlang der Längsrichtung des Kurbelarms 20a angeordnet.

**[0065]** Der Dehnungsmesstreifen B1 und der Dehnungsmesstreifen B2 sind an überlappenden Positionen angeordnet und umgeben den Spannverformerpartkörper 50. Der Dehnungsmesstreifen B3 und der Dehnungsmesstreifen B4 sind ebenfalls an überlappenden Positionen angeordnet und umgeben den Spannverformerpartkörper 50.

**[0066]** Es ist ebenso annehmbar, dass der Dehnungsmesstreifen B1 und der Dehnungsmesstreifen B3, angeordnet an der zweiten Fläche 52b, symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet sind, und dass der Dehnungsmesstreifen B2 und der Dehnungsmesstreifen B4, angeordnet an der dritten Fläche 52c, symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet sind, wie in **Fig. 18** gezeigt. Mit anderen Worten können im ersten Spannungssensor 54 zwei Dehnungsmesstreifen auf derselben Fläche symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet sein. Der Dehnungsmesstreifen B1 und der Dehnungsmesstreifen B2 sind ebenso an überlappenden Positionen angeordnet und umgeben den Spannverformerpartkörper 50. Der Dehnungsmesstreifen B3 und der Dehnungsmesstreifen B4 sind ebenfalls an überlappenden Positionen angeordnet und umgeben den Spannverformerpartkörper 50.

**[0067]** Die vier Dehnungsmesstreifen P1, P2, P3 und P4, welche den zweiten Spannungssensor 56 bilden, sind an dem einen Ende (in **Fig. 4** das linke Ende) des Spannverformerparts 22 angeordnet. Die Dehnungsmesstreifen P1, P2, P3 und P4 sind an dem einen Ende des Spannverformerpartkörpers 50 an Positionen, welche nicht den Kurbelarm 20a berühren, angeordnet. Wie in **Fig. 8** gezeigt, sind die Dehnungsmesstreifen P2, angeordnet an einer ersten Seite 64a aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises 64 im zweiten Spannungssensor 56, und der Dehnungsmesstreifen P4, angeordnet an einer der ersten Seite 64a gegenüberstehenden zweiten Seite 64b an der vierten Fläche 52d angeordnet. Der Dehnungsmesstreifen P1, angeordnet an einer dritten Seite 64c zwischen der ersten Seite 64a und der zweiten Seite 64b des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises 64, und der Dehnungsmesstreifen P3, angeordnet an einer vierten Seite 64d zwischen der ersten Seite 64a und der zweiten Seite 64b, sind an der ersten Fläche 52a angeordnet, wie in **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt. Die zwei Dehnungsmesstreifen P1 und P3, angeordnet an der ersten Fläche 52a, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet. Die zwei Dehnungsmesstreifen P2 und P4, angeordnet an der vierten Fläche 52d, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet. Mit anderen Worten sind im zweiten Spannungssensor 56 zwei Dehnungsmesstreifen, angeordnet an derselben Fläche, symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet. Die Richtungen, in welchen die Dehnungsmesstreifen P1, P2, P3 und P4 Spannung erfassen, sind entlang der Längsrichtung des Kurbelarms 20a angeordnet. Der Dehnungsmesstreifen P1 und der Dehnungs-

messtreifen P2 sind an überlappenden Positionen angeordnet und umgeben den Spannverformerpartkörper 50. Der Dehnungsmesstreifen P3 und der Dehnungsmesstreifen P4 sind ebenfalls an überlappenden Positionen angeordnet und umgebenden Spannverformerpartkörper 50.

**[0068]** Die vier Dehnungsmesstreifen A1, A2, A3 und A4, welche den dritten Spannungssensor 58 bilden, sind an der ersten Fläche 52a angeordnet. Es ist ebenso annehmbar, dass der dritte Spannungssensor 58 an der vierten Fläche 52d angeordnet ist. Wie in **Fig. 9** gezeigt, sind der Dehnungsmesstreifen A2, angeordnet an einer ersten Seite 66a aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises 66, welcher den dritten Spannungssensor 58 bildet, und der Dehnungsmesstreifen A4, angeordnet an einer der ersten Seite 66a gegenüberstehenden zweiten Seite 66b, angeordnet an dem anderen Ende (in **Fig. 5** das rechte Ende) des Spannverformerparts 22, wie in **Fig. 5** gezeigt. Die Dehnungsmesstreifen A2 und A4 sind an dem anderen Ende des Spannverformerpartkörpers 50 an Positionen, welche nicht den Kurbelarm 20a berühren, angeordnet.

**[0069]** Der Dehnungsmesstreifen A1, angeordnet an einer dritten Seite 66c zwischen der ersten Seite 66a und der zweiten Seite 66b des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises 66, und der Dehnungsmesstreifen A3 angeordnet an einer vierten Seite 66d zwischen der ersten Seite 66a und der zweiten Seite 66b, sind an dem einen Ende (in **Fig. 5** das linke Ende) des Spannverformerparts 22 angeordnet. Die Dehnungsmesstreifen A1 und A3 sind an dem einen Ende des Spannverformerpartkörpers 50 an Positionen, welche nicht den Kurbelarm 20a berühren, angeordnet.

**[0070]** Die zwei Dehnungsmesstreifen A1 und A3 sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 an dem einen Ende des Spannverformerparts 22 angeordnet. Die zwei Dehnungsmesstreifen A2 und A4 sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 an dem anderen Ende des Spannverformerparts 22 angeordnet. Die Richtungen, in welchen die Dehnungsmesstreifen A1, A2, A3 und A4 Spannung erfassen, sind entlang der Längsrichtung des Kurbelarms 20a angeordnet. Der Dehnungsmesstreifen A1 und der Dehnungsmesstreifen A2 sind an dem einen Ende der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 in einer Richtung senkrecht zur Längsrichtung des Kurbelarms angeordnet. Der Dehnungsmesstreifen A3 und der Dehnungsmesstreifen A4 sind an dem anderen Ende der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 in der Richtung senkrecht zur Längsrichtung des Kurbelarms angeordnet.

**[0071]** Wie in **Fig. 4** gezeigt, sind die vier Dehnungsmesstreifen T1, T2, T3 und T4, welche den vierten Spannungssensor 60 bilden, im Wesentlichen an einem Mittelpart CP in der Längsrichtung des Spannverformerparts 22 angeordnet. Der Mittelpart CP umschließt die Mitte und die Nachbarschaft der Mitte. Die Dehnungsmesstreifen T1, T2, T3 und T4 sind in dem Mittelpart in der Längsrichtung des Spannverformerpartkörpers 50 angeordnet. Der Dehnungsmesstreifen T2 und der Dehnungsmesstreifen T1, angeordnet an einer benachbarten ersten Seite 68a und dritten Seite 68c aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises 68 im vierten Spannungssensor 60, gezeigt in **Fig. 10**, sind an der vierten Fläche 52d angeordnet, wie in **Fig. 4** gezeigt. Wie in **Fig. 5** gezeigt, sind der Dehnungsmesstreifen T4, angeordnet an einer der ersten Seite 68a gegenüberstehenden zweiten Seite 68b, und der Dehnungsmesstreifen T3, angeordnet an einer der dritten Seite 68c gegenüberstehenden vierten Seite 68d, an der ersten Fläche 52a angeordnet.

**[0072]** Die zwei Dehnungsmesstreifen T3 und T4, angeordnet an der ersten Fläche 52a, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet. Die zwei Dehnungsmesstreifen T1 und T2, angeordnet an der vierten Fläche 52d, sind ebenfalls symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet. Mit anderen Worten sind im vierten Spannungssensor 60 zwei Dehnungsmesstreifen, angeordnet an derselben Fläche, symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerparts 22 angeordnet.

**[0073]** Der Dehnungsmesstreifen T1 ist derart angeordnet, dass die Richtung, in welcher er Spannung erfasst, gekippt ist um 45 Grad bezüglich der Längsrichtung des Kurbelarms 20a. Der Dehnungsmesstreifen T2 ist derart angeordnet, dass die Richtung, in welcher er Spannung erfasst, gekippt ist um 45 Grad bezüglich der Längsrichtung des Kurbelarms 20a und senkrecht zu der Richtung ist, in welcher der Dehnungsmesstreifen T1 Spannung erfasst.

**[0074]** Der Dehnungsmesstreifen T3 ist derart angeordnet, dass die Richtung, in welcher er Spannung erfasst, gekippt ist um 45 Grad bezüglich der Längsrichtung des Kurbelarms 20a und im Wesentlichen parallel zu der Richtung ist, in welcher der Dehnungsmesstreifen T2 Spannung erfasst. Der Dehnungsmesstreifen T4 ist derart angeordnet, dass die Richtung, in welcher er Spannung erfasst, gekippt ist um 45 Grad bezüglich der Längsrichtung des Kurbelarms 20a, senkrecht ist zu der Richtung, in welcher der Dehnungsmesstreifen T2 Spannung erfasst, und im Wesentlichen parallel ist zur Rich-

tion, in welcher der Dehnungsmesstreifen T3 Spannung erfasst.

**[0075]** Der Dehnungsmesstreifen T1 und der Dehnungsmesstreifen T4 sind an überlappenden Positionen angeordnet und umgeben den Spannverformerkörper 50. Der Dehnungsmesstreifen T2 und der Dehnungsmesstreifen T3 sind ebenfalls an überlappenden Positionen angeordnet und umgeben den Spannverformerkörper 50.

**[0076]** Die Dehnungsmesstreifen T1, T2, T3 und T4 des vierten Spannungssensors 60 können ebenfalls allesamt an der ersten Fläche 52a oder der vierten Fläche 52d angeordnet sein, wie in **Fig. 19** gezeigt. Der Dehnungsmesstreifen T2, angeordnet an einer ersten Seite 68a des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises 68, und der Dehnungsmesstreifen T1, angeordnet an einer dritten Seite 68c, und der Dehnungsmesstreifen T4, angeordnet an einer zweiten Seite 68b, und der Dehnungsmesstreifen T3, angeordnet an einer vierten Seite 68d, sind symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse CX des Spannverformerpars 22 angeordnet. Der Dehnungsmesstreifen T1 und der Dehnungsmesstreifen T2 sind symmetrisch an beiden Seiten der Mitte in der Längsrichtung des Spannverformerpars 22 angeordnet, und der Dehnungsmesstreifen T3 und der Dehnungsmesstreifen T4 sind symmetrisch an beiden Seiten in der Längsrichtung des Spannverformerpars 22 angeordnet.

**[0077]** Der Störunterdrückerpart 26 unterdrückt Störung seitens beispielsweise einer dritten Kraftkomponente Fz innerhalb der zweiten Kraftkomponente Fr, welche durch den zweiten Spannungssensor 56 erfasst wird. Der Störunterdrückerpart 26 hat einen ersten Störunterdrückerpart 70, wie in **Fig. 11** gezeigt, zum Unterdrücken von Störung mittels eines Berechnungsvorgangs und einen zweiten Störunterdrückerpart 72, wie in **Fig. 3** gezeigt, zum Unterdrücken von Störung mittels der Struktur des Spannverformerpars 22.

**[0078]** Der erste Störunterdrückerpart 70 ist durch einen Rechenprozessor 76 verwirklicht, welcher einen Mikrocomputer einschließt, welcher Software ausführt. Der Rechenprozessor 76 kann in einer Aussparung oder einem anderen Behältnisraum, ausgeformt im ersten Kurbelarm 20a und zweiten Kurbelarm 20b, enthalten sein, oder kann aufgenommen sein in einem Hüllenglied 74, welches, wie in **Fig. 1** gezeigt, optional an einer seitlichen Fläche des zweiten Kurbelarms 20b bereitgestellt ist. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Rechenprozessor 76 innerhalb eines Hüllengliedes 74 bereitgestellt.

**[0079]** Der Rechenprozessor 76 ist mit dem ersten Spannungssensor 54, dem zweiten Spannungssensor 56, dem dritten Spannungssensor 58 und dem

vierten Spannungssensor 60, welche am ersten Kurbelarm 20a und am zweiten Kurbelarm 20b vorgesehen sind, verbunden. Der Rechenprozessor 76 und die Spannungssensoren 54, 56, 58 und 60 sind elektrisch mittels einer Leitung wie beispielsweise eines elektrischen Kabels, einer gedruckten Verdrahtung oder Ähnlichem verbunden. Der Rechenprozessor 76 und die Spannungssensoren 54, 56, 58 und 60 können ebenfalls mittels eines signalverstärkenden Schaltkreises bzw. Übertragungsschaltkreises bzw. Relaisübertragungsschaltkreises verbunden sein. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Rechenprozessor 76 vorgesehen innerhalb des Hüllengliedes 74; eine Leitung zum Verbinden der Spannungssensoren 54, 56, 58 und 60 des ersten Kurbelarms 20a und des Rechenprozessors 76 ist daher an der Lagerwelle 12 vorgesehen. Löcher (nicht dargestellt), durch welche Leitungen hindurchgeführt werden kann, sind in geeigneter Weise im ersten Kurbelarm 20a, dem zweiten Kurbelarm 20b und der Lagerwelle 12 vorgesehen.

**[0080]** Der Rechenprozessor 76 ist am ersten Kurbelarm 20a vorgesehen, und ein Kadenzsensor 78 zum Messen der Drehgeschwindigkeit des ersten Kurbelarms 20a ist mit dem Rechenprozessor verbunden. Der Kadenzsensor 78 kann ebenfalls an einem Arm des Zahnkranzbringparts 75 vorgesehen sein. Der Kadenzsensor 78 ist beispielweise ein Reed-Schalter. Der Rechenprozessor 76 ist weiter verbunden mit einem Kadenzsensor 78, welcher am zweiten Kurbelarm vorgesehen ist, zum Messen der Drehgeschwindigkeit des zweiten Kurbelarms 20b, einer Stromquelle 71, gebildet durch eine Batterie, und einer drahtlosen Kommunikationseinheit 73, welche fähig ist, berechnete Daten an eine externe Vorrichtung wie beispielsweise einen Personalcomputer zu senden. Die Stromquelle 71 ist vorgesehen an einem aus einer Aussparung oder anderen Behältnisraum, ausgebildet im ersten Kurbelarm 20a oder dem zweiten Kurbelarm 20b, der Lagerwelle 12 oder dem Hüllenglied 74. Der Kadenzsensor 78 ist wenigstens einem Magneten, vorgesehen am Rahmen des Fahrrades, zuwendbar an der Peripherie der Lagerwelle 12 angeordnet.

**[0081]** Die drahtlose Kommunikationseinheit 73 ist im Hüllenglied 74 vorgesehen. Das Hüllenglied 74 ist aus einem synthetischen Harz bzw. Resin gebildet, welches Radiowellen nicht blockiert. Das Hüllenglied 74 ist lösbar oder unlösbar am zweiten Kurbelarm 20b mittels Ankermitteln wie beispielsweise einem Bolzen, einem Klebstoff oder einem Band verankert. Das Hüllenglied 74 ist vorzugsweise an einer Fläche des zweiten Kurbelarms 20b welche den Fahrradrahmen zugewandt ist, angebracht, wenn die Kurbelanordnung 10 am Fahrrad angebracht ist.

**[0082]** Der erste Störunterdrückerpart 70 hat einen ersten Kraftkomponentenberechner 80, einen Last-

positionsberechner 82, einen zweiten Kraftkomponentenberechner 84 und einen dritten Kraftkomponentenberechner 86 in Gestalt von als Software realisierten funktionalen Merkmalen. Der zweite Kraftkomponentenberechner 84 hat einen Störkomponentenberechner 88 und einen Störkomponenteneliminierer 90.

**[0083]** Die Ausgabe OP1 ( $F_\theta$ ) des ersten Spannungssensors 54 entspricht dem Biegemoment  $M$  ( $F_\theta$ ) in der Drehrichtung des ersten Kurbelarms 20a. Wie in **Fig. 3** gezeigt, ist das Biegemoment  $M$  ( $F_\theta$ ) des ersten Spannungssensors 54 daher das Produkt der ersten Kraftkomponente  $F_\theta$  und eines Abstandes  $L1$  ( $F_\theta \times L1$ ). Der Abstand  $L1$  ist hier der Abstand zwischen einer Mittelposition in der Längsrichtung der vier Dehnungsmessstreifen B1 bis B4 des ersten Spannungssensors 54 und der achsialen Mitte der ersten Pedale 16a. Der erste Kraftkomponentenberechner 80 teilt daher das Biegemoment  $M$  ( $F_\theta$ ) des ersten Spannungssensors 54 durch den Abstand  $L1$ , um die erste Kraftkomponente  $F_\theta$  zu berechnen. Es ist also  $F_\theta = OP1 = M(F_\theta)/L1$ .

**[0084]** Die Ausgabe OP 4 ( $=L$ ) des vierten Spannungssensors 60 entspricht dem Drehmoment  $T$  ( $F_e$ ) der ersten Kraftkomponente  $F_e$  an der Lastposition  $L$ ; Wie in **Fig. 3** gezeigt, ist das Drehmoment  $T$  ( $F_e$ ) also das Produkt aus der ersten Kraftkomponente  $F_e$  und der Lastposition  $L$  ( $F_\theta \times L$ ). Der Lastpositionsberechner 82 teilt also die Ausgabe OP 4 des vierten Spannungssensors 60 durch die erste Kraftkomponente  $F_\theta$  um die Lastposition  $L$  zu berechnen. Es ist also  $L = OP 4 = T(F_e)/F_e$ .

**[0085]** Die Ausgabe OP 2 ( $Fr'$ ) des zweiten Spannungssensors 56 entspricht dem Biegemoment  $M$  ( $Fr'$ ) der Kraft  $Fr$  an der Lastposition  $L$ . Die Ausgabe OP2 ( $Fr'$ ) kann ermittelt werden durch Teilen des Biegemoments  $M$  ( $Fr'$ ) des zweiten Spannungssensors durch die Lastposition  $L$ . Es ist also  $Fr = OP2 = M(Fr')/L$ .

**[0086]** Die Ausgabe OP3 ( $Fz$ ) des dritten Spannungssensors 58 entspricht dem Biegemoment  $M$  ( $Fz$ ) des ersten Kurbelarms 20a. Das Biegemoment  $M$  ( $Fz$ ) des dritten Spannungssensors 58 ist ein Produkt aus der dritten Kraftkomponente  $Fz$  und einem Abstand  $L2$ , erhalten durch Subtrahieren eines Abstandes  $L3$  zwischen den Dehnungsmessstreifen A1, A3 an dem einen Ende und der achsialen Mitte der ersten Pedale 16a von einem Abstand  $L4$  zwischen den Dehnungsmessstreifen A2, A4 an dem anderen Ende, wie in **Fig. 3** gezeigt, und der achsialen Mitte der ersten Pedale 16a. Der dritte Kraftkomponentenberechner 86 teilt also das der Ausgabe OP3 entsprechende Biegemoment  $M(Fz)$  des dritten Spannungssensors 58, um die dritte Kraftkomponente  $Fz$  zu berechnen. Es ist also  $Fz = OP3 = M(Fz)/L2$ .

**[0087]** Im zweiten Kraftkomponentenberechner 84 berechnet der Störkomponentenberechner 88 die  $Fz$ -Störkomponente der dritten Kraftkomponente aufgrund der Ausgabe OP2 des zweiten Spannungssensors 56. Die Störkomponente  $IF$  der dritten Kraftkomponente  $Fz$  auf den zweiten Spannungssensor 56 ist das Moment eines Abstandes  $L5$  zwischen dem zweiten Spannungssensor 56 der dritten Kraftkomponente  $Fz$  und der achsialen Mitte der ersten Pedale 16a. Der Störkomponentenberechner 88 berechnet also  $Fz \times L5$ , das Produkt der berechneten dritten Komponente  $Fz$  und des Abstandes  $L5$ . Es ist also  $IF = Fz \times L5$ .

**[0088]** Der Störkomponenteneliminierer 90 des zweiten Kraftkomponentenberechners 84 eliminiert bzw. löscht aus die Störkomponente  $IF$  der dritten Kraftkomponente  $Fz$  im Biegemoment  $M$  ( $Fr'$ ) des zweiten Spannungssensors 56. Insbesondere wird die Störkomponente  $Fz \times L5$ , welche das Produkt der dritten Kraftkomponente  $Fz$ , berechnet mittels des dritten Kraftkomponentenberechners 86, und des Abstandes  $L5$  bildet, subtrahiert von der Ausgabe OP2 des zweiten Spannungssensors 56, um das Moment  $M$  ( $Fr$ ) der wahren zweiten Kraftkomponente  $Fr$  zu finden, und dieses Moment wird geteilt durch die Lastposition  $L$ , um die wahre zweite Kraftkomponente  $Fr$  zu berechnen. Es ist also  $Fr = (M(Fr') - IF)/L$ . Dadurch ist es möglich, Störung seitens der dritten Kraftkomponente  $Fz$  zu unterdrücken.

**[0089]** Die Beziehungen zwischen den Ausgaben der zahlreichen Sensoren, der zahlreichen ersten Kraftkomponenten und der Lastposition können experimentell im Voraus bestimmt werden. Die Ausgaben der Sensoren werden also als die Kraftkomponenten und die Lastposition aus der vorangegangenen Beschreibung behandelt.

**[0090]** Der zweite Störunterdrückerpart 72 unterdrückt Störung seitens der zweiten Kraftkomponente  $Fr$  auf die Ausgabe OP3 hin des zweiten Spannungssensors 56 mittels der Struktur des Spannverformerparts 22. Wie in **Fig. 3** gezeigt, ist der zweite Störunterdrückerpart 72 verschoben von einer Mittelposition der Längsrichtung des ersten Kurbelarms 20a hin zu dem einen Ende des Spannverformerparts 22 ausgeformt, d.h. hin zum Pedalanbringpart 34a. Der zweite Störunterdrückerpart 72 ist im Spannverformerpartkörper 50 ausgeformt. Die Fläche eines Querschnitts senkrecht zu der Längsrichtung des zweiten Störunterdrückerparts 72 unterscheidet sich von der in anderen Parts des Spannverformerpartkörpers 50, und in der vorliegenden Ausführungsform unterscheidet sich die Fläche des Querschnitts von derjenigen in anderen Parts des Spannverformerpartkörpers 50. In der ersten Ausführungsform ist der zweite Störunterdrückerpart 72 gebildet durch Ausformen eines Durchgangslochs bzw. einer Durchgangsbohrung 72a. Wie in **Fig. 6**

gezeigt, ist das Durchgangsloch 72a durch ein Durchstoßen der zweiten Fläche 52b und der dritten Fläche 52c ausgeformt. Der zweite Störunterdrückerpart 72 ist in der Nähe des zweiten Spannungssensors 56 angeordnet. Der Querschnitt des Durchgangslochs 72a senkrecht zu der Richtung, in welcher das Loch sich erstreckt, kann perfekt rund, langgezogen, ellipsoid oder polygonal bzw. vieleckig sein.

**[0091]** In der vorliegenden Ausführungsform ist die Störkomponente IF in der zweiten Kraftkomponente Fr unterdrückt mittels des ersten Störunterdrückerparts 70 und des zweiten Störunterdrückerparts 72, was eine genaue Messung der zweiten Kraftkomponente Fr ermöglicht. Beispielsweise war in einem Versuch bei einem Platzieren einer Last auf dem ersten Kurbelarm 20a die Störung -156 Prozent, sofern kein Störunterdrückerpart 26 bereitgestellt war, war jedoch auf -2,3 Prozent reduziert, wenn ein Störunterdrückerpart 26 bereitgestellt war. Die Störung ist eine Prozentzahl, erhalten durch Teilen der zweiten Kraftkomponente (Fr), gemessen durch den dritten Spannungssensor 58 bei Wirken einer vorbestimmten Last in der Spannungs- bzw. Dehnrichtung des ersten Kurbelarms durch die Ausgabe des dritten Kraftsensors 58 bei Wirken einer vorbestimmten Last in der achsialen Richtung der Pedalachse durch die gemessene dritte Kraftkomponente (Fz).

**[0092]** Die gemessenen Ergebnisse werden an eine externe Vorrichtung mittels der drahtlosen Kommunikationseinheit 73 übertragen. **Fig. 12** zeigt ein Beispiel der Darstellung von verschiedenen Kraftkomponenten, Lastpositionen und der Kurbeldrehgeschwindigkeit auf der externen Vorrichtung.

**[0093]** Wenn ein Fahrrad, an welchem eine Kurbelanordnung 10, vorgesehen mit der ersten Pedalkraftmessvorrichtung 14a und der zweiten Pedalkraftmessvorrichtung 14b, montiert ist, gefahren wird, oder wenn eine Drehlastvorrichtung zum Ausüben einer Drehlast auf das Hinterrad des Fahrrades eingestellt ist und das Fahrrad getreten wird, wird eine Anzeige, zu sehen in **Fig. 12**, aufgrund der gemessenen drei Kraftkomponenten, der Lastposition, der Kurbeldrehgeschwindigkeit und Ähnlichem wie folgt dargestellt.

**[0094]** Ergebnisse 1. dreidimensionale Treteffizienz, 2. Leistung, 3. Maximalleistung, 4. Maximalgeschwindigkeit, 5. Kurbeldrehgeschwindigkeit, 6. Puls, und 7. Messdauer werden in absteigender Reihenfolge oben auf der Anzeige gezeigt. Numerische Werte für 8. Leistung und 9. dreidimensionale Treteffizienz werden darunter für den linken und den rechten Fuß gezeigt. Unterhalb werden Graphen für 10. Durchschnittliche Lastposition, 11. durchschnittliche Lastpositionsabweichung, 12. Rücktreteffizienz, 13.

Kurbelwinkel bei Maximaldrehmoment, und 14. durchschnittliches Tretmuster gezeigt. Dadurch können Benutzer optimale Tretmethoden für eine Kurbellänge oder eine optimale Kurbellänge erlernen.

**[0095]** 1. Dreidimensionale Treteffizienz D, 9. dreidimensionale Treteffizienz der linken Kurbel DL, und dreidimensionale Treteffizienz der rechten Kurbel DR werden beispielsweise gemäß der Formel, wie in **Fig. 20** gezeigt, berechnet. Auf der Anzeige werden Prozentzahlen angezeigt, welche durch Multiplikation der berechneten Werte mit Hundert erhalten werden.

**[0096]** 2. Leistung und 8. Linke Kurbelleistung und rechte Kurbelleistung werden ermittelt durch Multiplizieren des Drehmoments und der Umdrehungszahl des Kurbelarms. Das Drehmoment des Kurbelarms wird ermittelt mittels der ersten Kraftkomponente F $\theta$  und der Länge des Kurbelarms. Information bezüglich der Länge des Kurbelarms kann im Rechenprozessor gespeichert sein oder in der externen Vorrichtung eingegeben sein. Die Umdrehungszahl ist ein Wert, welcher vom Kadenzsensor 78 erhalten wird. Das Produkt aus der linken Kurbelleistung und der rechten Kurbelleistung wird als Leistung angezeigt.

**[0097]** 3. Die Maximalleistung ist der Wert der Leistung, wenn diese ihr Maximum erreicht.

**[0098]** 4. Die Maximalgeschwindigkeit ist der Wert der Geschwindigkeit, wenn diese ihr Maximum erreicht. Bezüglich der Geschwindigkeit kann Information von einem typischen Geschwindigkeitsmesser, vorgesehen am Fahrrad, erhalten werden, oder der Rechenprozessor 76 kann eine Geschwindigkeit aufgrund der Kadenz, des Gangverhältnisses und des Reifenumfangs berechnen. In diesem Fall wird Information bezüglich des Gangverhältnisses von der drahtlosen Kommunikationseinheit 73 erhalten. Information bezüglich des Reifendurchmessers wird im Voraus eingegeben.

**[0099]** 5. Kurbeldrehgeschwindigkeit wird berechnet aufgrund des Kadenzsensors 78.

**[0100]** 6. Information bezüglich des Pulses wird durch drahtlose oder andere Mittel von einem Herzschlagsensor gesendet, wenn der Radfahrer einen Herzschlagsensor trägt.

**[0101]** 7. Die Messdauer ist die Länge der Dauer, während welcher gemessen worden ist. Anweisungen zum Beginnen und Beenden der Messung werden beispielsweise durch die externe Vorrichtung vorgegeben.

**[0102]** 10. Die durchschnittliche Lastposition ist der Durchschnittswert der Lastposition L, welche in konstanten Intervallen während der Messdauer gemess-

sen wird. Die durchschnittliche Lastposition wird zusammen mit einer Graphik, welche die Pedale repräsentiert, als ein Dreieck ( $\nabla$ ) angezeigt, welches der Graphik, welche die Pedale repräsentiert, überlagert ist. Eine Punktwolke bzw. ein Scatterplot für die Lastposition wird unterhalb der Graphik, welche die durchschnittliche Lastposition zeigt, angezeigt. Ein Bewegungsbereichsbalken welcher den Bereich der Bewegung der Lastposition zeigt, ist ebenfalls oberhalb der Graphik, welche die Pedale repräsentiert, angezeigt.

**[0103]** 11. Die durchschnittliche Lastpositionsabweichung ist die durchschnittliche Lastpositionsabweichung von einer Mittelposition der Pedale. Die Mittelposition der Pedale ist in der externen Vorrichtung voreingestellt.

**[0104]** 12. Rücktreteffizienz wird angezeigt zusammen mit einer Graphik, welche den Kurbelarm repräsentiert, und zeigt die Verhältnisse der Kräfte, welche in der Vorwärtsdrehrichtung und der Rückwärtsdrehrichtung des Kurbelarms ausgeübt werden, an. In **Fig. 12** ist beispielsweise der Anteil der Kraft, welcher in der Vorwärtsrichtung des rechten Kurbelarms ausgeübt wird, 96 Prozent, und ist der Anteil der Kraft, welcher in der Rückwärtsdrehrichtung ausgeübt wird, 4 Prozent.

**[0105]** 13. Kurbelwinkel bei Maximaldrehmoment zeigt den Kurbelwinkel an, wenn das Drehmoment maximal ist. Der Kurbelwinkel, wenn das Drehmoment maximal ist, wird aufgrund von Information seitens des Kadenzsensors berechnet.

**[0106]** 14. Das durchschnittliche Tretmuster ist ein Komposit- bzw. zusammengesetzter Vektor von  $F_0$  und  $F_r$ .

#### Zweite Ausführungsform

**[0107]** In der ersten Ausführungsform ist die vorliegende Erfindung beschrieben worden anhand eines Beispiels eines Kurbelarms mit einer konstanten Kurbellänge. In einer zweiten Ausführungsform jedoch wird die vorliegende Erfindung anhand eines Beispiels eines Kurbelarms mit einer variablen Kurbellänge beschrieben.

**[0108]** Wie in **Fig. 13** gezeigt, ist eine zweite Pedalkraftmessvorrichtung 114a hin zu einer vorderen Seite der Zeichnung in der zweiten Ausführungsform vorgesehen.

**[0109]** Eine Kurbelanordnung 110, verwendet in der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ist mit einer Lagerwelle 112 vorgesehen, welche auf ähnliche Weise wie diejenige der ersten Ausführungsform ausgestaltet ist und ein erstes Ende 112a, ein zweites Ende 112b, eine erste Pedalkraft-

messvorrichtung 114a, eine zweite Pedalkraftmessvorrichtung 114b und einen Zahnkranz 115 aufweist. Auf einer Fläche eines ersten Kurbelarms 120a, an welchem der Zahnkranz 115 vorgesehen ist, ist ein Kadenzsensor 78, zugewandt einem zweiten Kurbelarm 120b, vorgesehen. Auf einer Fläche des zweiten Kurbelarms 120b ist auf ähnliche Weise ein Kadenzsensor 78, zugewandt dem ersten Kurbelarm 120a, vorgesehen. Die erste Pedalkraftmessvorrichtung 114a ist am ersten Ende 112a der Lagerwelle 112 derart gekoppelt, dass sie fähig ist, einheitlich bzw. integral mit dem Kurbelarm 112 zu drehen. Die zweite Pedalkraftmessvorrichtung 114b ist am zweiten Ende 112b der Lagerwelle 112 derart gekoppelt, dass sie fähig ist, einheitlich bzw. integral mit der Lagerwelle 112 zu drehen. Das erste Ende 112a der Lagerwelle 112 ist hier an der rechten Seite des Fahrrades bei Betrachtung von Hinten, wenn die Kurbelanordnung 110 an das Fahrrad montiert ist, angeordnet, und das zweite Ende 112b ist an der linken Seite angeordnet.

**[0110]** Die erste Pedalkraftmessvorrichtung 114a hat einen ersten Kurbelarm 120a, einen Spannverformerpart, einen Parametererfasserpart und einen Störunterdrückerpart. Die zweite Pedalkraftmessvorrichtung 114b hat einen zweiten Kurbelarm 120b, einen Spannverformerpart, einen Parametererfasserpart und einen Störunterdrückerpart. Die Ausgestaltungen des Spannverformerparts, des Parametererfasserparts und des Störunterdrückerparts sind ähnlich denjenigen der ersten Ausführungsform, und ihre Beschreibung wird daher hier weggelassen. Die folgende Beschreibung wird den zweiten Kurbelarm 120b der zweiten Pedalkraftmessvorrichtung 114b und diejenigen Parts des ersten Kurbelarms 120a, welche verschieden sind vom zweiten Kurbelarm 120b, beschreiben.

**[0111]** Der zweite Kurbelarm 120b, welcher angeordnet ist hin zur vorderen Seite der Zeichnung in **Fig. 13**, ist mit einem zweiten Pedalanbringpart 134b, einem zweiten Lagerwellenanbringpart 136b und einem zweiten Kurbellängeneinstellmechanismus 138b vorgesehen, wie in **Fig. 14** gezeigt.

**[0112]** Der zweite Pedalanbringpart 134b hat ein Pedalanbringloch 135b, in welchem ein weiblicher Schraubenpart bzw. Gewindepart zum Anbringen der zweiten Pedale ausgeformt ist. Eine Gehäuseaussparung 138b, in welcher der Spannverformerpart 122 aufgenommen werden kann, ist im Inneren des zweiten Pedalanbringparts 134b ausgeformt. Die Gehäuseaussparung 138b ist als eine rechteckige Aussparung in der Fläche 134c an dem anderen Ende des zweiten Pedalanbringparts 134b ausgeformt. Die Gehäuseaussparung 138b ist mittels eines Kappengliedes, montiert an der Fläche 134c an dem anderen Ende und nicht in der Figur gezeigt, geschlossen. Der Spannverformerpart 122 ist an der

Gehäuseaussparung 138b mittels vierer Ankerbolzen 142 verankert.

**[0113]** Ein Hüllenglied, ähnlich demjenigen aus der ersten Ausführungsform, ist am zweiten Pedalanbringpart 134b vorgesehen, und ein Rechenprozessor 76 und eine drahtlose Kommunikationseinheit sind im Inneren des Hüllengliedes enthalten. Wie in der vorherigen Ausführungsform sind der Rechenprozessor 76, der erste Kurbelarm 120a, der zweite Kurbelarm 120b und zahlreiche Spannungssensoren verbunden durch eine Leitung wie beispielsweise ein elektrisches Kabel, eine gedruckte Verdrahtung oder ähnliches. Ein Raum im zweiten Lagerwellenanbringpart 136b ist vorgesehen, um intern die Leitung anzuordnen; In der vorliegenden Ausführungsform ist der Kadenzsensor 78 ebenfalls in diesem Raum vorgesehen.

**[0114]** Ein Raum ist im zweiten Lagerwellenanbringpart 136b vorgesehen um darin die Leitung anzuordnen. Ein Raum ist ebenfalls in einem zweiten Führungsschaft 191b vorgesehen, um darin die Leitung anzuordnen. Ein Loch, welches den Hohlraum im Inneren der Lagerwelle und den Raum, vorgesehen im Inneren des zweiten Lagerwellenanbringparts 136b, verbindet, ist dort ausgeformt, wo der zweite Lagerwellenanbringpart 136b und die Lagerwelle 112 sich berühren. Ein Loch, welches den Raum, vorgesehen im Inneren des zweiten Lagerwellenanbringparts 136b, und den Raum, vorgesehen in dem einen zweiten Führungsschaft 191 b, verbindet, ist ebenfalls dort ausgebildet, wo der zweite Lagerwellenanbringpart 136b und der zweite Führungsschaft 191b sich berühren. Ein Loch, welches den Raum, ausgeformt in dem einen zweiten Führungsschaft 191b, und die Gehäuseöffnung, ausgeformt durch die Gehäuseaussparung 138, verbindet, ist weiterhin dort ausgeformt, wo der zweite Führungsschaft 191b und der zweite Pedalanbringpart 134b sich berühren.

**[0115]** Die Leitung, welche durch den hohlen Part der Lagerwelle 112 führt, ist um den zweiten Pedalanbringpart 134b durch den Raum, ausgeformt im zweiten Lagerwellenanbringpart 136b des zweiten Kurbelarms 120b, und einen der Räume, ausgeformt im Inneren des zweiten Führungsschaftes 191b, geführt. Der erste Kurbelarm 120a ist ähnlich ausgestaltet; Dessen Beschreibung wird daher hier weglassen.

**[0116]** Der zweite Lagerwellenanbringpart 136b hat ein verzahntes zweites Anbringloch 137b, in welchem ein Schlitz 137c ausgeformt ist. Ein erster Schlitz 137c erstreckt sich in radialer Richtung vom zweiten Anbringloch 137b hin zu der äußeren Fläche des zweiten Lagerwellenanbringparts 136b. Die Breite des ersten Schlitzes 137c ist/wird verringert durch einen Festziehbolzen 146b, welcher aus

einer den ersten Schlitz 137c schneidenden Richtung eingesetzt wird. Der zweite Kurbelarm 120b ist auf diese Weise am zweiten Ende 112b der Lagerwelle 112 verankert. Ein zweites Loch 137d zum Verankern eines ersten Lagerwellenanbringparts 136b in der Längsrichtung ist an beiden Enden in einer Richtung senkrecht zur Längsrichtung im zweiten Lagerwellenanbringpart 136b ausgeformt. Ein zweiter Schlitz 137e (siehe **Fig. 13**) ist an dem Part ausgeformt, welcher durch das zweite Loch 137d ausgeformt ist/wird. Ein Bolzenglied 145 zum Verankern des zweiten Lagerwellenanbringparts 136b wird in das zweite Loch 137d geschraubt.

**[0117]** Der zweite Kurbellängeneinstellmechanismus 138b ist ein Mechanismus, welcher fähig ist, die Relativpositionen des zweiten Pedalanbringparts 134b und des zweiten Lagerwellenanbringparts 136b in der Längsrichtung des zweiten Kurbelarms 120b zu verändern. Der zweite Kurbellängeneinstellmechanismus 138b hat ein Paar von zweiten Führungsschaften 191b, ein Paar von zweiten Führungslöchern 192b und einen zweiten Positionierungsmechanismus 193b.

**[0118]** Das Paar von zweiten Führungsschaften 191b ist an der Fläche an dem anderen Ende des zweiten Pedalanbringparts 134b getrennt voneinander in einer Richtung senkrecht zur Längsrichtung vorgesehen und an der Fläche an dem anderen Ende mittels beispielsweise Presspassens verankert. Das Paar von zweiten Führungslöchern 192b ist im zweiten Lagerwellenanbringpart 136b vorgesehen, wodurch der zweite Lagerwellenanbringpart 136b hin zum zweiten Führungsschaft 191b geführt wird.

**[0119]** Der zweite Positionierungsmechanismus 193b hat ein Gestell 194b, verankert an einem des Paares von Führungsschaften 191b, und ein Klauenglied 195b, welches mit dem Gestell 194b eingreift. Wie in **Fig. 15** und **Fig. 16** gezeigt, ist das Gestell 194b sich in einer Längsrichtung erstreckend angeordnet und ist an der äußeren Fläche des zweiten Führungsschafts 191b verankert. Das Eingriffsabstandsmaß des Gestelles 194b und des Klauengliedes 195b ist vorzugsweise eingestellt auf 2,5 mm. Der einstellbare Bereich für die Gesamtlänge des Kurbelarms ist beispielsweise eingestellt auf einen Bereich von 155mm bis 180mm.

**[0120]** Das Klauenglied 195b hat eine Klaue 195c zum Eingreifen mit dem Gestell 194b und einen Kompressionsbetätigungspart 195d, herausgestellt an der äußeren Fläche des Lagerwellenanbringparts 136b. Das Klauenglied 195b ist fähig, hin zu einer Eingriffsposition sich zu bewegen, wie in **Fig. 16** gezeigt, wo die Klaue 195c mit dem Gestell 194b eingreift, und hin zu einer Freigabeposition, gezeigt in **Fig. 15**, wo der Eingriff mit dem Gestell 194b durch



einen Kompressionsvorgang mittels des Kompressionsbetätigungsparts 195d gelöst wird. Das Klauenglied 195b wird hin zur Eingriffsposition und zur Freigabeposition durch ein Führungsglied 196, vorgesehen am zweiten Lagerwellenanbringpart 136b, geführt. Wie in **Fig. 15** gezeigt, ist das Klauenglied 195b vorgespannt hin zur Eingriffsposition durch ein Vorspannglied 197 in Gestalt beispielsweise einer Spiralfeder. Ein Positionierungsvorsprung 195e, welcher das Gestell 194b an der Eingriffsposition berührt, ist an der Klaue 195c vorgesehen.

**[0121]** Mittels eines derart ausgestalteten Positionierungsmechanismus 193b wird bei Lösen des Bolzengliedes 145 und Drücken des Kompressionsbetätigungsparts 195d zum Bewegen des Klauengliedes 195b hin zur Freigabeposition der Eingriff des Klauengliedes 195b mit dem Gestell 194b gelöst, und wird der zweite Lagerwellenanbringpart 136b in die Lage versetzt, bezüglich des zweiten Pedalanbringparts 134b in der Längsrichtung sich zu bewegen. Wenn der zweite Lagerwellenanbringpart 136b bewegt wird hin zu einer gewünschten Kurbellänge, wird der Kompressionsbetätigungspart 195d gelöst. Wenn der Benutzer seine Hand vom Kompressionsbetätigungspart 195d entfernt, bringt das Vorspannglied 197 das Klauenglied 195b zurück in die Eingriffsposition. Schließlich werden zwei Bolzenglieder 145 festgezogen, um den Vorgang des Einstellens des Kurbelarms zu vollenden. Auf diese Weise ist es möglich, die Länge des zweiten Kurbelarms 120b einzustellen, was dem Benutzer eine optimale Kurbellänge ermöglicht.

**[0122]** Im Falle des ersten Kurbelarms 120a ist der Lagerwellenanbringpart, nicht gezeigt in der Figur, nicht mittels eines Festziehbolzens 146b im ersten Schlitz 137c an der Lagerwelle 112 verankert; stattdessen ist das erste Ende 112a der Lagerwelle 112 mittels Presspassens oder Bondings verankert. Alle anderen Merkmale sind ähnlich denjenigen des zweiten Kurbelarms 120b, und die Länge des ersten Kurbelarms 120a kann auf eine ähnliche Weise eingestellt werden.

**[0123]** Im Falle des zweiten Kurbelarms 120b der vorliegenden Erfindung kann die Länge des zweiten Kurbelarms 120b in der Längsrichtung einfach durch Lösen des Bolzengliedes 145 und Drücken des Kompressionsbetätigungsparts 195d eingestellt werden. Der Nutzer ist daher in der Lage die Länge des Kurbelarms durch einen einfachen Vorgang einzustellen. Weil ein Gestell 194b und ein Klauenglied 195b als ein Positionierungsmechanismus verwendet werden, können feine Einstellungen bzw. Anpassungen der Länge durchgeführt werden, wie benötigt.

## Andere Ausführungsformen

**[0124]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist oben beschrieben worden, aber die vorliegende Erfindung ist nicht beschränkt auf diese Ausführungsform, und eine Vielzahl von Modifikationen kann hier gemacht werden, ohne den Umfang der Erfindung zu verlassen. Insbesondere können die zahlreichen Ausführungsformen und Modifikationen, wie in der vorliegenden Beschreibung spezifiziert, nach Belieben kombiniert werden, wie nötig.

**[0125]** (a) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, ist der Spannverformerpart getrennt vom ersten Kurbelarm vorgesehen. In einer ersten Pedalkraftmessvorrichtung 214a ist es jedoch ebenso annehmbar, dass der Spannverformerpart einstückig mit dem ersten Kurbelarm 220a, wie in **Fig. 17** gezeigt, ausgeformt ist. In **Fig. 17** sind Dehnungsmessstreifen, welche einen ersten Spannungssensor 254, einen zweiten Spannungssensor 256, einen dritten Spannungssensor 258 und einen vierten Spannungssensor 260 bilden, an der äußeren Fläche des ersten Kurbelarms 220a angebracht. Jedoch können im Falle eines hohlen Kurbelarms - beispielsweise eines zweiteiligen Kurbelarms - Dehnungsmessstreifen ebenfalls an einer inneren Fläche des Kurbelarms angebracht sein.

**[0126]** (b) Die Dehnungsmessstreifen, welche die Spannungssensoren bilden, sind nicht beschränkt auf solche eines Dünnsfilms, kapazitive oder Halbleitertyps; jeder Typ, fähig, eine Spannung bzw. Verformung im Kurbelarm oder im Spannverformerpart zu erfassen, ist annehmbar.

**[0127]** (c) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, ist der Spannverformerpartkörper gebildet als ein viereckiges Prisma, aber die vorliegende Erfindung ist darauf nicht beschränkt. Eine beliebige Gestalt ist möglich, solange er beispielsweise wenigstens zwei orthogonal zueinander ausgerichtete Flächen aufweist. Beispielsweise kann der Spannverformerpartkörper ein quadratisches Rohr oder ein achteckiges Prisma sein. Obendrein kann der Spannverformerpartkörper ebenfalls ein Glied sein, welches senkrecht zu Längsrichtung einen Querschnitt aufweist, welcher eine T-Gestalt, I-Gestalt, H-Gestalt oder U-Gestalt hat und in der Längsrichtung sich erstreckt.

**[0128]** (d) In der Ausführungsform, wie oben beschrieben, ist die vorliegenden Erfindung mittels eines Beispiels einer Pedalkraftmessvorrichtung für ein Fahrrad beschrieben worden, aber die vorliegenden Erfindung ist darauf nicht beschränkt. Beispielsweise kann die vorliegenden Erfindung ebenso auf Übungsvorrichtungen mit einem Kurbelarm, an welcher Pedale oder andere Betätigungsparts angebracht werden können zum Zwecke des Erhalts

oder der Verbesserung der Körperkraft, wie beispielsweise ein Übungsfahrrad, angewendet werden.

**[0129]** (e) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, umfasst der Störunterdrückerpart sowohl einen ersten Störunterdrückerpart zum berechnungsmäßigen Unterdrücken von Störung durch Berechnen von erfassten Werten von den Spannungssensoren und einen zweiten Störunterdrückerpart zum physikalischen Unterdrücken der Störung, jedoch ist die vorliegende Erfindung darauf nicht beschränkt. Eine Ausgestaltung, vorgesehen mit wenigstens einem aus dem ersten Störunterdrückerpart und dem zweiten Störunterdrückerpart als einer Pedalkraftmessvorrichtung, ist annehmbar.

**[0130]** (f) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, sind die Spannungssensoren durch vier Dehnungsmessstreifen pro Spannungssensor ausgebildet, um Temperaturkompensation durchzuführen, jedoch ist es ebenso annehmbar, wenn Temperaturkompensation nicht notwendig ist, Spannungssensoren mittels zweier Dehnungsmessstreifen pro Spannungssensor auszubilden. In solchen Fällen können Temperatureffekte mittels eines anderen Sensors, beispielsweise eines Temperatursensors, kompensiert werden.

**[0131]** (g) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, ist der erste Kurbelarm 20a ein konstituierendes Merkmal der ersten Pedalkraftmessvorrichtung 14a, jedoch braucht der erste Kurbelarm 20a nicht ein konstituierendes Merkmal der ersten Pedalkraftmessvorrichtung 14a zu sein.

**[0132]** (h) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, ist der Spannverformerpart 22 lösbar am Kurbelarm 20a vorgesehen, jedoch kann der Spannverformerpart 22 auch unlösbar am ersten Kurbelarm 20a mittels einem Klebstoff oder ähnlichem verankert sein.

**[0133]** (i) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, ist die erste Abdeckung 43a vorgesehen von dem einen Ende 31a1 des ersten Kurbelarms 20a in der Längsrichtung hin zu einem anderen Ende 31a, um vollständig eine Seite des ersten Armkörpers 30a zu bedecken, aber es ist ebenso annehmbar, dass die erste Abdeckung 43a nur den ersten Gehäusepart 38a bedeckt.

**[0134]** (j) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, sind Ankerlöcher 40a als Schraublöcher ausgeformt, aber Ankerlöcher 40a können ebenso Durchgangslöcher sein. In solchen Fällen brauchen die Ankerlöcher 51a der Ankerabschnitte 51 nur als Schraublöcher ausgeformt zu werden, und der erste Armkörper 30a eingefügt zu sein zwi-

schen den Köpfen der Bolzen und den Ankerabschnitten 51.

**[0135]** (k) In der ersten Ausführungsform ist eine Öffnung ausgeformt in der Richtung, welche der Richtung entgegengesetzt ist, in welcher die Lagerwelle sich erstreckt bei an einem Fahrrad befestigter Kurbelanordnung 10, ausgeformt, aber es ist ebenso annehmbar, dass der erste Gehäusepart 38a sich hin zum Fahrrad öffnet.

**[0136]** Es ist ebenso annehmbar, dass der erste Gehäusepart 38a sich oberhalb oder unterhalb in der Drehrichtung des ersten Kurbelarms 20a öffnet; d.h. in jeder der Längsrichtungen des Kurbelarms und einer Richtung senkrecht zur Pedalachse. In solchen Fällen braucht der erste Gehäusepart 38a nur am Spannverformerpart 22 mittels eines Verfahrens ähnlich wie in der zweiten Ausführungsform verankert zu sein/werden.

**[0137]** (l) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, sind Kadenzsensoren vorgesehen an jedem Kurbelarm, aber es ist ebenso annehmbar, dass ein Kadenzsensor nur an einem Kurbelarme vorgesehen ist. Es ist ebenso annehmbar, den Kurbelarm mit einem Sensor zum Erfassen der Drehposition des Kurbelarms vorzusehen anstelle eines Kadenzsensors.

**[0138]** (m) In den Ausführungsformen, wie oben beschrieben, sind ein Rechenprozessor, eine drahtlose Kommunikationseinheit und eine Stromquelle vorgesehen, aber es ist ebenso annehmbar, einen Rechenprozessor, eine drahtlose Kommunikationseinheit und eine Stromquelle an jedem Kurbelarm vorzusehen.

**[0139]** (n) In der zweiten Ausführungsform ist es vorteilhaft, ein getrenntes Federglied, einen Kugelstoßelmechanismus oder ähnliches zu verwenden, um die Klaue 195c hin zum Gestell 194b vorzuspannen, wodurch der Benutzer beim Einstellen der Länge Klicks spüren kann. In solchen Fällen ist es annehmbar, das Klauenglied 195b mit einem Kugelstoßelmechanismus, direkt eingreifend mit dem Gestell 194b, anstelle des Verwendens eines getrennten Vorspannmechanismus vorzusehen, um die Klaue 195c hin zum Gestell 194b vorzuspannen.

**[0140]** (o) In der zweiten Ausführungsform, ist das Gestell 194b ein getrenntes Glied, welches am zweiten Führungsschaft 191b verankert ist, aber die vorliegende Erfindung ist drauf nicht beschränkt. Beispielsweise ist es ebenso annehmbar, eine Vielzahl von Nuten auf der Fläche des zweiten Führungsschafts 191b direkt auszuformen, wodurch das Gestell 194b einstückig mit dem Führungsschaft 191b ausgeformt wird.

<b>[0141]</b> (p) In der zweiten Ausführungsform ist ein Bolzenglied 145 verwendet, um abschließend die Kurbelarmlänge zu verankern, aber die vorliegenden Erfindung ist hierauf nicht beschränkt. Beispielsweise kann ein Klicklösemechanismus verwendet werden zum Befestigen und Lösen vom Rahmen des Fahrrades anstelle eines Bolzengliedes.	54,254	Erster Spannungssensor
	56,256	Zweiter Spannungssensor
	58,258	Dritter Spannungssensor
	60,260	Vierter Spannungssensor
<b>[0142]</b> Während nur ausgewählte Ausführungsformen gewählt worden sind zur Darstellung der vorliegenden Erfindung, wird es den Fachleuten offenkundig sein von dieser Offenbarung, dass zahlreiche Änderungen und Modifikationen hier durchgeführt werden können, ohne den Umfang der Erfindung, wie durch die angehängten Ansprüche definiert, zu verlassen. Insbesondere können die zahlreichen Ausführungsformen und Modifikationen, wie in der vorliegenden Beschreibung beschrieben, nach Belieben verbunden werden, wie benötigt. Die vorangegangenen Beschreibungen der Ausführungsformen gemäß der vorliegenden Erfindung sind also ausschließlich zu Veranschaulichung vorgesehen und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung, wie definiert durch die angehängten Ansprüche und ihre Äquivalente.	62, 62, 64, 66, 68	Wheatstonescher Brückenschaltkreis
	62a, 64a, 66a, 68a	Erste Seite
	62b, 64b, 66b, 68b	Zweite Seite
	62c, 64c, 66c, 68c	Dritte Seite
	62d, 64d, 66d, 68d	Vierte Seite
	70	Erster Störunterdrückerpart
	72	Zweiter Störunterdrückerpart
	76	Rechenprozessor
	80	Berechner der ersten Kraftkomponente
10, 110	Kurbelanordnung	
12, 112	Lagerwelle	
12a	Erstes Ende	
12b	Zweites Ende	
14a, 114a, 214a	Erste Pedalkraftmessvorrichtung	
14b, 114b	Zweite Pedalkraftmessvorrichtung	
16a	Erste Pedale	
16b	Zweite Pedale	
17a	Pedalachse	
20a, 120a, 220a	Erster Kurbelarm	
20b, 120b	Zweiter Kurbelarm	
22, 122	Spannverformerpart	
24	Parametererfasserpart	
26	Störunterdrückerpart	
31a1	Ein Ende	
31a2	Anderes Ende	
52a	Erste Fläche	
52b	Zweite Fläche	
52c	Dritte Fläche	
52d	Vierte Fläche	
		<b>Patentansprüche</b>
		1. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) zum Messen einer Vielzahl von Parametern bezüglich einer Pedalkraft wirkend auf einen Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b), an welchem eine Pedale (16a; 16b) an einem Ende (12a; 12b; 31a1; 31a2) anbringbar ist und eine Lagerwelle am anderen Ende (12a; 12b; 31a1; 31a2) anbringbar ist, wobei die Pedalkraft durch ein Drücken der Pedale (16a; 16b) hervorgerufen wird; die Pedalkraftmess-

vorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) umfassend:  
 einen Spannverformerpart (22; 122), an welchen eine auf den Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) wirkende Spannung übertragen wird;  
 einen Parametererfasserpart (24), geeignet zum Erfassen der Vielzahl von Parametern aufgrund des Übertragens der Spannung an den Spannverformerpart (22; 122), wobei der Parametererfasserpart (24) am Spannverformerpart (22; 122) angeordnet ist; und  
 einen Störunterdrückerpart (70, 72) zum Unterdrücken von Störung in einem durch den Parametererfasserpart (24) erfassten Parameter seitens der anderen Parameter.

2. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß Anspruch 1, wobei die Vielzahl von Parametern einschließt:

eine zweite Kraftkomponente (Fr), gebildet durch eine Kraftkomponente entlang des Kurbelarms (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) vom Biegemoment der Last, welche auf den Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) wirkt; und  
 eine dritte Kraftkomponente (Fz), gebildet durch eine Kraftkomponente entlang einer Pedalachse (17a) vom Biegemoment der Last, welche auf den Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) wirkt; und  
 wobei der Parametererfasserpart (24) umfasst:  
 einen zweiten Spannungssensor (56, 256) zum Erfassen der zweiten Kraftkomponente (Fr); und  
 einen dritten Spannungssensor (58, 258) zum Erfassen der dritten Kraftkomponente (Fz).

3. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß Anspruch 2, wobei die Vielzahl von Parametern weiter einschließt:

eine erste Kraftkomponente (F $\theta$ ), gebildet durch eine Kraftkomponente entlang einer Drehrichtung vom Biegemoment der Last, welche auf den Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) wirkt; und  
 eine Lastposition (L) in axialer Richtung der Pedale (16a; 16b), welche durch einen Nutzer gedrückt wird; und

wobei der Parametererfasserpart (24) umfasst:  
 einen ersten Spannungssensor (54, 254) zum Erfassen der ersten Kraftkomponente (F $\theta$ ); und  
 einen vierten Spannungssensor (60, 260) zum Erfassen der Scherkraft einer Last, welche auf dem Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) wirkt, um die Lastposition (L) zu bestimmen.

4. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß Anspruch 3, wobei jeder des ersten bis zum vierten Spannungssensor (54, 254; 56, 256; 58, 258; 60, 260) wenigstens zwei, insbesondere vier Dehnungsmessstreifen umfasst, welche einen Wheatstoneschen Brückenschaltkreis bilden.

5. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß Anspruch 4, wobei der Spannverfor-

merpart (22; 122), optional ein viereckiges Prisma umfassend,  
 eine erste Fläche (52a), eine zweite Fläche (52b), eine dritte Fläche (52c) und  
 eine vierte Fläche (52d) umfasst, welche sich in einer Längsrichtung des Kurbelarms (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) erstrecken;  
 die erste Fläche (52a) und die vierte Fläche (52d) im Wesentlichen senkrecht zur Pedalachse (17a) sind; und  
 die zweite Fläche (52b) und die dritte Fläche (52c) im Wesentlichen parallel zur Pedalachse (17a) sind.

6. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß Anspruch 5, wobei vier Dehnungsmessstreifen, welche den dritten Spannungssensor (58, 258) bilden, an der ersten Fläche (52a) oder der vierten Fläche (52d) angeordnet sind;  
 die Dehnungsmessstreifen, welche an zwei einander gegenüberstehenden Seiten aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises des dritten Spannungssensors (58, 258) angeordnet sind, und die Dehnungsmessstreifen, welche an den anderen zwei einander gegenüberstehenden Seiten angeordnet sind, voneinander entfernt in der Längsrichtung des Kurbelarms (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) angeordnet sind; und  
 die Dehnungsmessstreifen, welche an zwei einander gegenüberstehenden Seiten angeordnet sind, symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse (CX) des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind.

7. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß Anspruch 5, wobei vier Dehnungsmessstreifen, welche den dritten Spannungssensor (58, 258) bilden, an der ersten Fläche (52a) oder der vierten Fläche (52d) angeordnet sind;  
 ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer ersten Seite von den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im dritten Spannungssensor (58, 258) angeordnet ist, und ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer der ersten Seite gegenüberstehenden zweiten Seite angeordnet ist, an einem anderen Ende des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind; Dehnungsmessstreifen, welcher an einer dritten Seite und einer vierten Seite zwischen der ersten Seite und der zweiten Seite angeordnet sind, an einem Ende des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind; und  
 die zwei Dehnungsmessstreifen, welche jeweils an dem einen Ende und dem anderen Ende des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind, symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse (CX) des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind.

8. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei vier Dehnungsmessstreifen, welche jeweils den ersten

und/oder den zweiten Spannungssensor (56, 256) bilden, am anderen Ende des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind;

ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer ersten Seite von den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im ersten Spannungssensor (54, 254) angeordnet ist, und ein Dehnungsmessstreifen, welcher an einer der ersten Seite gegenüberstehenden zweiten Seite angeordnet ist, an einer aus der zweiten Fläche (52b) und der dritten Fläche (52c) angeordnet sind; Dehnungsmessstreifen, welche an einer dritten Seite und einer vierten Seite zwischen der ersten Seite und der zweiten Seite angeordnet sind, an der anderen aus der zweiten Fläche (52b) und der dritten Fläche (52c) angeordnet sind; und

Die zwei Dehnungsmessstreifen, welche an derselben Fläche angeordnet sind, symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse (CX) des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind und/oder in der longitudinalen Richtung des Spannverformerparts (22; 122) ausgerichtet angeordnet sind.

9. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei die vier Dehnungsmessstreifen, welche den vierten Spannungssensor (60, 260) bilden, in der Mitte der longitudinalen Richtung des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind;

Dehnungsmessstreifen, welche an einer benachbarten ersten Seite und dritten Seite aus den vier Seiten des Wheatstoneschen Brückenschaltkreises im vierten Spannungssensor (60, 260) angeordnet sind, und Dehnungsmessstreifen, welche an einer zweiten Seite und einer vierten Seite, der ersten Seite und der dritten Seite gegenüberstehend, angeordnet sind, an der ersten Fläche (52a) oder der vierten Fläche (52d) angeordnet sind; und die Dehnungsmessstreifen, welche an der ersten Seite und der dritten Seite angeordnet sind, und die Dehnungsmessstreifen, welche an der zweiten Seite und der vierten Seite angeordnet sind, symmetrisch bezüglich der longitudinalen Neutralachse (CX) des Spannverformerparts (22; 122) angeordnet sind.

10. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Störunterdrückerpart (70, 72) ausgeformt ist an einem Ort, welcher versetzt ist weg von einer Mittelposition in der Längsrichtung des Kurbelarms (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) hin zu dem einen Ende des Spannverformerparts (22; 122), an welchem die Pedale (16a; 16b) montiert ist, und die Fläche eines Querschnitts senkrecht zur Längsrichtung als anderswo ist, und insbesondere der Störunterdrückerpart (70, 72) durch Ausformen eines Durchgangslochs (26; 46a; 47a; 72a) ausgebildet ist.

11. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 10, wobei der Störunterdrückerpart (70, 72) einen Berechnungsvorgang zum Unterdrücken einer Störung seitens der dritten Kraftkomponente (Fz) infolge eines Erfassens der dritten Kraftkomponente (Fz) aufgrund der Ausgabe des dritten Spannungssensors (58, 258) durchführt beim Erfassen der zweiten Kraftkomponente (Fr) aufgrund der Ausgabe des zweiten Spannungssensors (56, 256).

12. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß einem der Ansprüche 3 bis 11, wobei der Störunterdrückerpart (70, 72) den Berechnungsvorgang zum Unterdrücken von Störung seitens der dritten Kraftkomponente (Fz) aufgrund der Ausgabe des ersten, des zweiten, des dritten und des vierten Spannungssensors (60, 260) durchführt.

13. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Spannverformerpart (22; 122) getrennt vom Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) bereitgestellt ist.

14. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) die Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) umfasst und optional umfasst: einen Pedalanbringpart (134b), an welchem die Pedale (16a; 16b) angebracht werden kann; einen Lagerwellenanbringpart (36a; 136b), an welchem die Lagerwelle angebracht werden kann; und einen Kurbellängeneinstellmechanismus (138b), geeignet zum Ändern der Relativpositionen des Pedalanbringparts (134b) und des Lagerwellenanbringparts (36a; 136b) in der Längsrichtung des Kurbelarms (20a; 120a; 220a; 20b; 120b).

15. Pedalkraftmessvorrichtung (14a; 14b; 114a; 114b) gemäß Anspruch 14, wobei der Spannverformerpart (22; 122) am Pedalanbringpart (134b) bereitgestellt ist, insbesondere einstückig mit dem Kurbelarm (20a; 120a; 220a; 20b; 120b) bereitgestellt ist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

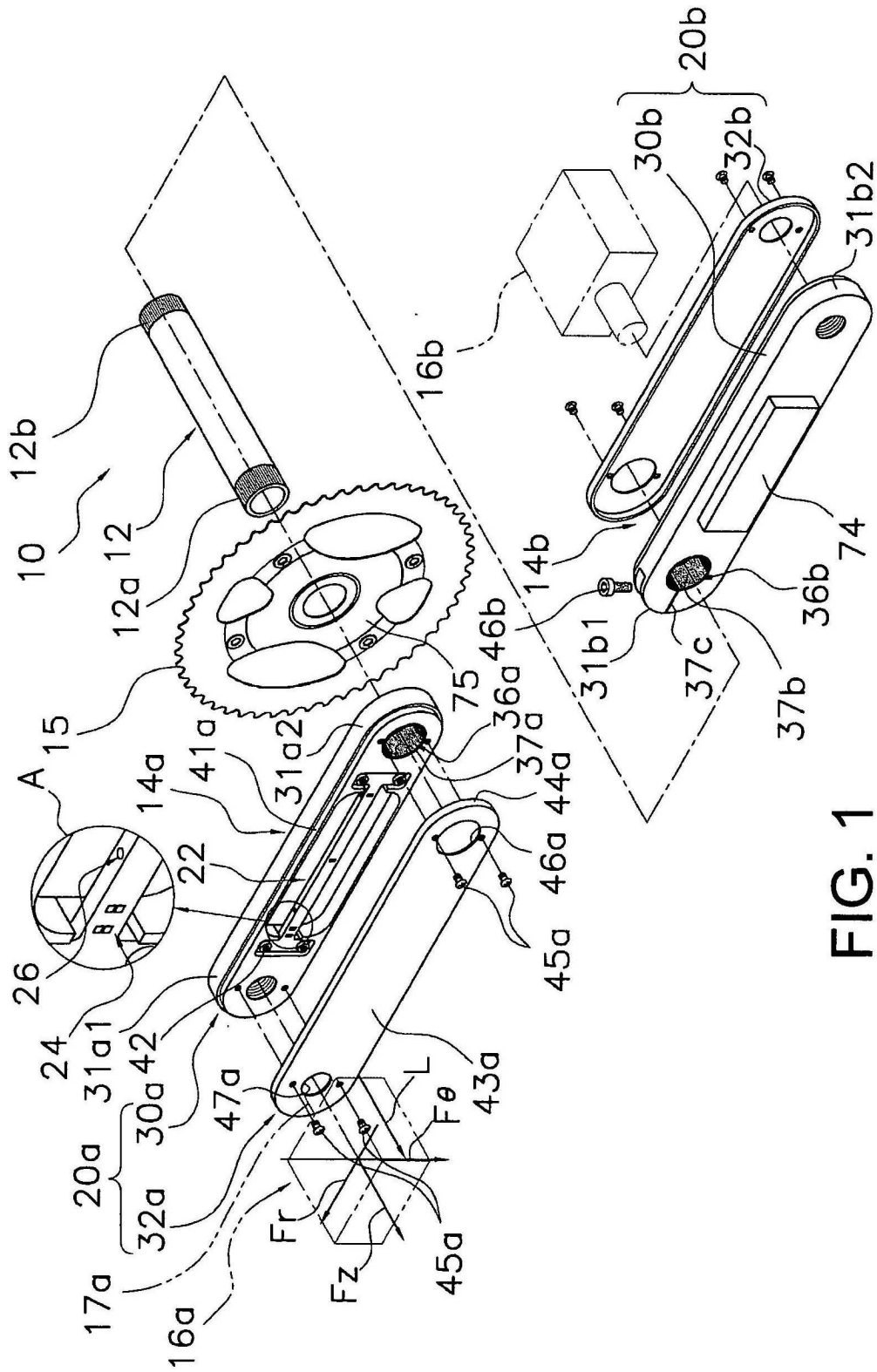


FIG. 1

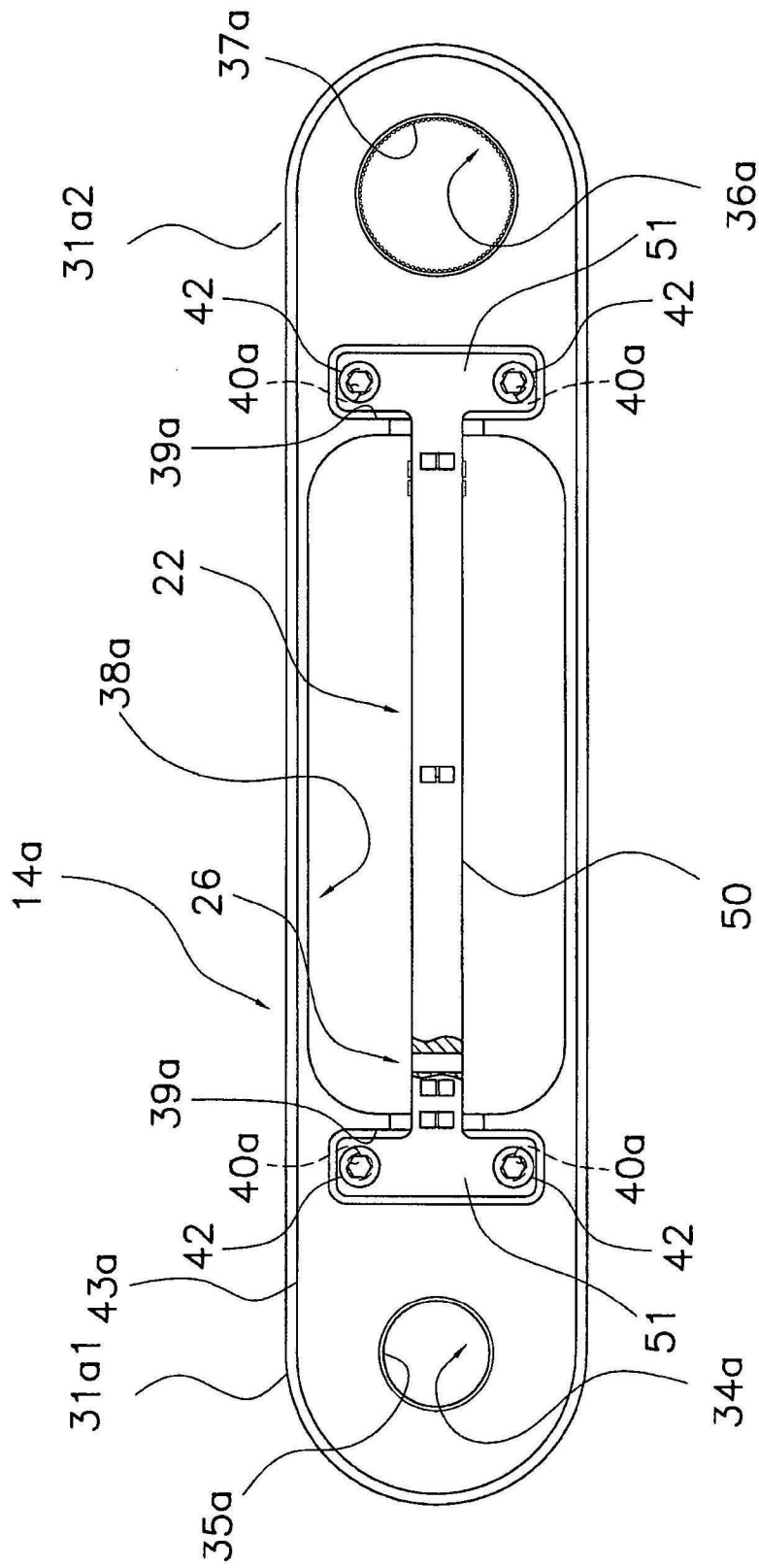


FIG. 2

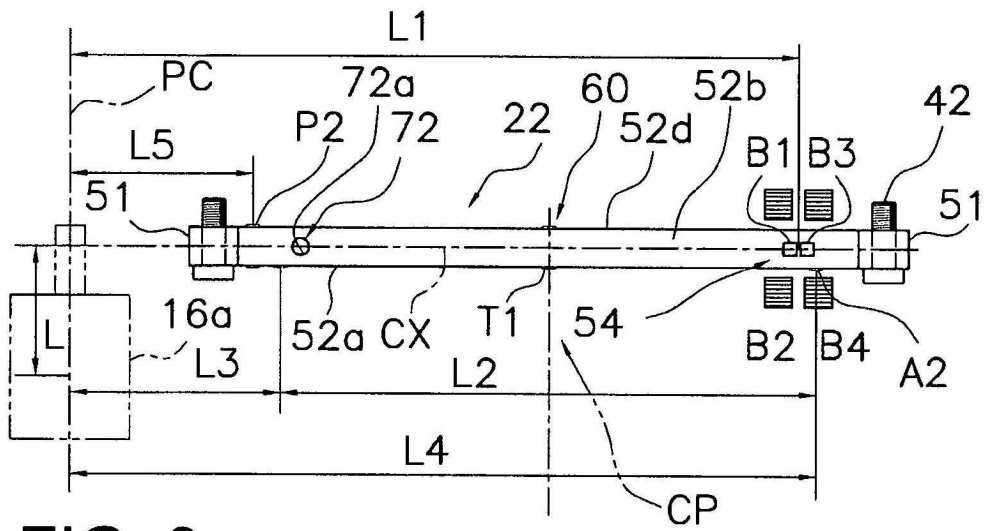


FIG. 3

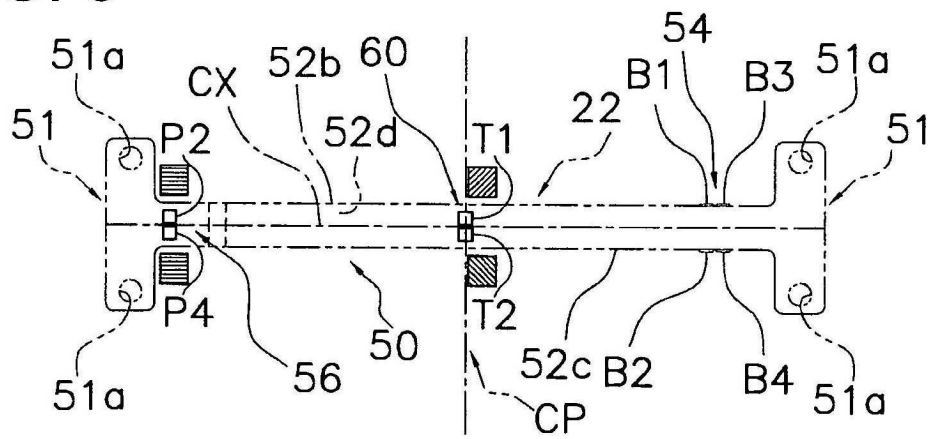


FIG. 4

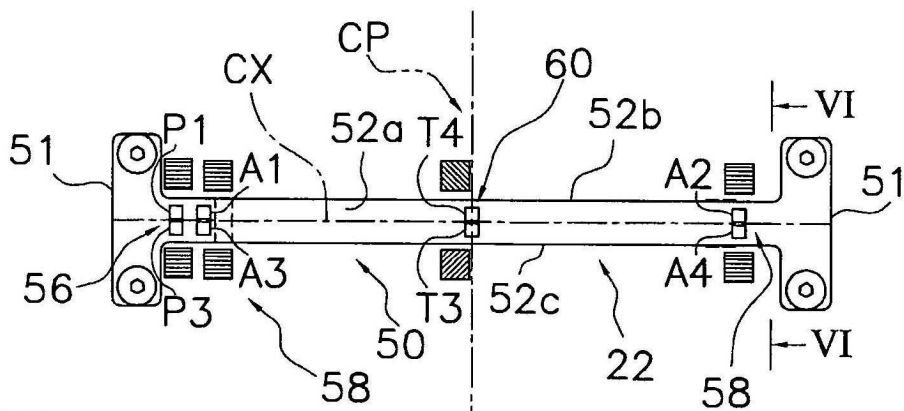


FIG. 5



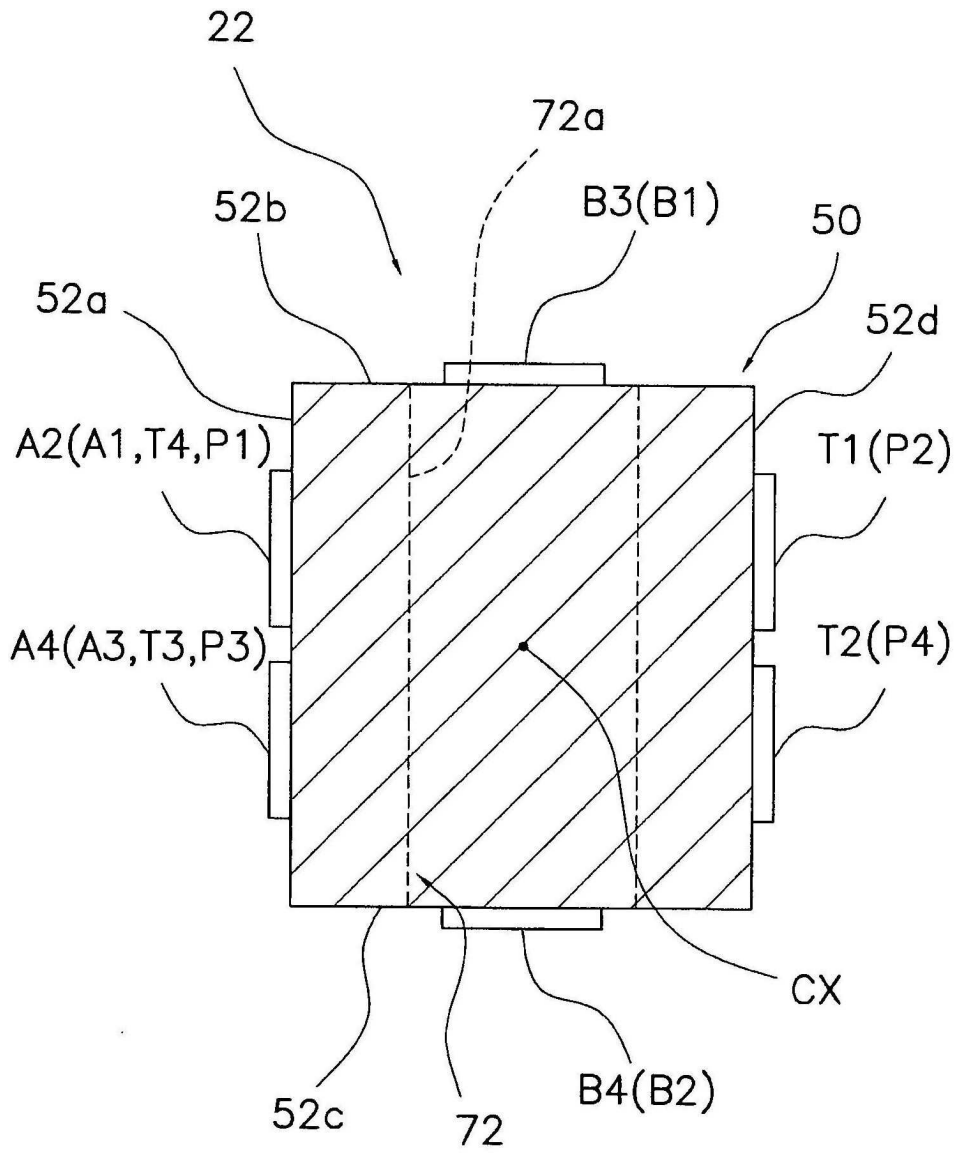


FIG. 6

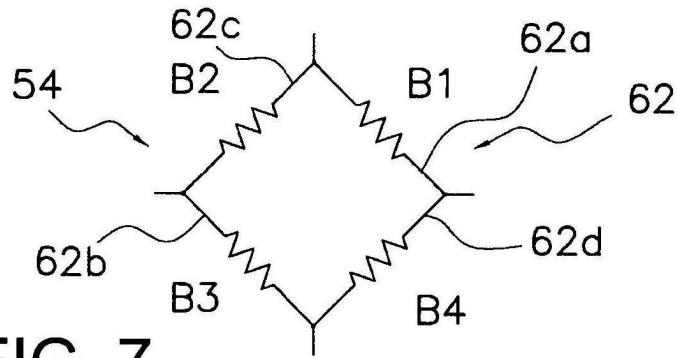


FIG. 7

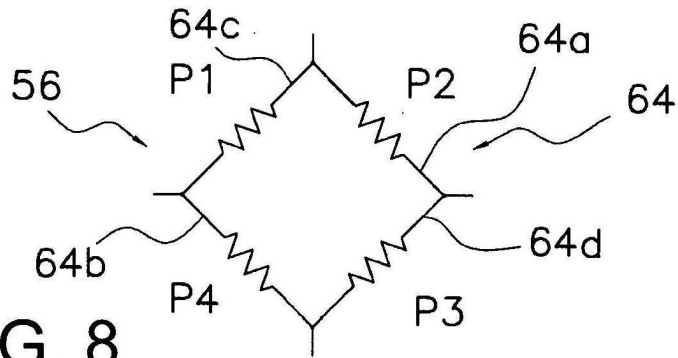


FIG. 8

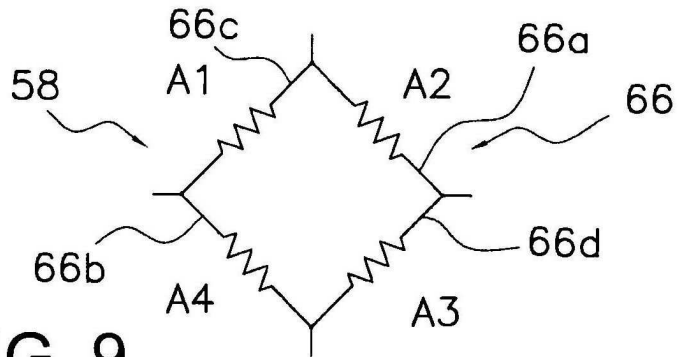


FIG. 9

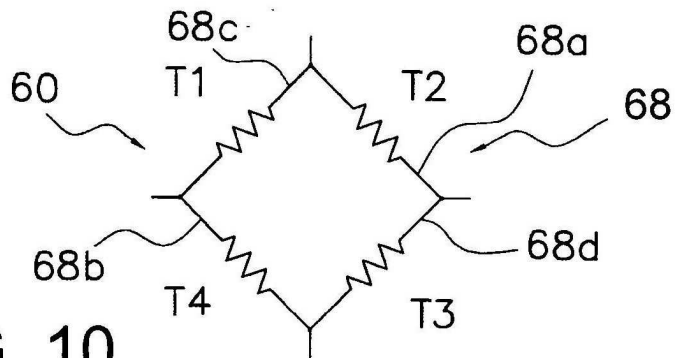


FIG. 10

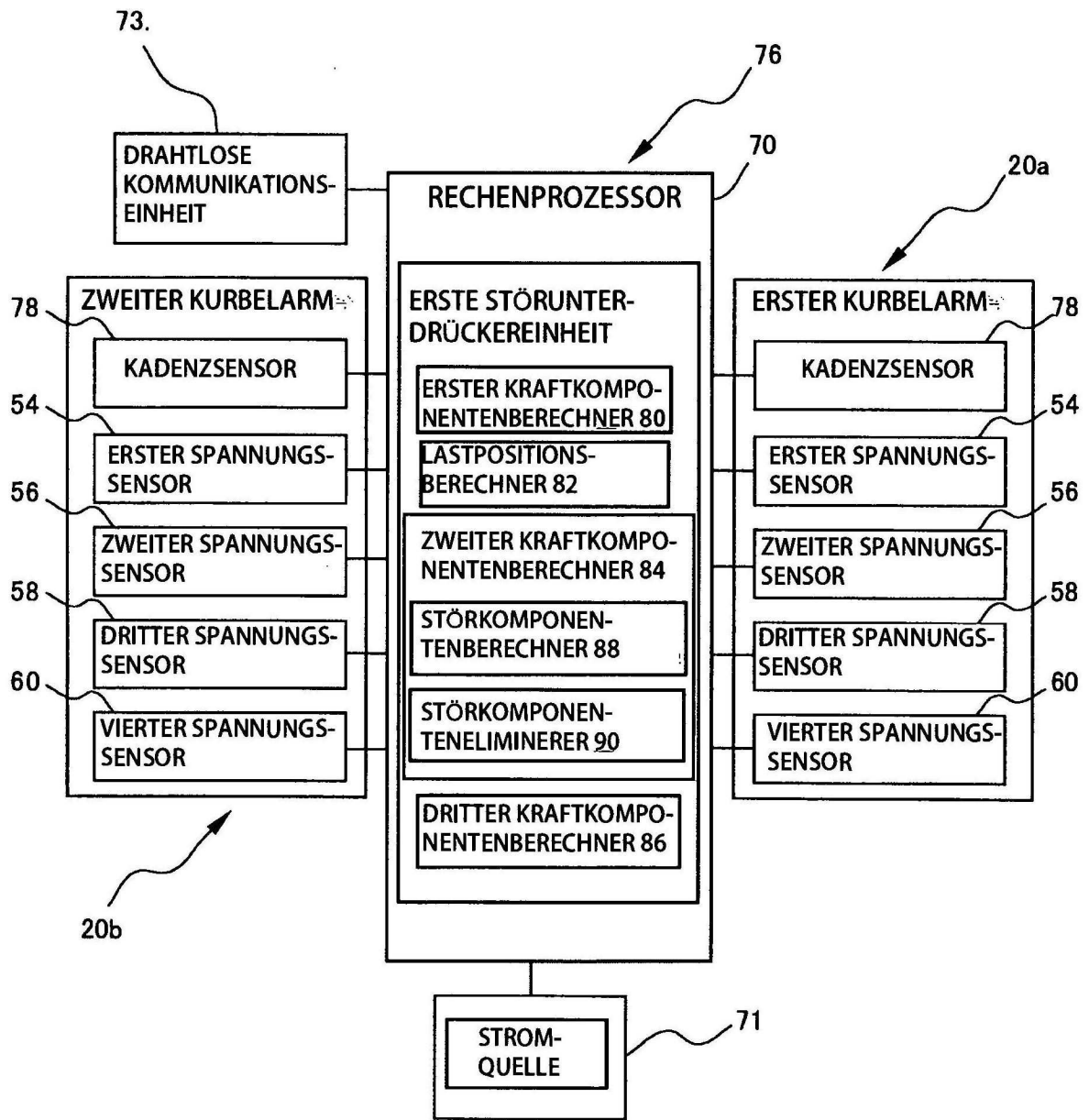
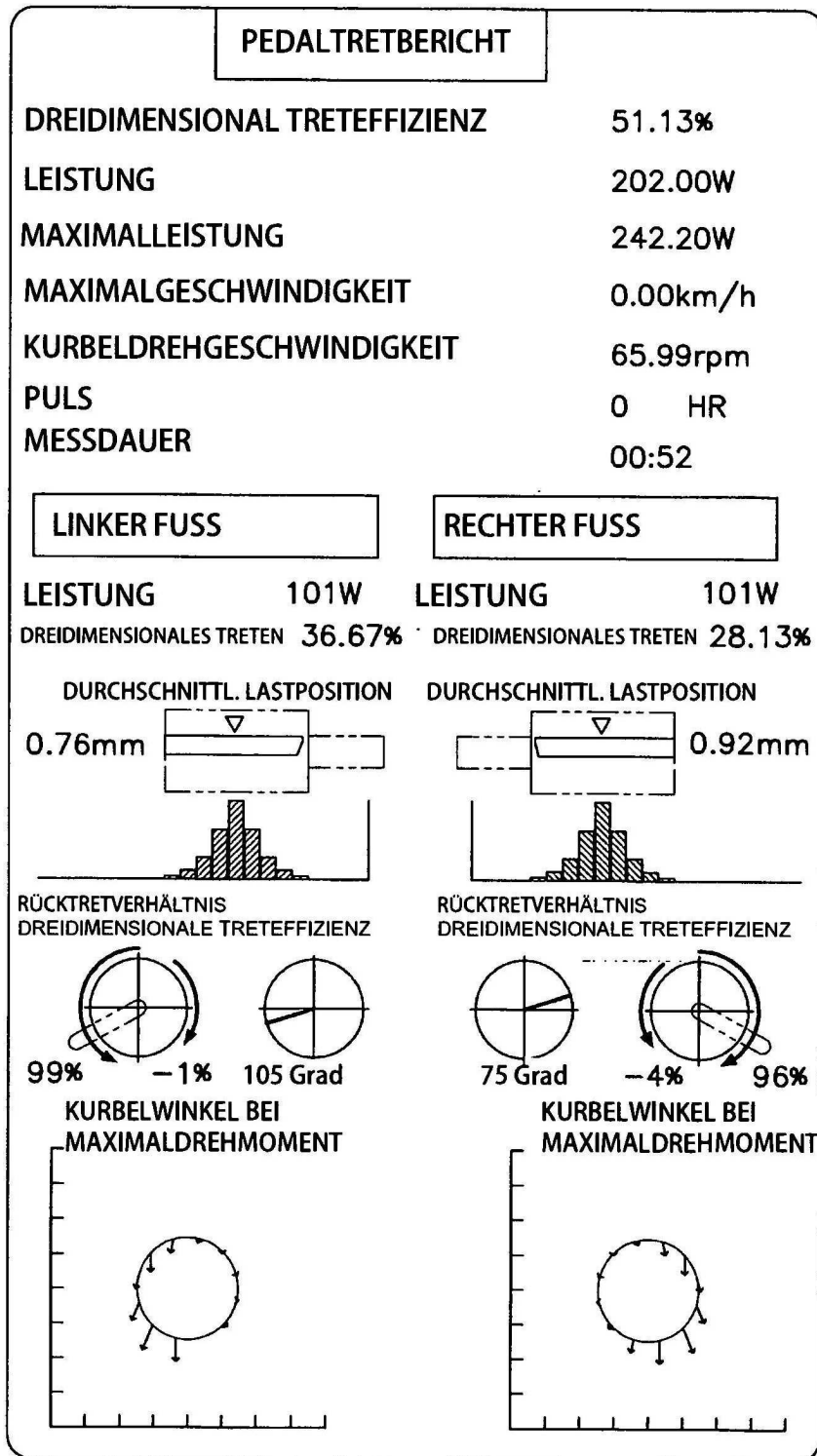


Fig. 11



**Fig. 12**



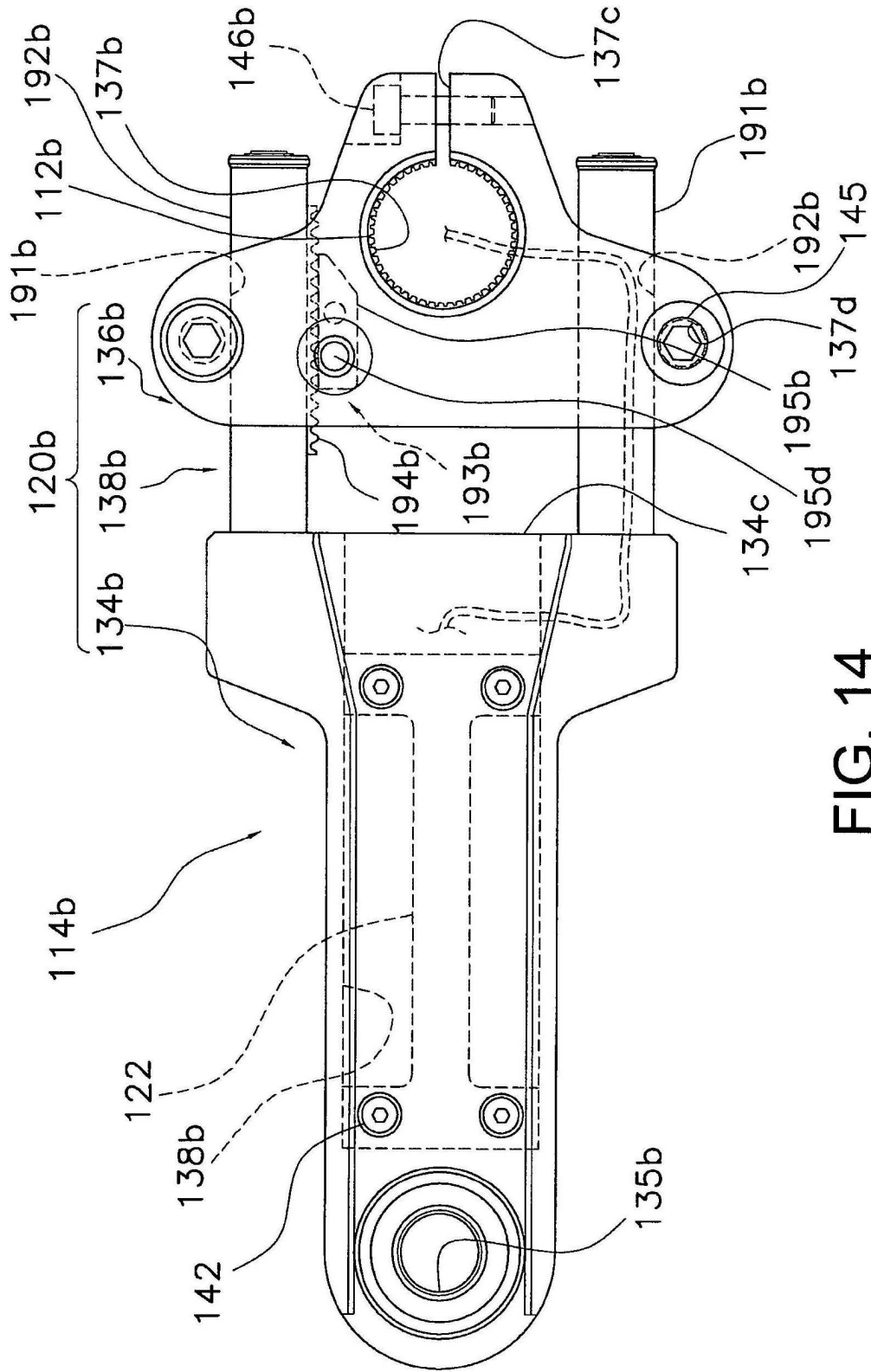


FIG. 14

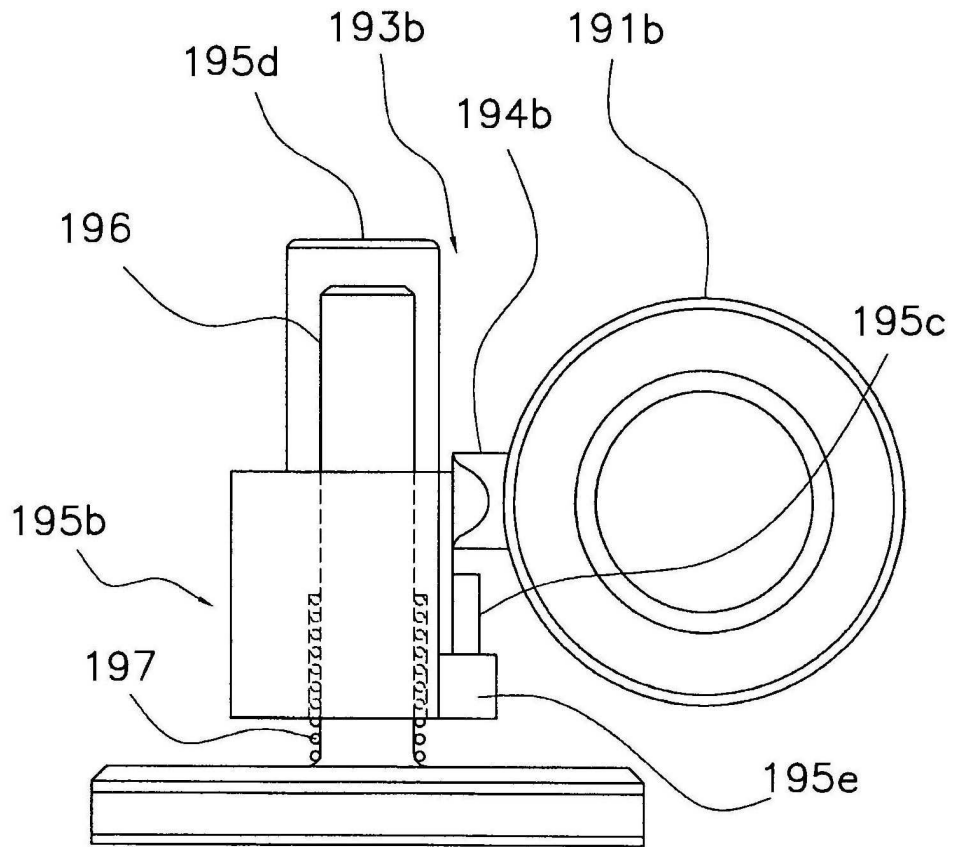


FIG. 15

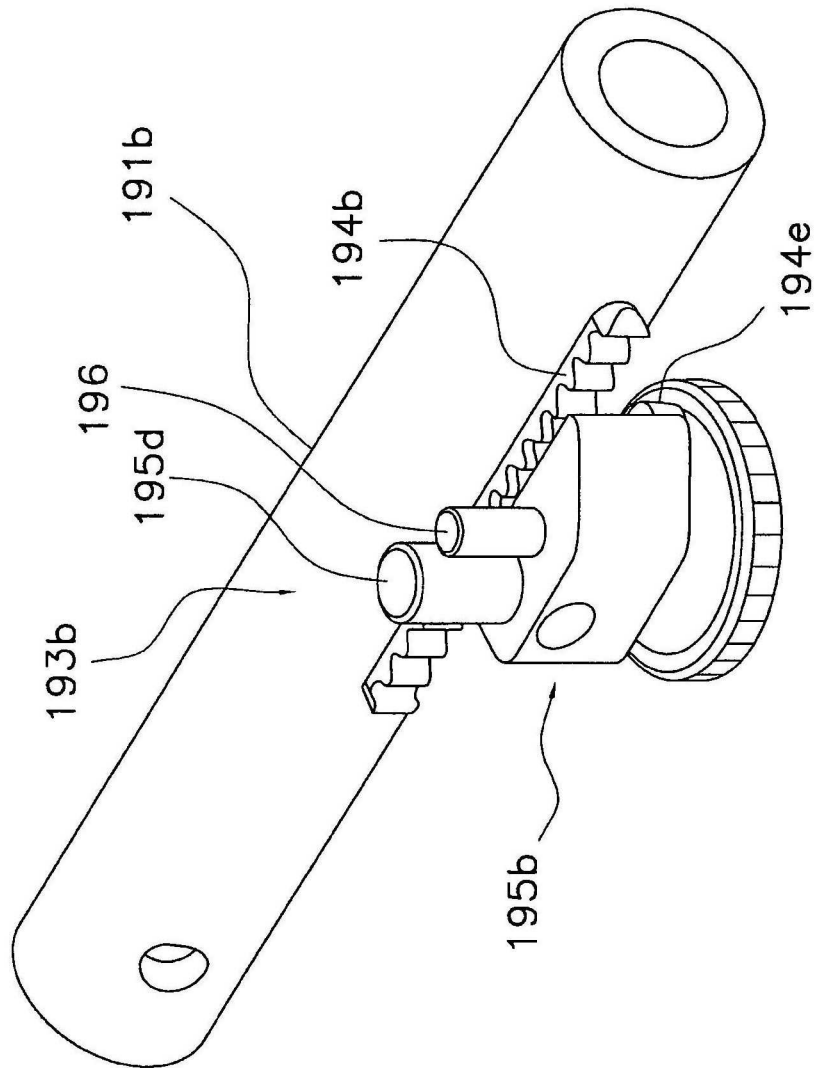


FIG. 16



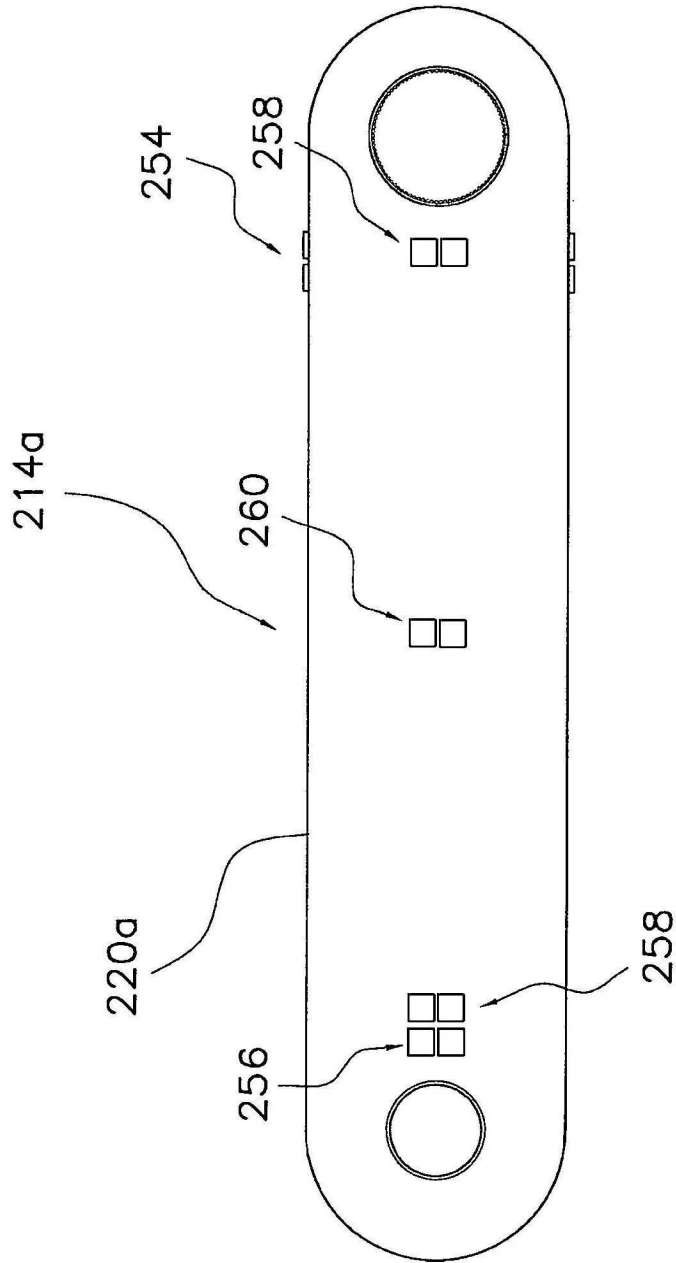


FIG. 17

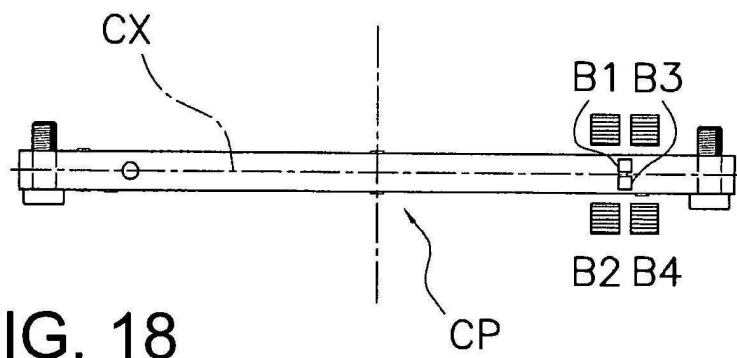


FIG. 18

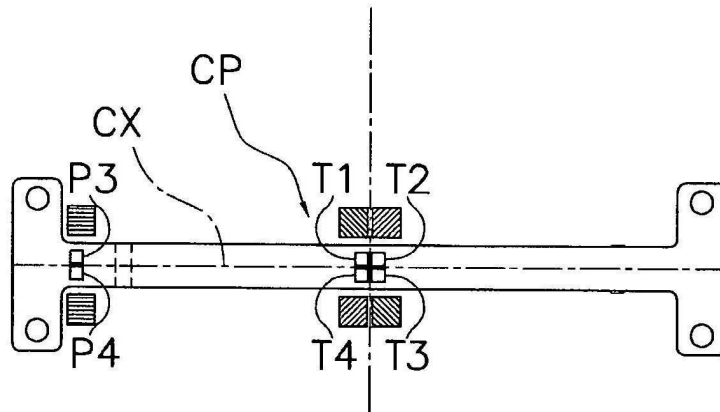


FIG. 19

$$DL = \frac{\Sigma(LI)}{\Sigma \sqrt{LF^2 + LF_z^2}} = \frac{\text{SUMME VON } LF_{\theta} \text{ WÄHREND EINER UMDREHUNG DES ZWEITEN KURBELARMS}}{\text{SUMME VON } LF \text{ WÄHREND EINER UMDREHUNG DES ZWEITEN KURBELARMS}}$$

$$DR = \frac{\Sigma(RI)}{\Sigma \sqrt{RF^2 + RF_z^2}} = \frac{\text{SUMME VON } RF_{\theta} \text{ WÄHREND EINER UMDREHUNG DES ERSTEN KURBELARMS}}{\text{SUMME VON } RF \text{ WÄHREND EINER UMDREHUNG DES ERSTEN KURBELARMS}}$$

$$D = \frac{\Sigma(LI) + \Sigma(RI)}{\Sigma \left( \sqrt{LF^2 + LF_z^2} + \sqrt{RF^2 + RF_z^2} \right)} = \frac{\text{(SUMME VON } F_{\theta} \text{ WÄHREND EINER KURBELUMDREHUNG)}}{\text{(SUMME VON } F \text{ WÄHREND EINER KURBELUMDREHUNG)}}$$

$LF_{\theta}$  :  $F_{\theta}$  DES ZWEITEN KURBELARMS       $RF_{\theta}$  :  $F_{\theta}$  DES ERSTEN KURBELARMS  
 $LF_r$  :  $F_r$  DES ZWEITEN KURBELARMS       $RF_r$  :  $F_r$  DES ERSTEN KURBELARMS  
 $LF_z$  :  $F_z$  DES ZWEITEN KURBELARMS       $RF_z$  :  $F_z$  DES ERSTEN KURBELARMS  
 $LF$  : KOMPOSITVEKTOR FÜR ZWEITEN KURBELARM       $RF$  : KOMPOSITVEKTOR FÜR ERSTEN KURBELARM  
 $F$  : SUMME VON  $LF$  UND  $RF$

Fig. 20