



(10) **DE 10 2011 077 903 A1** 2012.12.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 077 903.5**

(22) Anmeldetag: **21.06.2011**

(43) Offenlegungstag: **27.12.2012**

(51) Int Cl.: **B62M 6/55 (2011.01)**

(71) Anmelder:

**Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG, Coburg,
96450, Coburg, DE**

(74) Vertreter:

Ninnemann, Detlef, Dipl.-Ing., 10707, Berlin, DE

(72) Erfinder:

**Getta, Udo, 10409, Berlin, DE; Fleischmann, Karl-
Heinz, 16348, Marienwerder, DE; Noack, Ullrich,
10405, Berlin, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

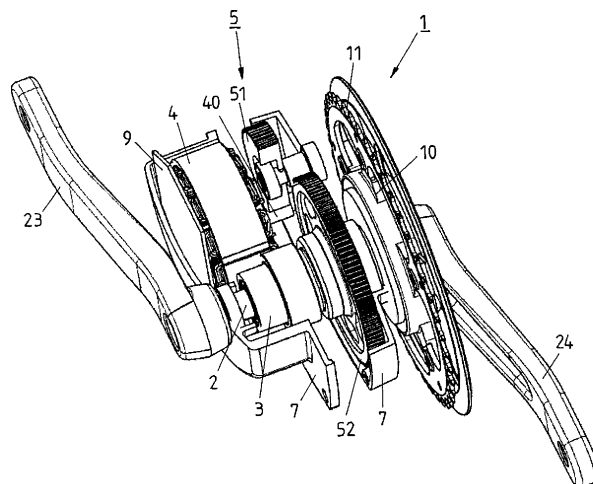
DE	43 32 303	A1
DE	29 812 461	U1
DE	697 00 289	T2
DE	19 35 063	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Antriebseinrichtung für ein Elektrorad**

(57) Zusammenfassung: Eine Antriebseinrichtung 1 für ein Elektrorad, insbesondere für ein elektromotorisch und mit Muskelkraft hybrid betriebenes Pedelec, enthält ein Antriebsgehäuse 7, in dem eine Hohlwelle 3 gelagert ist, die mit einem Kettenrad 11 eines Kettengetriebes des Elektrorades verbunden ist, eine koaxial zur Hohlwelle 3 angeordnete Tretkurbelwelle 2, die an beiden Enden mit Tretkurbeln verbunden ist, eine erste, zwischen der Hohlwelle 3 und der Tretkurbelwelle 2 angeordnete drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung und einen Elektromotor 4, dessen Abtrieb über eine zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung mit der Hohlwelle verbunden ist. Zwischen der Tretkurbelwelle 2 und der Hohlwelle 3 ist eine Einrichtung zur Betätigung einer Rücktrittbremse angeordnet, die bei einer Kopplung der Tretkurbelwelle 2 mit der Hohlwelle 3 durch die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung freiläuft und in der entgegen gesetzten Drehrichtung die Tretkurbelwelle 2 mit der Hohlwelle 3 koppelt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antriebseinrichtung für ein Elektrofahrrad, insbesondere für ein elektromotorisch und mit Muskelkraft hybrid betriebenes Pedelec, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Unter einem Elektrofahrrad versteht man entweder ein Elektrofahrrad (E-Bike oder eBike), bei dem es sich um ein Fahrrad mit zusätzlichem oder eingebautem Elektromotor handelt, dessen Versorgung mit elektrischer Energie über einen Akkumulator erfolgt, oder um ein Pedelec, bei dem ein Elektromotor ohne Treten der Pedale mit Ausnahme eines Einsatzes als Schiebe- oder Anfahrhilfe bis zu einer Geschwindigkeit von 6 km/h keine Leistung abgibt. Für das Einschalten oder die Steuerung des Elektromotors eines Pedeles kann

- die Kraft oder das Drehmoment über das Signal eines Kraftsensors an den Pedalen, der Tretkurbel, der Kette oder am Rad,
- die Tretgeschwindigkeit über das Signal eines Drehzahlsensors,
- die Geschwindigkeit des Fahrzeugs am Rad, insbesondere um den Elektromotor ab einer Geschwindigkeit von 25 km/h auszuschalten,
- die Beschleunigung

gemessen und die Messung mechanisch oder elektronisch weiterverarbeitet werden, um den Elektromotor ein- und auszuschalten oder anhand einer Steuerfunktion stufenlos zu regeln.

[0003] Die in den Elektromotor eingespeiste Leistung wird aufgrund der Sensordaten in Abhängigkeit von einem gewählten Unterstützungsgrad von der Motorsteuerung berechnet, so dass der Elektromotor automatisch einen bestimmten Prozentsatz der vom Fahrer erbrachten Leistung dazugibt. Der Unterstützungsgrad bzw. Prozentsatz der vom Elektromotor dazu zu gebenden Leistung kann in mehreren Stufen eingestellt oder vom Hersteller oder einem Monteur fest vorgegeben werden.

[0004] Aus der EP 2 216 242 A1 ist eine Antriebseinrichtung mit einem Elektroantrieb für ein mit Muskelkraft betriebenes Zweirad bekannt, die eine Einbauhülse, die in einer Büchse eines Rahmentails des Zweirades verankert ist, eine Kurbelwelle, an deren Enden mit Pedalen verbundene Kurbeln zur Muskelkraftbetätigung vorgesehen sind und eine koaxial zur Kurbelwelle gelagerten Antriebshülse, die in der Einbauhülse gelagert ist, aufweist. Die Antriebshülse enthält an einem Ende eine Adapterscheibe, die mit einem Kettenrad verbunden ist. Zwischen der Kurbelwelle und der Antriebshülse ist als drehrichtungsabhängige Kupplung ein Tretkurbelfreilauf angeordnet, während die Antriebshülse über einen Antriebsfreilauf und ein Getriebe mit dem Rotor eines Elektromotors verbunden ist. Zur Ermittlung des Drehmoments

und der Drehzahl der Kurbelwelle sind Drehmoment- und Drehzahlsensoren vorgesehen, die Signale an eine elektronische Steuerung abgeben, die die vom Fahrer aufgebrachte Leistung ermittelt und den Elektromotor zur Unterstützung des Fahrers ansteuert.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Antriebseinrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, die bei geringem Bauvolumen und optimaler Erfassung der durch Muskelkraft und elektromotorischer Kraft aufgebrachten Antriebskraft eine Vielzahl von Funktionen ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Die erfindungsgemäße Lösung stellt eine Antriebseinrichtung für ein Elektrofahrrad bereit, die bei geringem Bauvolumen, d.h. bei geringen äußeren Abmessungen und optimaler Erfassung der durch Muskelkraft und elektromotorischer Kraft aufgebrachten Antriebskraft eine Vielzahl von Funktionen ermöglicht. Die erfindungsgemäße Antriebseinrichtung ermöglicht einen Pedelec-Betrieb, das heißt eine Fahrradfunktion mit elektromotorischer Unterstützung, einen rein elektromotorischen Antrieb, beispielsweise als Schiebe- oder Anfahrhilfe, einen reinen Fahrradbetrieb, beispielsweise bei Ausfall der Stromversorgung des Elektromotors, sowie in allen Betriebsarten den Einsatz einer Freilauffunktion oder einer Rücktrittfunktion. Die kompakte Bauweise erlaubt die Verwendung gebräuchlicher Kettenradsätze am Tretlager und durch einfache Änderung der Steuerfunktion der Steuereinrichtung kann von einem Pedelec-Betrieb auf einen E-Bike-Betrieb umgeschaltet werden.

[0008] Durch die Integration drehrichtungsabhängiger Kupplungen in die Antriebseinrichtung können die verschiedenen Funktionen mit geringem Aufwand und äußerst platzsparend realisiert werden. Durch die koaxiale Anordnung der Tretkurbelwelle und der fest mit dem Kettenrad verbundenen Hohlwelle werden die vom Fahrer mit Muskelkraft erzeugte Leistung und die vom Elektromotor abgegebene Leistung für den Vortrieb des Elektrofahrrades aufsummiert, so dass durch einen auf der Hohlwelle angeordneten Drehmomentsensor in einfacher Weise die Summe des durch die Tretkurbeln erzeugten Drehmomentes bestimmt werden kann.

[0009] Durch die Koppelbarkeit der Hohlwelle mit der Tretkurbelwelle in beide Drehrichtungen der Tretkurbelwelle kann eine Einrichtung zur Betätigung einer Rücktrittbremse vorgesehen werden. Diese ist nach einem weiteren Merkmal der Erfindung zwischen der Tretkurbelwelle und der Hohlwelle angeordnet. Bei einer entgegen gesetzten Drehrichtung zur Drehrichtung für Vorwärtsfahrt der Tretkurbelwelle läuft die erste drehrichtungsabhängige Kupplung frei. Eine weitere drehrichtungsabhängige schaltende

Kupplung überträgt das Moment von der Tretkurbelwelle auf die Hohlwelle und ermöglicht so die Rücktrittfunktion.

[0010] Neben einer Freilauffunktion, bei der bei alleinigem elektromotorischen Antrieb der Hohlwelle und damit des Kettenrades und Kettengetriebes des Elektorades kein Drehmoment auf die Tretkurbelwelle und damit auf die Pedale bzw. im reinen Fahrradbetrieb kein Drehmoment von der Tretkurbelwelle zum elektromotorischen Antrieb übertragen wird, ermöglicht die erfindungsgemäße Antriebseinrichtung somit auch eine Rücktrittbremsfunktion ohne Veränderung bzw. Eingriff in die Freilauffunktion der Antriebseinrichtung. Daher kann die Antriebseinrichtung auch problemlos mit der Einrichtung zur Betätigung einer Rücktrittbremse nachgerüstet werden.

[0011] Um zu verhindern, dass der elektromotorische Antrieb bei einer Betätigung der Rücktrittbremse ein Drehmoment entgegen der Betätigungsrichtung der Rücktrittbremse erzeugt und dieses zur Tretkurbelwelle übertragen wird, wird der Elektromotor von einer Steuerelektronik angesteuert, die mit Sensoren zur Erfassung der Drehzahl, Drehrichtung und des Drehmoments der Tretkurbelwelle verbunden ist und den Elektromotor bei Betätigung der Rücktrittbremse, d.h. bei einer der Vorwärtsfahrtrichtung des Elektorades entgegen gesetzten Drehrichtung und/oder entgegen gerichteten Drehmoments der Tretkurbelwelle abschaltet.

[0012] Die Einrichtung zur Betätigung einer Rücktrittbremse besteht vorzugsweise aus einem Klemmrollenfreilauf mit einem drehfest mit der Tretkurbelwelle verbundenen ersten Freilaufstern, einem Schaltgehäuse mit in Nuten angeordneten Klemmrollen und einem mit dem Schaltgehäuse verbundenen und coaxial freibeweglich auf der Tretkurbelwelle angeordneten Schaltelement eines mit seiner Außenfläche drehfest mit dem Gehäuse verbundenen Betätigungsfreilaufs.

[0013] Der Klemmrollenfreilauf bewirkt, dass die fest mit dem Kettenrad verbundene Hohlwelle entgegen der Drehrichtung der Antriebseinrichtung für eine Vorwärtsfahrt des Elektorades gedreht werden kann, wobei die diese Drehrichtung im Freilaufbetrieb verhindernde erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung für die Zeit der Betätigung der Rücktrittbremse überbrückt werden muss, um ein Drehmoment in zur Vorwärtsfahrt entgegen gesetzter Richtung von der Tretkurbelwelle auf die Hohlwelle übertragen zu können. Bei Betätigung der Rücktrittbremse wird der elektromotorische Antrieb durch die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung derart mit der Hohlwelle verbunden, dass in dieser Drehrichtung ein Drehmoment übertragen werden kann. Gleichzeitig schaltet die Steuerelektronik bei der Richtungsumkehr zur Betätigung der Rück-

trittbremse den Elektromotor ab, so dass sichergestellt ist, dass bei Betätigung der Rücktrittbremsfunktion nicht motorisch in den Betrieb eingegriffen wird. Dies erfolgt mittels der den Elektromotor ansteuernden Steuerelektronik im Zusammenhang mit der sensorischen Erfassung der Drehzahl und Drehrichtung der Tretkurbelwelle unabhängig von der Drehzahl der mit dem Kettenrad verbundenen Hohlwelle.

[0014] Alternativ zu einer drehfesten Verbindung des coaxial und frei beweglich zur Tretkurbelwelle angeordneten Schaltgehäuses mit dem Schaltelement des Betätigungsfreilaufs kann der Freilaufstern des mit seinem Außendurchmesser fest mit dem Gehäuse verbundenen Betätigungsfreilaufs drehelastisch mit dem Schaltgehäuse verbunden werden.

[0015] Vorzugsweise besteht die drehelastische Verbindung zwischen dem Schaltgehäuse und dem Freilaufstern des Betätigungsfreilaufs aus einer zylindrischen, auf die Tretkurbelwelle aufgesteckten Dreh- oder Spiralfeder, die mit einem Ende mit dem Schaltgehäuse und mit dem anderen Ende mit dem Freilaufstern des Betätigungsfreilaufs verbunden ist.

[0016] Eine drehelastische Verbindung des Freilaufsterns des Betätigungsfreilaufs mit dem Schaltgehäuse weist den Vorteil auf, dass das vom Schaltgehäuse über die Klemmrollen erzeugte Abstützmoment progressiv drehelastisch auf den Freilaufstern des Betätigungsfreilaufs übertragen wird. Dadurch ist eine Winkelbeweglichkeit der Tretkurbelwelle in Rückwärts-Drehrichtung der Antriebseinrichtung bei gesperrtem Betätigungsfreilauf möglich und gleichzeitig kann innerhalb des möglichen Drehwinkels, der durch die Blockierung der Dreh- oder Spiralfeder gegeben ist, das mit der Hohlwelle fest verbundene Kettenrad gegen die Vorwärtsdrehrichtung der Antriebseinrichtung gedreht werden, so dass ein eventuell vorhandenes Spiel der Bauelemente der Antriebseinrichtung bis zur Betätigung der Rücktrittbremse ausgeglichen wird.

[0017] Vorzugsweise ist die Motorwelle des Elektromotors über ein Getriebe, insbesondere ein mehrstufiges Untersetzungsgetriebe, mit der Hohlwelle verbunden.

[0018] Durch die Verbindung des Elektromotors mit der mit dem Kettenrad des Kettengetriebes des Elektorades fest verbundenen Hohlwelle über ein Getriebe ist eine Anpassung des Drehzahlbereichs des elektromotorischen Antriebs an den Drehzahlbereich der mit Muskelkraft betätigten Tretkurbelwelle und der Einsatz eines mit hoher Drehzahl betreibbaren Elektromotors möglich, der bei entsprechender Leistungsabgabe eine geringe Baugröße aufweist, so dass eine Antriebseinrichtung mit minimalen äußeren

Abmessungen in den Rahmen des Elektorades integriert werden kann.

[0019] Vorzugsweise besteht das mehrstufige Untersetzungsgetriebe zwischen dem Elektromotor und der Motorwelle aus einem zweistufigen Stirnradgetriebe mit einem mit der Motorwelle verbundenen Ritzel, einem mit dem Ritzel kämmenden Stirnrad großen Durchmessers eines Doppelzahnrades und einem mit einem Stirnrad kleinen Durchmessers des Doppelzahnrades kämmenden Abtriebsstirnrad, das koaxial mit der Hohlwelle verbunden ist.

[0020] Für die unterschiedlichen Betriebsarten der Antriebseinrichtung (reiner Fahrradbetrieb mit nur durch Muskelkraft erzeugter Antriebskraft ohne elektromotorische Unterstützung, Hybridbetrieb mit elektromotorischer Unterstützung der durch Muskelkraft erzeugten Antriebskraft, rein elektromotorischer Fahrbetrieb ohne Muskelkraftbetätigung und in diesen Betriebsarten eine Freilauffunktion oder eine Betätigung einer Rücktrittbremse) ist eine den Elektromotor ansteuernde Steuerelektronik vorgesehen, die eingangsseitig mit Sensorsignalen beaufschlagt ist. Die von Sensoren abgegebenen Sensorsignale können wegen der rein mechanischen Funktion der drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplungen und des Klemmrollenfreilaufs zur Betätigung der Rücktrittbremse auf die Drehzahl und das Drehmoment der Tretkurbelwelle sowie die Bewegungsgeschwindigkeit des Elektorades beschränkt werden. Die Steuerelektronik verarbeitet dabei die eingangsseitigen Sensorsignale zur Einhaltung einer Maximalgeschwindigkeit von 6 km/h bei einem ausschließlich elektromotorischen Antrieb als Schiebe- oder Anfahrhilfe für ein Pedelec bzw. für eine Maximalgeschwindigkeit von 25 km/h für den gesetzlich erlaubten elektromotorisch unterstützten Betrieb eines Pedelecs oder E-Bikes.

[0021] Die für die Steuerung des elektromotorischen Antriebs durch die Steuerelektronik erforderliche Erfassung des durch Muskelkraft erzeugten Drehmoments der Tretkurbelwelle ist jedoch problematisch. Die Einleitung eines Drehmoments in die Tretkurbelwelle ergibt sich aus der Kraft, die auf die beiden an den Enden der Tretkurbelwelle angeordneten Tretkurbeln auf die Tretkurbelwelle ausgeübt wird. Bei einer Erfassung des Drehmoments auf der Basis der Verformung der Tretkurbelwelle ist der Verlauf des zu erfassenden Verdrehwinkels dem durch beide Tretkurbeln als Summe beider Einzelmomente erzeugten Drehmoments nicht proportional, da der Verlauf der Verformung der Tretkurbelwelle durch die Stelle bestimmt wird, an der das Drehmoment für den muskelbetätigten Antrieb von der Tretkurbelwelle an die mit dem Kettenrad und damit mit dem Kettengetriebe des Elektorades verbundene Hohlwelle weitergeleitet wird. Dabei ist die eine Tretkurbel in nur geringem Abstand zum antreibenden Kettenrad mit der Tretkur-

belwelle verbunden, während die andere Tretkurbel am gegenüberliegenden Ende mit der Tretkurbelwelle verbunden ist.

[0022] Das über die Tretkurbeln erzeugte Drehmoment steht jedoch im Gleichgewicht mit dem Drehmoment zum Antrieb am Kettenrad, das asymmetrisch zwischen den Tretkurbeln angebracht ist, so dass die jeweilige Tretkurbel nur eine Verformung der Tretkurbelwelle auf der jeweiligen Seite erzeugt, auf der es mit der Tretkurbelwelle verbunden ist. Für eine genaue Erfassung der Summe des von den Tretkurbeln eingeleiteten Drehmomentes ist daher eine separate Messung des von jeder Tretkurbel erzeugten Drehmoments mit anschließender Summenbildung beider Drehmomente erforderlich.

[0023] Anstelle einer separaten Erfassung der von den Tretkurbeln in die Tretkurbelwelle eingeleiteten Drehmomente wird der Verdrehwinkel der Hohlwelle zwischen der ersten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung und dem Kettenrad gemessen, da der Verdrehwinkel der Tretkurbelwelle zwischen der über die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung in die Hohlwelle eingeleiteten Drehmoments bis zu dem mit der Hohlwelle fest verbundenen Kettenrad proportional zu dem aus beiden Tretkurbeln erzeugten Drehmomentes ist.

[0024] Wird durch den elektromotorischen Antrieb ein weiteres Drehmoment in die Hohlwelle eingeleitet, so wird der Verdrehwinkel der Hohlwelle zwischen der ersten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung und der zweiten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung erfasst, da der Verdrehwinkel zwischen der ersten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung, über die das Drehmoment der Tretkurbelwelle eingeleitet wird, und der zweiten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung, an der das Drehmoment des elektromotorischen Antriebs in die Hohlwelle eingeleitet wird, proportional dem Drehmoment aus der Tretkurbelwelle ist und daher im Bereich zwischen der ersten und zweiten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung gemessen werden kann.

[0025] Damit ermöglicht die erfindungsgemäße Lösung eine einfache und leicht zugängliche Erfassung des durch Muskelkraft aufgebrachten Tretmoments auf der mit dem Kettengetriebe des Elektorades unmittelbar gekoppelten Hohlwelle.

[0026] Da bei einem Einsatz der erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung in einem Pedelec ein alleiniger elektromotorischer Antrieb nur bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 6 km/h und eine Maximalgeschwindigkeit mit elektromotorischer Unterstützung bis 25 km/h gesetzlich zulässig ist, können wegen der durch die mechanisch wirksamen drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplungen bewirkten

Entkopplung des elektromotorischen Antriebs von dem durch Muskelkraft betätigten Antrieb die gesetzlichen Beschränkungen ausschließlich durch die Steuerelektronik bewirkt und eingehalten werden.

[0027] Dem entsprechend kann die Steuerelektronik den Elektromotor bei Überschreitung einer vorgegebenen Geschwindigkeit des Elektrorades ohne Einleitung eines Drehmoments über die Tretkurbelwelle abschalten, so dass – infolge der Erfassung der Bewegungsgeschwindigkeit des Elektrorades und der Drehzahl bzw. des Drehmoments der Tretkurbelwelle – sowohl die für eine Anfahrhilfe zugelassene als auch die Maximalgeschwindigkeit des Elektrorades eingehalten werden.

[0028] Um eine zu hohe Belastung des Elektromotors bzw. des den Elektromotor speisenden Akkumulators zu verhindern, kann die Abschaltung des Elektromotors durch die Steuerelektronik auch bei Überschreitung einer vorgebbaren Zeitspanne der ununterbrochenen Betätigung des Elektromotors erfolgen.

[0029] Beim elektromotorisch unterstützten Betrieb wird die Drehzahl und das Drehmoment der Tretkurbelwelle erfasst und an die Steuerelektronik abgegeben, so dass durch geregeltes Einschalten des Elektromotors beispielsweise mittels Pulsweitenmodulation (PWM) oder durch eine entsprechende Spannungsregelung vom elektromotorischen Antrieb drehzahlkonform ein erforderliches zusätzliches Drehmoment über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung auf die Hohlwelle übertragen und die Vortriebsleistung des Elektrorades auf die vom Fahrer mittels Muskelkraft aufgebrachte Kraft und die elektromotorisch erzeugte Kraft aufgeteilt wird.

[0030] Wird die Drehzahl des die Hohlwelle antreibenden elektromotorischen Antriebs größer als die von der Tretkurbelwelle an die Hohlwelle abgegebene Drehzahl, so wird die Tretkurbelwelle über die zwischen der Tretkurbelwelle und der Hohlwelle angeordnete drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung getrennt, so dass kein Drehmoment auf die Tretkurbelwelle, das zum Antrieb der Pedale führen wird, übertragen wird. Dabei wird die Drehzahl des Elektromotors bis zum geforderten Drehmoment nachge-regelt.

[0031] Eine vom Elektromotor abgegebene geringere Drehzahl als die von der Tretkurbelwelle abgegebene Drehzahl erzeugt kein Drehmoment, weil über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung der elektromotorische Antrieb von der Hohlwelle getrennt wird.

[0032] Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung ist über ein Bedienteil des Elektrorades der Grad der Leistungsaufteilung zwischen dem über die Tret-

kurbelwelle eingeleiteten Drehmoment und dem vom Elektromotor abgegebenen Drehmoment einstellbar.

[0033] Diese Aufteilung der vom Fahrer mit Muskelkraft aufgebrachten und der vom Elektromotor bereitgestellten Leistung kann in Stufen oder stufenlos erfolgen, wobei die Leistungsaufteilung wegen der mechanischen Entkopplung der durch Muskelkraft betätigten Tretkurbelwelle vom elektromotorischen Antrieb unter Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben durch die für unterschiedliche gesetzliche Vorgaben vorzugsweise programmierbare Steuerelektronik bewirkt wird.

[0034] In bevorzugter Ausführung besteht die erste und zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung aus einem Klemmkörperfreilauf mit einem Innen- und Außenring und zwischen dem Innen- und Außenring angeordneten Klemmkörpern, wobei der Innen- oder Außenring in der den Innen- mit den Außenring koppelnden Drehrichtung des Innen- oder Außenringes Schrägflächen bzw. Klemmrampen aufweist.

[0035] Vorzugsweise besteht das Elektrorad aus einem E-Bike oder einem Pedelec, wobei die Steuerelektronik ohne Rückwirkung des elektromotorischen Antriebs auf die Tretkurbelwelle einstellbar ist.

[0036] Wegen des kompakten Aufbaus der erfindungsgemäßen Antriebseinrichtung und der dadurch möglichen Anordnung der Antriebseinrichtung zwischen den Tretkurbeln eines E-Bikes oder Pedelecs ist die Hohlwelle direkt mit einem Kettenblattflansch verbunden, der wahlweise mit dem Kettenblatt oder mit Mehrfach-Kettenblättern in Verbindung mit einer Kettenblattschaltung verbindbar ist.

[0037] Anhand von Ausführungsbeispielen, die unter Bezugnahme auf die in der Zeichnung dargestellten Figuren beschrieben werden, sollen die Erfindung und die sich aus der Erfindung ergebenden verschiedenen Ausführungsformen näher erläutert werden. Die Figuren der Zeichnung zeigen:

[0038] [Fig. 1](#) eine teilweise geschnittene, perspektivische Darstellung einer Antriebseinrichtung für ein Pedelec mit Freilauffunktion;

[0039] [Fig. 2](#) eine perspektivische Schnittdarstellung der Antriebseinrichtung gemäß [Fig. 1](#);

[0040] [Fig. 3](#) einen schematischen Längsschnitt durch die Antriebs- und Kupplungselemente zur Erläuterung der Freilauffunktionen;

[0041] [Fig. 4](#) einen Querschnitt durch die schematische Darstellung gemäß [Fig. 3](#) zur Erläuterung der Freilauffunktion im Pedelec-Betrieb;

[0042] **Fig. 5** einen Querschnitt durch die schematische Darstellung gemäß **Fig. 3** zur Erläuterung der Freilauffunktion im Elektromotorbetrieb;

[0043] **Fig. 6** eine Explosionsdarstellung einer Antriebseinrichtung mit einer Einrichtung zur Betätigung einer Rücktrittbremse;

[0044] **Fig. 7** eine Explosionsdarstellung der Kuppelungselemente und Freiläufe der Einrichtung zur Betätigung der Rücktrittbremse;

[0045] **Fig. 8** einen schematischen Längsschnitt durch die Antriebs- und Kuppelungselemente der Antriebseinrichtung und Einrichtung zur Betätigung der Rücktrittbremse;

[0046] **Fig. 9** eine Explosionsdarstellung der Antriebseinrichtung mit Rücktrittfunktion und drehelastischer Verbindung eines Teils der die Rücktrittfunktion ermöglichenden Bauteile und

[0047] **Fig. 10** eine teilweise geschnittene perspektivische Darstellung der Antriebseinrichtung mit Rücktrittfunktion gemäß **Fig. 9**.

[0048] **Fig. 1** zeigt in perspektivischer Darstellung eine Antriebseinrichtung **1** mit Freilauffunktion bei aufgeschnittenem Gehäuse **7**, das mit dem Rahmen eines Pedelecs oder E-Bikes verbunden bzw. in den Rahmen integriert wird. Durch den der **Fig. 1** zu entnehmenden kompakten Aufbau der Antriebseinrichtung kann die Antriebseinrichtung problemlos zwischen den Pedalen des Elektrorades angeordnet werden, so dass die Antriebskraft über ein Kettengetriebe mit einem Kettenrad **11** und eine Kette auf ein Kettenritzel zum Antrieb des Hinterrades übertragen wird.

[0049] Die Antriebseinrichtung **1** umfasst eine Tretkurbelwelle **2**, deren Enden mit Tretkurbeln **23**, **24** verbunden sind, an deren Enden wiederum nicht näher dargestellte Pedale vorgesehen sind, auf die im Betrieb eine Muskelkraft ausgeübt wird, die über den Hebelarm der Tretkurbeln **23**, **24** ein durch Muskelkraft bewirktes Drehmoment auf die Tretkurbelwelle **2** überträgt.

[0050] Die Tretkurbelwelle **2** ist über eine als Klemmkörperfreilauf ausgebildete erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung mit einer coaxial zur Tretkurbelwelle **2** angeordneten und drehbar im Gehäuse **7** gelagerten Hohlwelle **3** verbunden, an deren einem Ende ein Kettenradflansch **10** angeordnet ist, der mit einem Kettenrad **11** verbunden ist, das die Antriebskraft bzw. das Antriebs-Drehmoment über die Kette auf das mit dem Hinterrad des Elektrorades verbundene Kettenritzel überträgt.

[0051] Eine elektromotorische Kraft wird von einem Elektromotor **4** erzeugt, der mittels einer Steuerelektronik **9**, die auf einer mit dem Elektromotor **4** verbundenen Platine angeordnet ist, angesteuert und mit elektrischer Energie aus einem nicht näher dargestellten Akkumulator versorgt wird, der in den Rahmen des Elektrorades integriert wird oder beispielsweise mit dem Gepäckträger des Elektrorades verbunden wird.

[0052] Das vom Elektromotor **4** über seine Motorwelle **40** abgegebene Drehmoment wird über ein Getriebe **5** und eine als Klemmkörperfreilauf ausgebildete zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung auf die Hohlwelle **3** übertragen.

[0053] Das zwischen der Motorwelle **40** und der zweiten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung angeordnete Getriebe **5** ist als zweistufiges Stirnradgetriebe ausgebildet, das ein Doppelzahnrad **51** enthält, dessen größeres Zahnrad mit einem mit der Motorwelle **40** verbundenen Ritzel kämmt und dessen kleineres Zahnrad mit einem mit der zweiten Kupplung verbundenen Abtriebszahnrad **52** kämmt.

[0054] **Fig. 2** zeigt in geschnittener perspektivischer Darstellung die Antriebseinrichtung **1** mit den coaxial zur Tretkurbelwelle **2** angeordneten Bauteilen der Antriebseinrichtung **1**.

[0055] Die Tretkurbelwelle **2** ist auf der einen, in **Fig. 2** links dargestellten Seite über ein erstes Kugel- oder Wälzlager **81** drehbar aus dem Gehäuse **7** der Antriebseinrichtung **1** herausgeführt, so dass der aus dem Gehäuse **7** ragende Zapfen **21** der Tretkurbelwelle **2** mit der einen Tretkurbel **23** gemäß **Fig. 1** verbunden werden kann. Die coaxial zur Tretkurbelwelle **2** angeordnete Hohlwelle **3** ist über zweite und dritte Kugel- oder Wälzlager **82**, **83** drehbar gegenüber der Tretkurbelwelle **2** und über ein viertes Kugel- oder Wälzlager **84** drehbar im Gehäuse **7** der Antriebseinrichtung **1** gelagert. An ihrem dem aus dem Gehäuse **7** ragenden Zapfen **21** der Tretkurbelwelle **2** entgegen gesetzten Ende ist die Hohlwelle **3** aus dem Gehäuse **7** herausgeführt und weist außerhalb des Gehäuses **7** der Antriebseinrichtung **1** den Kettenradflansch **10** auf, an dem das Kettenrad **11** gemäß **Fig. 1** befestigt ist, das zusammen mit der auf dem Kettenrad **11** abwälzenden Kette und dem Ritzel des Hinterrades das Kettengetriebe des Elektrorades bildet.

[0056] Zwischen der Tretkurbelwelle **2** und der Hohlwelle **3** ist die als Klemmkörperfreilauf ausgebildete erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** angeordnet, die die Tretkurbelwelle **2** mit der Hohlwelle **3** durch Sperren des Klemmkörperfreilaufs koppelt, wenn die Drehrichtung der Tretkurbelwelle **2** ein Vorwärtsfahren des Elektrorades bewirkt. In der entgegengesetzten Drehrichtung der Tretkurbelwelle **2**

bewirkt die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** einen Freilauf zwischen Tretkurbelwelle **2** und Hohlwelle **3**, so dass sich die Tretkurbelwelle **2** unabhängig von der Hohlwelle **3** drehen kann.

[0057] Das auf der Hohlwelle **3** über ein fünftes Kugel- oder Wälzlager **85** drehbar gelagerte Abtriebszahnrad **52** des zweistufigen Stirnradgetriebes **5** ist über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62**, die vorzugsweise ebenfalls als Klemmkörperfreilauf ausgebildet ist, mit der Hohlwelle **3** drehbar verbunden. Da die Drehrichtung des aus dem Elektromotor **4** und dem Getriebe **5** bestehenden elektromotorischen Antriebs stets der Vorwärtsfahrtrichtung des Elektrorades entspricht, kommt es bei der Einleitung eines elektromotorisch erzeugten Drehmoments in die Hohlwelle **3** auf die Drehzahl-differenz zwischen der Drehzahl des elektromotorischen Antriebs, der Hohlwelle **3** und der Tretkurbelwelle **2** an. Ist die Drehzahl des Abtriebszahnrades **52** des elektromotorischen Antriebs größer als die Drehzahl der Hohlwelle **3**, so koppelt die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62** den elektromotorischen Antrieb fest mit der Hohlwelle **3** durch Sperren der Klemmrollen der als Klemmkörperfreilauf ausgebildeten zweiten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung **62**, so dass das fest mit der Hohlwelle **3** verbundene Kettenrad **11** das elektromotorische Drehmoment auf das Kettengetriebe überträgt.

[0058] Befindet sich die Tretkurbelwelle **2** mangels Muskelkraft betätigten Antriebs im Stillstand oder weist die Tretkurbelwelle **2** eine geringere Drehzahl auf als die Hohlwelle **3**, so entkoppelt die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** die Hohlwelle **3** von der Tretkurbelwelle **1**, so dass kein Drehmoment vom elektromotorischen Antrieb auf die Tretkurbelwelle **2** übertragen wird und damit keine Kräfte an dem mit den Tretkurbeln **23, 24** verbundenen Pedalen auftreten. Diese Freilauffunktion kann direkt zum elektromotorisch angetriebenen Fahren im E-Bike-Betrieb oder als Schiebe- bzw. Anfahrhilfe für ein Pedelec bis 6 km/h benutzt werden. Wird die erfindungsgemäße Antriebseinrichtung für ein Pedelec eingesetzt, so wird beim rein elektromotorischen Fahren mit größerer Geschwindigkeit als der zugelassenen Schiebe- oder Anfahrsgeschwindigkeit von 6 km/h oder beim Überschreiten einer vorgegebenen Zeitspanne der Elektromotor **4** über die Steuerelektronik **9** abgeschaltet.

[0059] Bei Verwendung der Antriebseinrichtung **1** für ein Pedelec ist es erforderlich, die für ein Vorwärtsfahren des Pedelecs aufgebrauchte Leistung in einen elektromotorisch erzeugten und über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62** auf die Hohlwelle **3** übertragenen Leistungsanteil und einen durch Muskelkraft erzeugten und von der Tretkurbelwelle **2** über die erste drehrichtungsabhängig ge-

schaltete Kupplung **61** auf die Hohlwelle **3** übertragenen Leistungsanteil aufzuteilen. Dabei bestimmt die Drehzahl der Tretkurbelwelle **2** die Drehzahl der Hohlwelle **3** und damit des Kettenrades **11** für den Kettenantrieb am Hinterrad und wird durch die Muskelkraft des Fahrers vorgegeben.

[0060] Das von der Tretkurbelwelle **2** abgegebene Drehmoment resultiert aus der Summe der beiden über die Tretkurbeln **23, 24** erzeugten Teildrehmomente und wird auf die Hohlwelle **3** in dem Bereich zwischen der ersten und zweiten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung **61, 62** auf die Hohlwelle **3** übertragen. Daher kann – wie nachstehend näher erläutert wird – durch die Anordnung eines Drehmomentsensors zwischen den beiden drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplungen **61, 62** am äußeren Umfang der Hohlwelle **3** das von der Tretkurbelwelle **2** abgegebene Drehmoment sowie der Tretkurbelwelle **2** ermittelt werden. Zur Erfassung der Drehzahl und Drehrichtung der Tretkurbelwelle **2** ist ein weiterer Sensor vorgesehen.

[0061] Aus den sensorisch erfassten Drehmoment- und Drehzahlwerten wird über die Steuerelektronik **9** die durch den Fahrer durch Muskelkraft aufgebrauchte Leistung ermittelt und über die Steuerelektronik **9** die vom Elektromotor **4** abzugebende elektromotorische Leistung zur Unterstützung des Fahrers gesteuert. Über ein Bedienteil kann der Grad der Leistungsaufteilung zwischen der vom Fahrer durch Muskelkraft erzeugten Leistung und der Leistung des elektromotorischen Antriebs, das heißt der Unterstützungsgrad bzw. Prozentsatz der vom Elektromotor **4** hinzu zu gebenden Leistung eingestellt und gesteuert werden.

[0062] In den [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) sind die verschiedenen Betriebsarten der Antriebseinrichtung mit Freilauffunktion schematisch dargestellt.

[0063] [Fig. 3](#) zeigt schematisch den Kraftfluss von der Tretkurbelwelle **2** über die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** zur Hohlwelle **3** sowie vom Abtriebszahnrad **52** des elektromotorischen Antriebs über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62** zur Hohlwelle **3** und damit zu dem fest mit der Hohlwelle **3** verbundenen Kettenrad **11** des Kettengetriebes des Elektrorades.

[0064] Bei einem schematisch in [Fig. 4](#) dargestellten reinen Fahrradbetrieb wird über die Tretkurbeln **23, 24** ein Drehmoment in der Tretkurbelwelle **2** erzeugt. Die Tretkurbelwelle **2** wird aufgrund der in Vorwärts-Fahrtrichtung gerichteten Drehbewegung über die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** drehfest mit der Hohlwelle **3** verbunden, so dass das von der Tretkurbelwelle **2** abgegebene Drehmoment auf das Kettenrad **11** und damit auf das Kettengetriebe des Elektrorades übertragen wird.

[0065] Wird vom Fahrer keine Kraft auf die Pedale ausgeübt, und dadurch über die Tretkurbeln **23**, **24** kein Drehmoment in der Tretkurbelwelle **2** erzeugt, so wird der üblicherweise mit dem Kettenritzel des Hinterrades verbundene Freilauf wirksam, so dass keine Drehbewegung über das Kettengetriebe auf das Kettenrad **11** übertragen wird.

[0066] Beim Fahren mit elektromotorischer Unterstützung wird zusätzlich zu dem von der Tretkurbelwelle **2** über die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** abgegebenen Drehmoment ein vom elektromotorischen Antrieb erzeugtes Drehmoment über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62** auf die Hohlwelle **3** übertragen, so dass an dem mit der Hohlwelle **3** fest verbundenen Kettenrad **11** die Summe beider Drehmomente für die Vorwärtsfahrt des Elektorades zur Verfügung steht.

[0067] [Fig. 5](#) zeigt die Freilauffunktion der Antriebseinrichtung bei einem reinen elektromotorischen Antrieb, bei dem ein Drehmoment vom Abtriebszahnrad **52** über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62** auf die Hohlwelle **3** und damit auf das mit der Hohlwelle **3** verbundene Kettenblatt **11** übertragen wird. Dabei kann sich die Tretkurbelwelle **2** im Stillstand befinden, so dass die Wirkrichtung des Freilaufes entgegengesetzt zu dem vorstehend für den Fahrradbetrieb beschriebenen Freilauf verläuft.

[0068] Für die Erfassung der zulässigen Maximalgeschwindigkeit von 6 km/h für den ausschließlich elektromotorischen Betrieb eines Pedelecs als Schiebeder Anfahrhilfe bzw. der maximalen Geschwindigkeit von 25 km/h für den gesetzlich zulässigen elektromotorisch unterstützten Hybridbetrieb eines Pedelecs sind Sensoren erforderlich, die Sensorsignale an die verarbeitende Steuerelektronik **9** abgeben. Zu diesem Zweck wird neben der vorstehend beschriebenen sensorischen Erfassung der Drehzahl und des Drehmoments der Tretkurbelwelle **2** die Bewegungsgeschwindigkeit des Pedelecs erfasst und für den Pedelec-Betrieb verarbeitet.

[0069] Für die Aufteilung der Antriebsleistung an dem mit der Hohlwelle verbundenen Kettenrad **11** auf den vom Fahrer durch Muskelkraft erzeugten Leistungsanteil und den elektromotorischen erzeugten Leistungsanteil ist es erforderlich, das Drehmoment der Tretkurbelwelle **2** zu erfassen. Bei der Erfassung des Drehmoments der Tretkurbelwelle **2**, die auf einer Messung der Verformung der Tretkurbelwelle **2** aufgrund der über die Tretkurbeln übertragenen Pedalkräfte kommt es jedoch zu Fehlern bzw. zu nicht immer eindeutigen Messergebnissen. Das Drehmoment der Tretkurbelwelle **2** ergibt sich aus der Kraft, die vom Fahrer auf die an den Wellenenden der Tretkurbelwelle **2** angeordneten Tretkurbeln **23**, **24** erzeugt wird. Dabei ist der Verlauf des für die Erfassung

des Drehmoments der Tretkurbelwelle **2** zu erfassenden Verdrehwinkels dem durch die beiden Tretkurbeln **23**, **24** als Summe beider Einzelmomente erzeugten Drehmoment nicht proportional, da der Verlauf der Verformung durch die jeweilige Stelle der Tretkurbelwelle **2** bestimmt wird, an der das Drehmoment für den Antrieb weitergeleitet wird. Dabei ist die eine Tretkurbel **24** in einem geringen Abstand vom antreibenden Kettenrad **11** mit der Tretkurbelwelle **2** verbunden, während die andere Tretkurbel **23** am gegenüberliegenden Ende der Tretkurbelwelle **2** angeordnet ist.

[0070] Das über die Tretkurbeln **23**, **24** erzeugte Drehmoment steht aber im Gleichgewicht mit dem Drehmoment zum Antrieb am Kettenrad **11**, wobei das Kettenrad **11** asymmetrisch zwischen den Tretkurbeln **23**, **24** angebracht ist und die jeweilige Tretkurbel **23**, **24** nur eine Verformung der Tretkurbelwelle **2** auf der jeweiligen Seite erzeugt. Für eine genaue Erfassung der Summe des von beiden Tretkurbeln **23**, **24** eingeleiteten Drehmomentes ist demzufolge das separate Messen für das durch die einzelnen Tretkurbeln **23**, **24** erzeugte Drehmoment mit anschließender Summenbildung erforderlich.

[0071] Da bei der vorstehend anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) beschriebenen Antriebseinrichtung **1** das von den Tretkurbeln **23**, **24** erzeugte Drehmoment an die mit dem Kettenrad **11** verbundene Hohlwelle **3** über die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** weitergeleitet wird, ist der Verdrehwinkel zwischen der Stelle, an der das Drehmoment von der Tretkurbelwelle **2** in die Hohlwelle **3** eingeleitet wird, bis zur Verbindung der Hohlwelle **3** mit dem Freilauf **62** proportional zur Summe des aus beiden Tretkurbeln **23**, **24** erzeugten Drehmomentes. Wird durch den elektromotorischen Antrieb ein weiteres Drehmoment über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62** in die Hohlwelle **3** eingeleitet, so ist der Verdrehwinkel zwischen der Stelle der Drehmomenteinleitung durch die Tretkurbelwelle **2** und die Stelle der elektromotorisch bedingten Drehmomenteinleitung proportional dem Drehmoment aus der Tretkurbelwelle **2** und kann dementsprechend zwischen den beiden drehrichtungsabhängigen Kupplungen **61**, **62** gemessen werden.

[0072] Beim Betrieb der Antriebseinrichtung **1** als Anfahrhilfe für ein Pedelec mit einem rein elektromotorischen Antrieb bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 6 km/h wird das vom Elektromotor **4** abgegebene Motordrehmoment über die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62** auf die mit dem antriebsseitigen Kettenrad **11** verbundene Hohlwelle **3** übertragen. Da die Tretkurbelwelle **2** über die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** zwischen der Tretkurbelwelle **2** und der Hohlwelle **3** von der Hohlwelle **3** entkoppelt ist, wird kein Drehmoment von der Hohlwelle **3** zur Tretkurbelwelle **2** übertragen,

so dass es zu keiner Bewegung der über die Tretkurbeln **23**, **24** mit der Tretkurbelwelle **2** verbundenen Pedale kommen kann.

[0073] Ist die vom elektromotorischen Antrieb abgegebene Drehzahl kleiner als die Drehzahl der Tretkurbelwelle **2** und damit kleiner als die Drehzahl der Hohlwelle **3**, so wird kein Drehmoment an den elektromotorischen Antrieb in Gegenrichtung abgegeben, weil über die zwischen dem elektromotorischen Antrieb und der Hohlwelle **3** angeordnete zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **62** den elektromotorischen Antrieb von der Hohlwelle **3** trennt.

[0074] Beim Fahren mit größerer Geschwindigkeit als der zugelassenen Anfahrsgeschwindigkeit von maximal 6 km/h oder bei einer Zeitüberschreitung wird der Elektromotor **4** über die Steuerelektronik **9** abgeschaltet. Ohne die Beschränkung durch die Steuerelektronik **9** wäre somit durch die erfindungsgemäße Antriebseinrichtung auch ein rein elektrischer Fahrbetrieb des Elektrorades oder eBike-Betrieb realisierbar.

[0075] Die vorstehend anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) beschriebene Antriebseinrichtung für ein Pedelec mit Freilaufbetrieb kann zusätzlich bzw. alternativ mit einer Einrichtung zur Betätigung einer Rücktrittbremse ausgerüstet werden. Dabei wirken die Bauelemente zur Betätigung der Rücktrittbremse so, dass die fest mit dem Kettenrad **11** verbundene Hohlwelle **3** entgegen der Drehrichtung für einen Vorwärtsfahrbetrieb des Elektrorades gedreht werden kann.

[0076] Zu diesem Zweck muss die diese Drehrichtung der Hohlwelle **3** verhindernde erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** für die Zeit der Betätigung der Rücktrittbremse überbrückt werden, damit ein Drehmoment von der Tretkurbelwelle **2**, die über die Tretkurbeln **23**, **24** mit den durch Muskelkraft betätigten Pedalen des Pedelecs verbunden ist, in entgegen gesetzter Richtung zur Hohlwelle **3** übertragen werden kann. Während der Betätigung der Rücktrittbremse ist der elektromotorische Antrieb durch die zweite drehrichtungsabhängige Kupplung **62** für diese Drehrichtung so mit der Hohlwelle **3** verbunden, dass ein Drehmoment von der Hohlwelle **3** zum elektromotorischen Antrieb übertragen wird. Gleichzeitig wird bei einer Betätigung der Rücktrittbremse der Elektromotor **4** abgeschaltet, da er ansonsten gegen die Betätigungsrichtung der Rücktrittbremse ein Drehmoment erzeugen würde.

[0077] Die Abschaltung des Motorbetriebs erfolgt durch die den Elektromotor **4** ansteuernde Steuerelektronik **9** im Zusammenhang mit der sensorischen Erfassung der Drehzahl und Drehrichtung der mit den Tretkurbeln **23**, **24** verbundenen Tretkurbelwelle **2**, unabhängig von der Drehzahl der mit dem Kettenrad

11 fest verbundenen Hohlwelle **3**, indem die Steuerelektronik **9** bei Richtungsumkehr des für den Vorwärtsfahrbetrieb des Pedelecs sensorisch erfassten Drehmomentes auf der Hohlwelle **3** den Elektromotor **4** abschaltet und damit sicherstellt, dass bei Betätigung der Rücktrittbremse kein elektromotorischer Eingriff in den Betrieb erfolgt.

[0078] Zur Realisierung einer Rücktrittbremse weist die Antriebseinrichtung **1** gemäß den [Fig. 6](#) bis [Fig. 10](#) einen Klemmrollenfreilauf auf, der gemäß den [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#)

- einen Betätigungsfreilauf **63**, dessen zylindrische Außenfläche drehfest mit dem Gehäuse **7** und einem koaxial frei beweglich zur Tretkurbelwelle **2** angeordneten Schaltelement **66** verbunden ist,
- einen drehfest mit der Tretkurbelwelle **2** verbundenen Freilaufkäfig **65** mit einem topfförmigen Gehäuse **650** mit an der zylindrischen Innenfläche angeordneten Schrägfläche **651** und in einem kreisringförmigen Boden angeordneten Langlöchern **652**,
- ein in den Freilaufkäfig **65** eingesetztes Schaltgehäuse **64** mit einem topfförmigen Gehäuse **640** mit in den Nuten seiner zylindrischen Außenfläche angeordneten Klemmrollen **641** und in seinem kreisringförmigen Boden **642** angeordneten Bohrungen oder Stiften **643**,
- ein Schaltelement **66** mit einem zylinderförmigen Körper **660** und einem Ringflansch **661** mit Bohrungen **662** zur Aufnahme der am kreisringförmigen Boden **642** des Schaltgehäuses **64** angeordneten, durch die Langlöcher **652** des Freilaufkäfigs **65** geführten Stiften **643** oder Befestigungsmitteln, die durch die Bohrung im kreisringförmigen Boden **642** des Schaltgehäuses **64**, die Langlöcher **652** des Freilaufkäfigs **65** und Bohrungen **662** des Schaltelements **660** gesteckt sind und das Schaltelement **66** mit dem Schaltgehäuse **64** verbinden,

aufweist.

[0079] Die Betätigung der Rücktrittbremse erfolgt, indem die mit dem Kettenrad **11** fest verbundene Hohlwelle **3** über den Klemmrollenfreilauf entgegen ihrer Drehrichtung bei Vorwärtsfahrt gedreht wird, wobei der Freilaufkäfig **65** fest mit der Tretkurbelwelle **2** in Verbindung steht und somit das durch die Tretkurbeln **23**, **24** entgegen der Drehrichtung ihrer Betätigung in Vorwärtsfahrtrichtung auf die Tretkurbelwelle **2** aufgebrachte Drehmoment auf das Kettenrad **11** übertragen wird. Für die Aufnahme und Abstützung der Klemmrollen **641** im Schaltgehäuse **64** weist die Hohlwelle **3** in axialer Richtung neben einem ersten hohlzylindrischen Abschnitt **31** zur Aufnahme der vorstehend anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) beschriebenen Bauelemente der Antriebseinrichtung einen zweiten, erweiterten hohlzylindrischen Abschnitt **32** auf.

[0080] Das Spannen des Klemmrollenfreilaufs und damit die Herstellung einer drehfesten Verbindung zwischen der Hohlwelle **3** und der Tretkurbelwelle **2** bei einer Drehrichtung der Tretkurbelwelle **2** entgegen der Vorwärtsfahrtrichtung des Elektorades zur Betätigung der Rücktrittbremse erfolgt über das Schaltgehäuse **64**, das drehfest mit dem Schaltelement **66** verbunden ist, wobei das Schaltelement **66** mit dem Betätigungsfreilauf **63** verbunden ist, dessen Außenfläche drehfest am Gehäuse **7** verankert ist. Das mit dem Schaltgehäuse **64** verbundene Schaltelement **66** des Betätigungsfreilaufs **63** ist dagegen koaxial freibeweglich zur Tretkurbelwelle **2** angeordnet.

[0081] Bei in Vorwärtsfahrtrichtung drehender Tretkurbelwelle **2** überträgt der Betätigungsfreilauf **63** kein Drehmoment, so dass die Klemmrollen **641** des Schaltgehäuses **64** in einer Position gegenüber den Schrägflächen **651** des Freilaufkäfigs **65** gehalten werden, wo keine Verbindung zwischen der Hohlwelle **3** und der Tretkurbelwelle **2** hergestellt wird.

[0082] Die für den Fahrbetrieb des Pedelecs vorgesehene erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung **61** löst bei der zur Fahrtrichtung entgegen gesetzten Drehrichtung der Tretkurbelwelle **2** die drehfeste Verbindung zwischen der Hohlwelle **3** und der Tretkurbelwelle **2**. Der drehfest auf der Tretkurbelwelle **2** befindliche Freilaufkäfig **65** bewegt über seine Schrägflächen **651** die Klemmkörper **641** des Schaltgehäuses **64** in Klemmrichtung gegen die Hohlwelle **3**. Gleichzeitig bewegen die in den Nuten des Schaltgehäuses **64** geführten Klemmkörper **641** das Schaltgehäuse **64** entgegen der Freilaufrichtung des Betätigungsfreilaufs **63**. Dadurch sperrt der Betätigungsfreilauf **63** und hält das Schaltgehäuse **64**, so dass die Tretkurbelwelle **2** und die Hohlwelle **3** entgegen der Vorwärtsfahrtrichtung des Elektorades drehfest miteinander verbunden werden und das mit der Hohlwelle **3** verbundene Kettenrad **11** die Rücktrittbremskraft über die Kette zum Kettenritzel des Hinterrades übertragen und damit die Rücktrittbremsfunktion aktivieren kann.

[0083] Alternativ bzw. in Ergänzung zu der vorstehend beschriebenen Ausgestaltung des Klemmrollenfreilaufs für die Betätigung der Rücktrittbremse kann das Schaltgehäuse **64** anstelle einer drehfesten Verbindung mit dem Schaltelement **66** auch drehelastisch mit dem Schaltelement **66** verbunden werden. Zu diesem Zweck wird entsprechend den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#), in denen die weiteren, mit denselben Bezugsziffern versehenen Bauteile des Klemmrollenfreilaufs mit den vorstehend beschriebenen Bauteilen übereinstimmen, so dass hierauf Bezug genommen wird, eine zylindrische Dreh- oder Spiralfeder **12** auf die Tretkurbelwelle **2** aufgesteckt. Ein Ende der Drehfeder **12** ist fest mit einem Freilaufstern **67** des Betätigungsfreilaufs **63** verbunden, während das andere

Ende der Drehfeder **12** am Schaltgehäuse **64** befestigt ist.

[0084] Die drehelastische Verbindung des Freilaufsterns **67** des Betätigungsfreilaufs **63** mit dem Schaltgehäuse **64** weist den Vorteil auf, dass das vom Schaltgehäuse **64** über die Klemmrollen **641** erzeugte Abstützmoment progressiv drehelastisch auf den Freilaufstern **67** des Betätigungsfreilaufs **63** übertragen wird. Dadurch ist eine Winkelbeweglichkeit der Tretkurbelwelle **2** in Rückwärtsdrehrichtung bei gesperrtem Betätigungsfreilauf **63** möglich. Gleichzeitig kann innerhalb des möglichen Drehwinkels, der durch die Blockung der Drehfeder **12** gegeben ist, das Kettenrad **11** gegen die Vorwärtsrichtung gedreht werden und so ein eventuell vorhandenes Spiel bis zur Betätigung der Rücktrittbremse ausgleichen.

Bezugszeichenliste

1	Antriebseinrichtung
2	Trekurbelwelle
3	Hohlwelle
4	Elektromotor
5	Getriebe
7	Gehäuse
9	Steuerelektronik
10	Kettenradflansch
11	Kettenrad
12	Drehfeder
21, 22	Zapfen
23, 24	Trekurbeln
31	Erster hohlzylindrischer Abschnitt der Hohlwelle
32	Zweiter, erweiterter hohlzylindrischer Abschnitt der Hohlwelle
40	Motorwelle
51	Doppelzahnrad
52	Abtriebszahnrad
61	erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung
62	zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung
63	Betätigungsfreilauf
64	Schaltgehäuse
65	Freilaufkäfig
66	Schaltelement
67	Freilaufstern des Betätigungsfreilaufs
81–85	Kugel- oder Wälzlager
640	topfförmiges Gehäuse des Schaltgehäuses
641	Klemmrollen
642	kreisringförmiger Boden des Schaltgehäuses
643	Bohrungen oder Stifte
650	topfförmiges Gehäuse des Freilaufsterns oder Freilaufkäfigs
651	Schrägfläche des Freilaufsterns oder Freilaufkäfigs

- 652** Langlöcher des Freilaufsterns oder
Freilaufkäfigs
- 660** zylinderförmiger Körper des Schalt-
elements
- 661** Ringflansch des Schaltelements

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- EP 2216242 A1 [[0004](#)]

Patentansprüche

1. Antriebseinrichtung (1) für ein Elektrorad, insbesondere für ein elektromotorisch und mit Muskelkraft hybrid betriebenes Pedelec, mit

- einem Antriebsgehäuse (7), in dem eine Hohlwelle (3) gelagert ist, die mit einem Kettenrad (11) eines Kettengetriebes des Elektrorades verbunden ist,
- einer koaxial zur Hohlwelle (3) angeordneten Tretkurbelwelle (2), die an beiden Enden mit Tretkurbeln (23, 24) verbunden ist,
- einer ersten, zwischen der Hohlwelle (3) und der Tretkurbelwelle (2) angeordneten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung (61) und
- einem Elektromotor (4), dessen Abtrieb über eine zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung (62) mit der Hohlwelle (3) verbunden ist,

dadurch gekennzeichnet,
dass die Hohlwelle (3) in beide Drehrichtungen der Tretkurbelwelle (2) mit der Tretkurbelwelle (2) koppelbar ist.

2. Antriebsanrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einrichtung zur Betätigung einer Rücktrittbremse zwischen der Tretkurbelwelle (2) und der Hohlwelle (3) angeordnet ist, die bei einer Kopplung der Tretkurbelwelle (2) mit der Hohlwelle (3) durch die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung (61) freiläuft und in der entgegen gesetzten Drehrichtung die Tretkurbelwelle (2) mit der Hohlwelle (3) koppelt.

3. Antriebseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor (4) von einer Steuerelektronik (9) ansteuerbar ist, die mit Sensoren (91) zur Erfassung der Drehzahl, Drehrichtung und des Drehmoments der Tretkurbelwelle (2) verbunden ist und den Elektromotor (4) bei einer der Vorwärtsfahrtrichtung des Elektrorades entgegen gesetzten Drehrichtung und/oder entgegen gerichteten Drehmoments der Tretkurbelwelle (2) abschaltet.

4. Antriebseinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Betätigung einer Rücktrittbremse aus einem Klemmrollenfreilauf mit einem drehfest mit der Tretkurbelwelle (2) verbundenen Freilaufkäfig (65), einem Schaltgehäuse (64) mit in Nuten angeordneten Klemmrollen (641) und einem mit dem Schaltgehäuse (64) verbundenen und koaxial freibeweglich auf der Tretkurbelwelle (2) angeordneten Schaltelement (66) eines mit seiner Außenfläche drehfest mit dem Gehäuse (7) verbundenen Betätigungsfreilaufs (63) besteht.

5. Antriebseinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement (66) in Umfangsrichtung drehelastisch mit dem Schaltgehäuse (64) verbunden ist.

6. Antriebseinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement (66) mit dem einen Ende und das Schaltgehäuse (64) mit dem anderen Ende einer zylindrischen, auf die Tretkurbelwelle (2) aufgesteckten Dreh- oder Spiralfeder (12) verbunden sind.

7. Antriebseinrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorwelle (40) des Elektromotors (4) über ein Getriebe (5) und die zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung (62) mit der Hohlwelle (3) verbunden ist.

8. Antriebseinrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe (5) aus einem mehrstufigen Untersetzungsgetriebe unterschiedlicher Getriebebauarten besteht.

9. Antriebseinrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das mehrstufige Untersetzungsgetriebe als zweistufiges Stirnradgetriebe mit einem mit der Motorwelle (40) verbundenen Ritzel, einem mit dem Ritzel kämmenden Stirnrad großen Durchmessers eines Doppelzahnrades (51) und einem mit einem Stirnrad kleinen Durchmessers des Doppelzahnrades (51) kämmenden Abtriebsstirnrad (52) ausgebildet ist, das koaxial mit der Hohlwelle (3) verbunden ist.

10. Antriebseinrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die den Elektromotor (4) ansteuernde Steuerelektronik (9) mit dem Ausgangssignal eines die Geschwindigkeit des Elektrorades erfassenden Sensors beaufschlagt ist.

11. Antriebseinrichtung nach mindestens einen der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die über die Tretkurbeln (23, 24) eingeleiteten Drehmomente getrennt erfasst und an die Steuerelektronik (9) abgegeben werden, die die über die Tretkurbeln (23, 24) eingeleiteten Drehmomente summiert.

12. Antriebseinrichtung nach mindestens einen der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erfassung der über die Tretkurbeln (23, 24) eingeleiteten Drehmomente der Verdrehwinkel der Hohlwelle (3) zwischen der ersten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung (61) und dem Kettenrad (11) gemessen wird.

13. Antriebseinrichtung nach mindestens einen der vorangehenden Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erfassung der über die Tretkurbeln (23, 24) eingeleiteten Drehmomente bei zusätzlicher Einleitung eines vom Elektromotor (4) abgegebenen Drehmoments der Verdrehwinkel der

Hohlwelle (3) zwischen der ersten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung (61) und der zweiten drehrichtungsabhängig geschalteten Kupplung (62) erfasst wird.

14. Antriebseinrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerelektronik (9) den Elektromotor (4) bei Überschreitung einer vorgegebenen Geschwindigkeit des Elektrorades ohne Einleitung eines Drehmoments über die Tretkurbelwelle (2) abschaltet.

15. Antriebseinrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerelektronik (9) bei von der Hohlwelle (3) durch die erste drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung (61) abgetrennter Tretkurbelwelle (2) die Drehzahl des Elektromotors (4) bis zu einem einstellbaren Drehmoment nachregelt.

16. Antriebseinrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass über ein Bedienteil des Elektrorades der Grad der Leistungsaufteilung zwischen dem über die Tretkurbelwelle (2) eingeleiteten Drehmoment und dem vom Elektromotor (4) abgegebenen Drehmoment einstellbar ist.

17. Antriebseinrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste und zweite drehrichtungsabhängig geschaltete Kupplung (61, 62) aus einem Klemmkörperfreilauf mit einem Innen- und Außenring und zwischen dem Innen- und Außenring angeordneten Klemmkörpern besteht, wobei der Innen- oder Außenring in der den Innen- mit den Außenring koppelnden Drehrichtung des Innen- oder Außenringes Klemmrampen aufweist.

18. Antriebseinrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Elektrorad aus einem E-Bike oder einem Pedelec besteht und dass die Steuerelektronik (9) den elektromotorischen Antrieb ohne Rückwirkung auf die Tretkurbelwelle (2) ansteuert.

19. Antriebseinrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlwelle (3) mit einem Kettenblattflansch (10) verbunden ist, der mit dem Kettenblatt (11) oder mit Mehrfach-Kettenblättern in Verbindung mit einer Kettenblattschaltung verbindbar ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG1

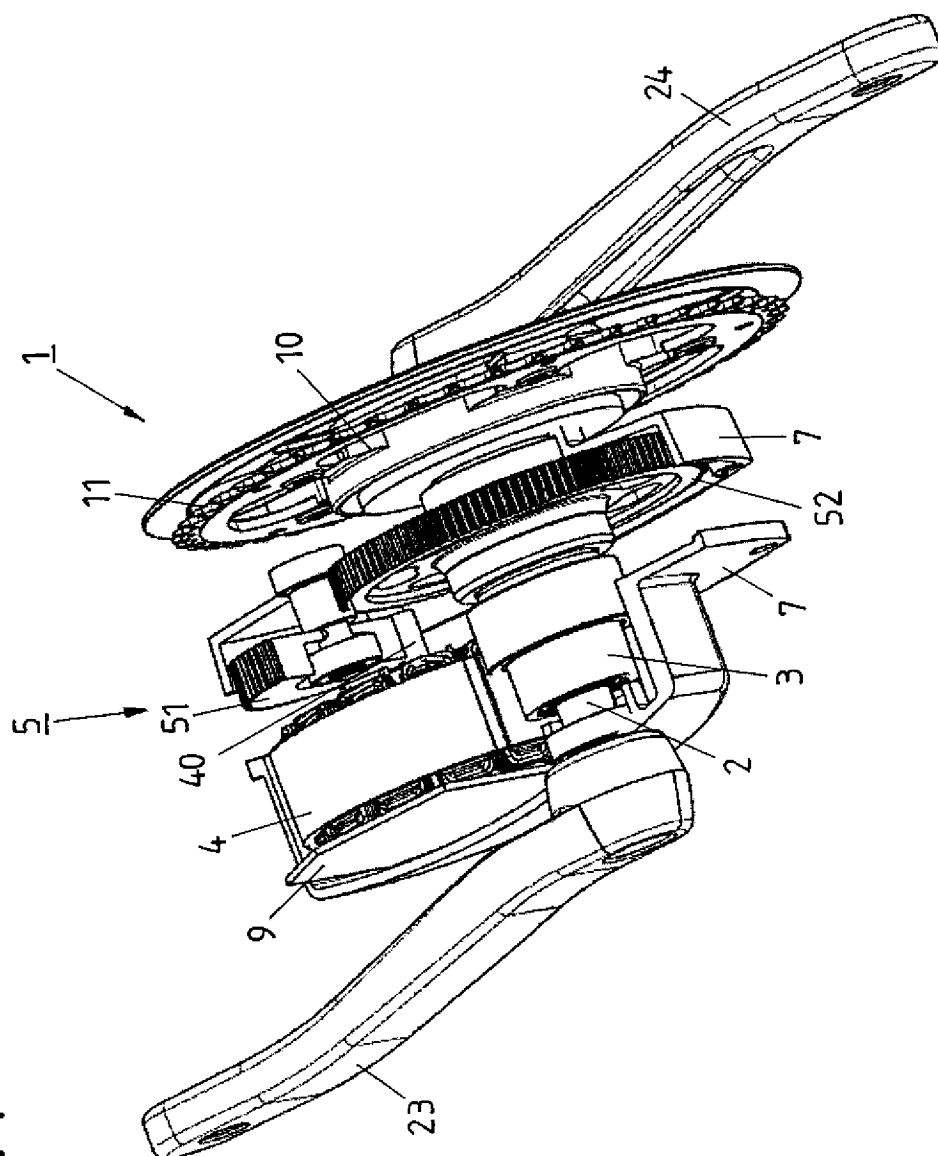


FIG 2

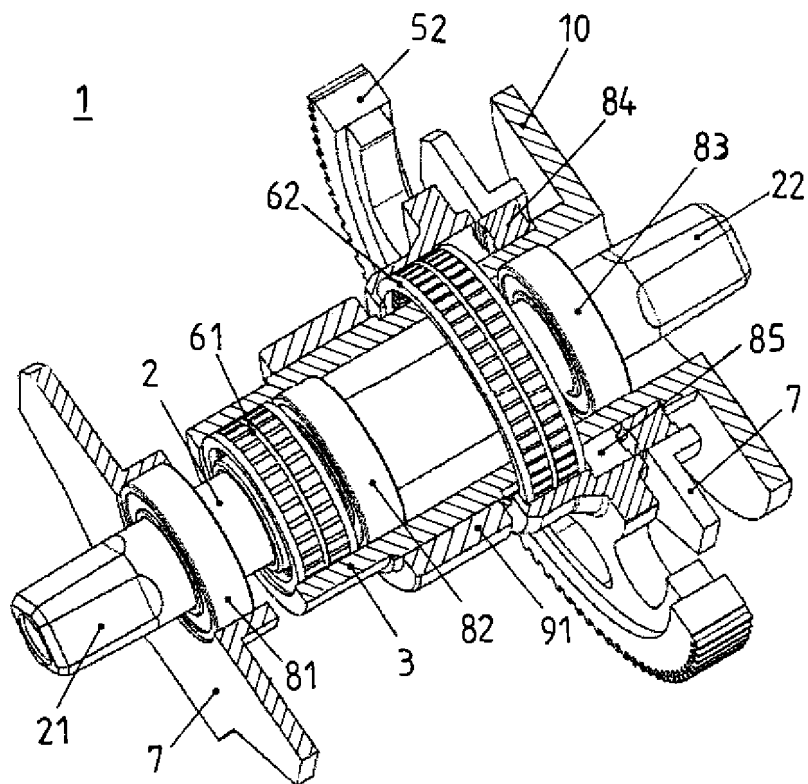


FIG 4

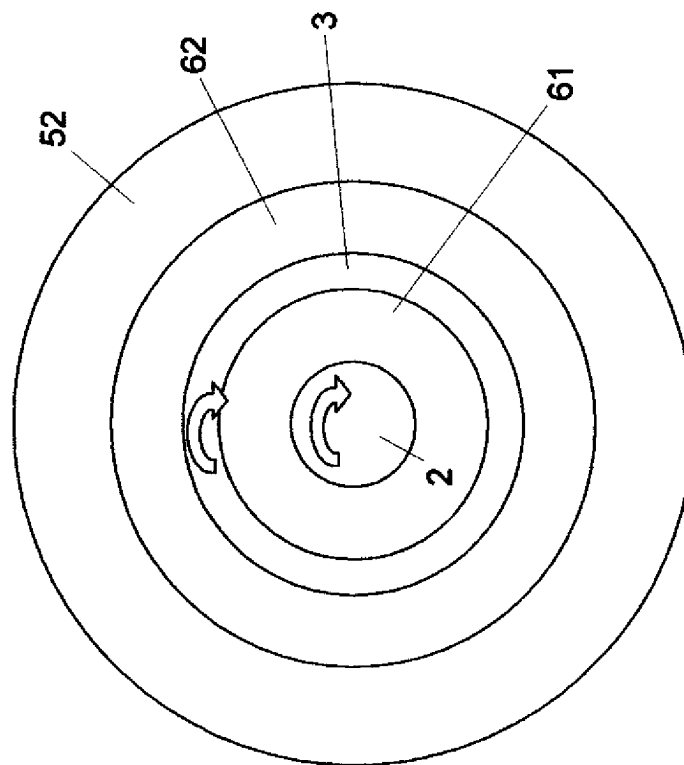


FIG 3

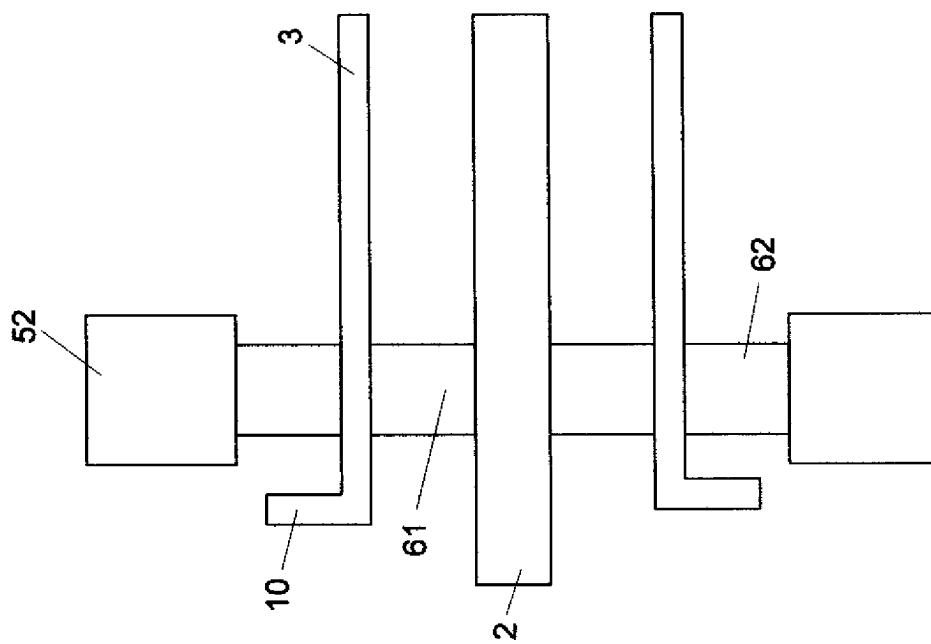


FIG 5

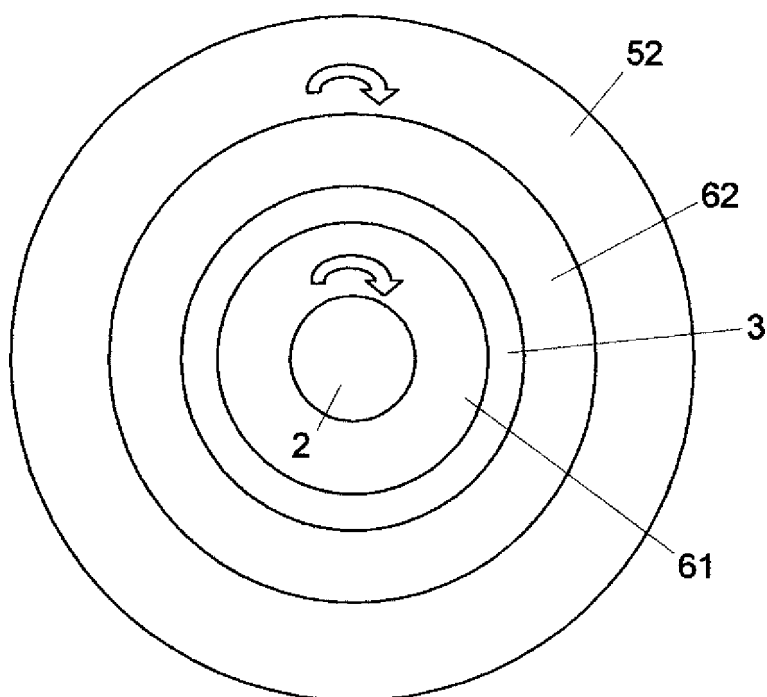
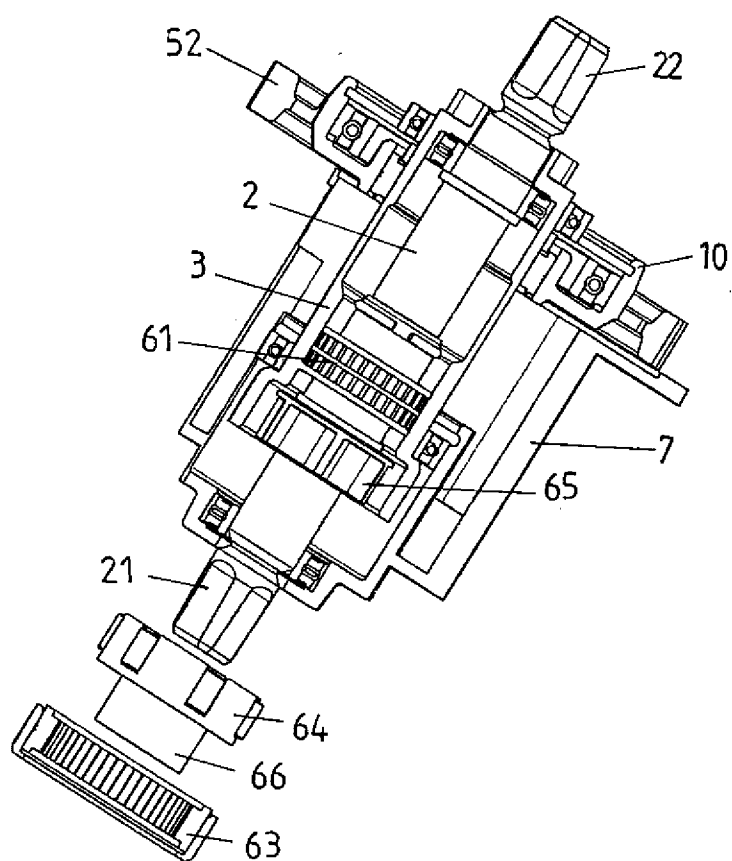


FIG 6



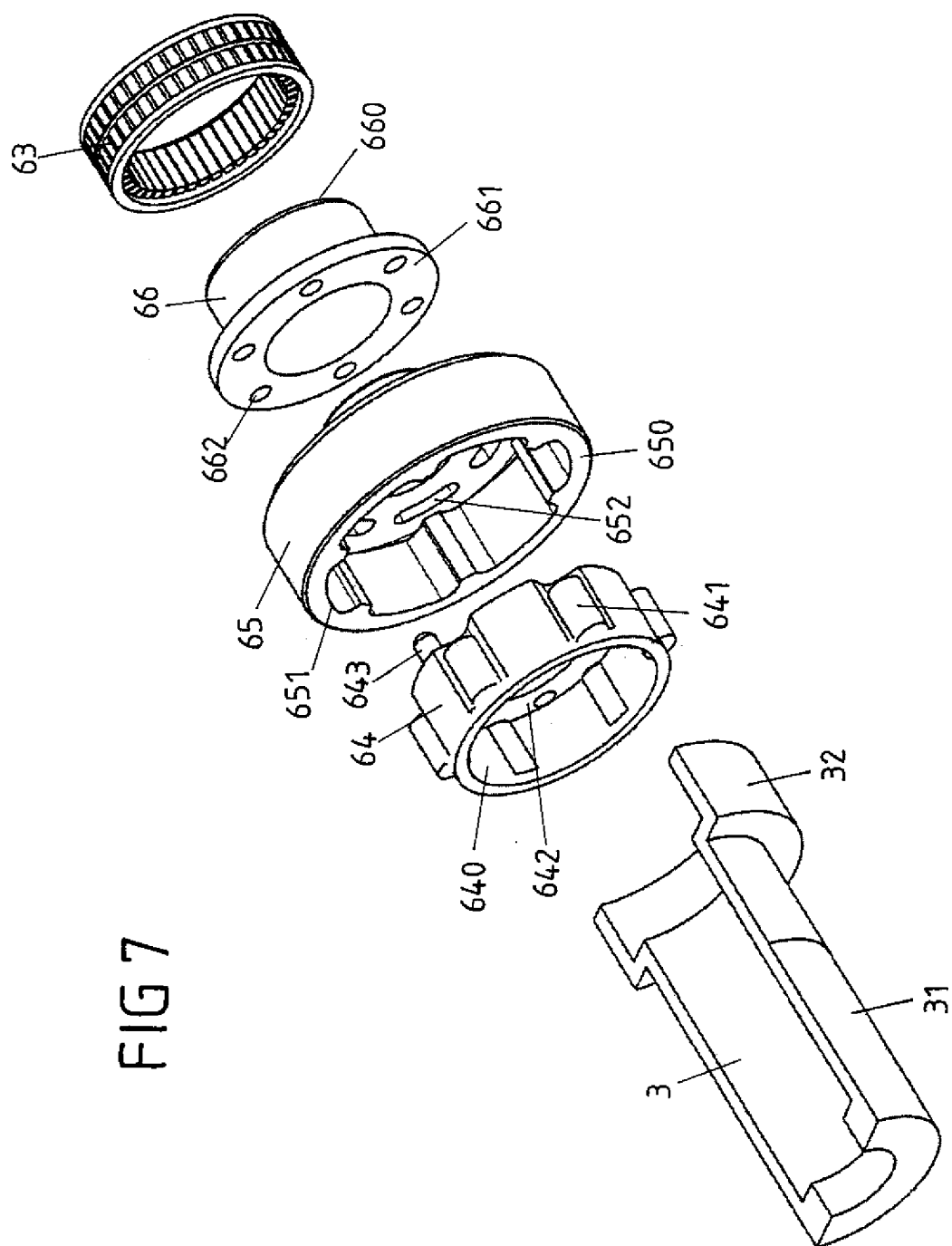


FIG 7

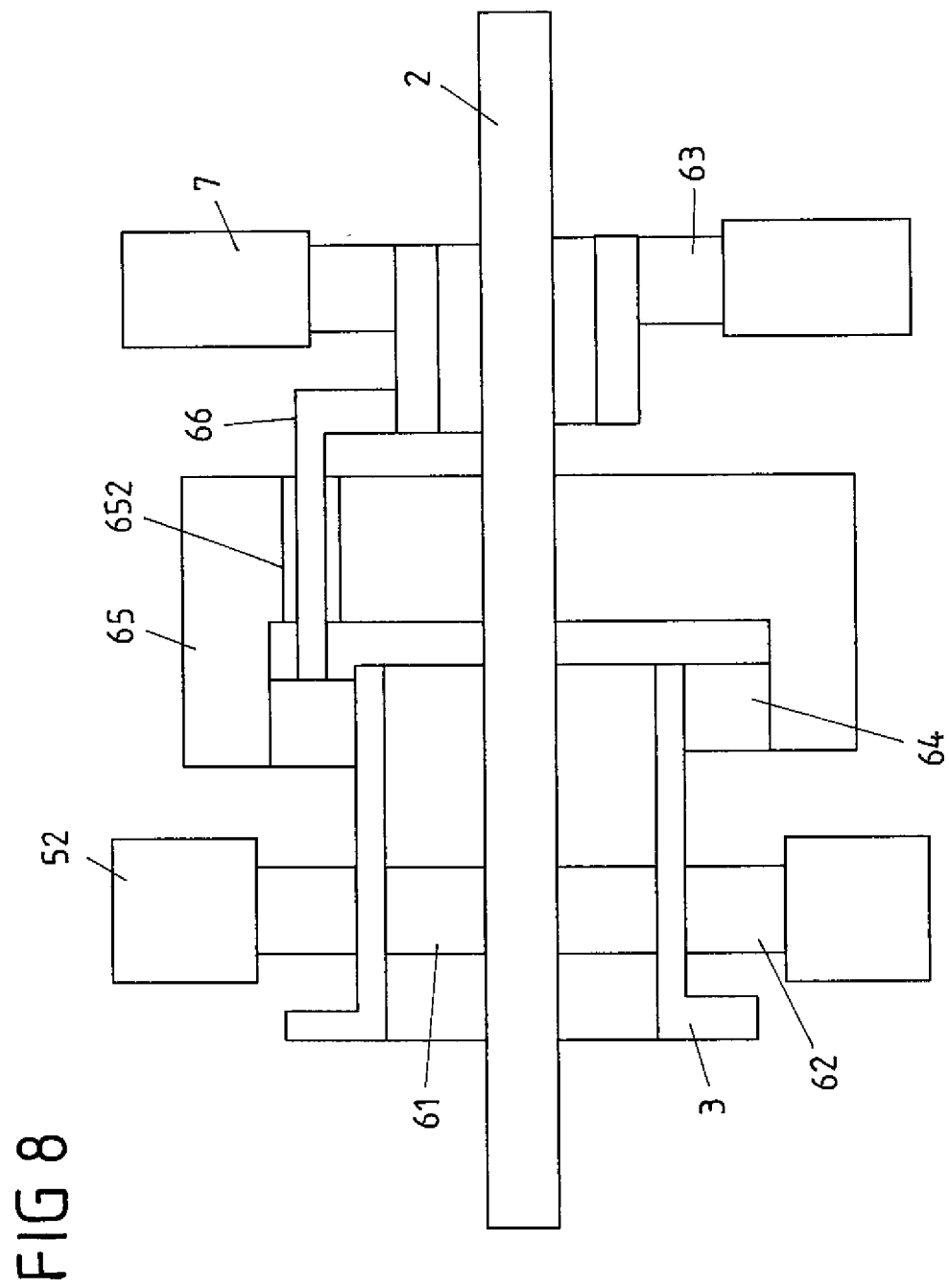


FIG 9

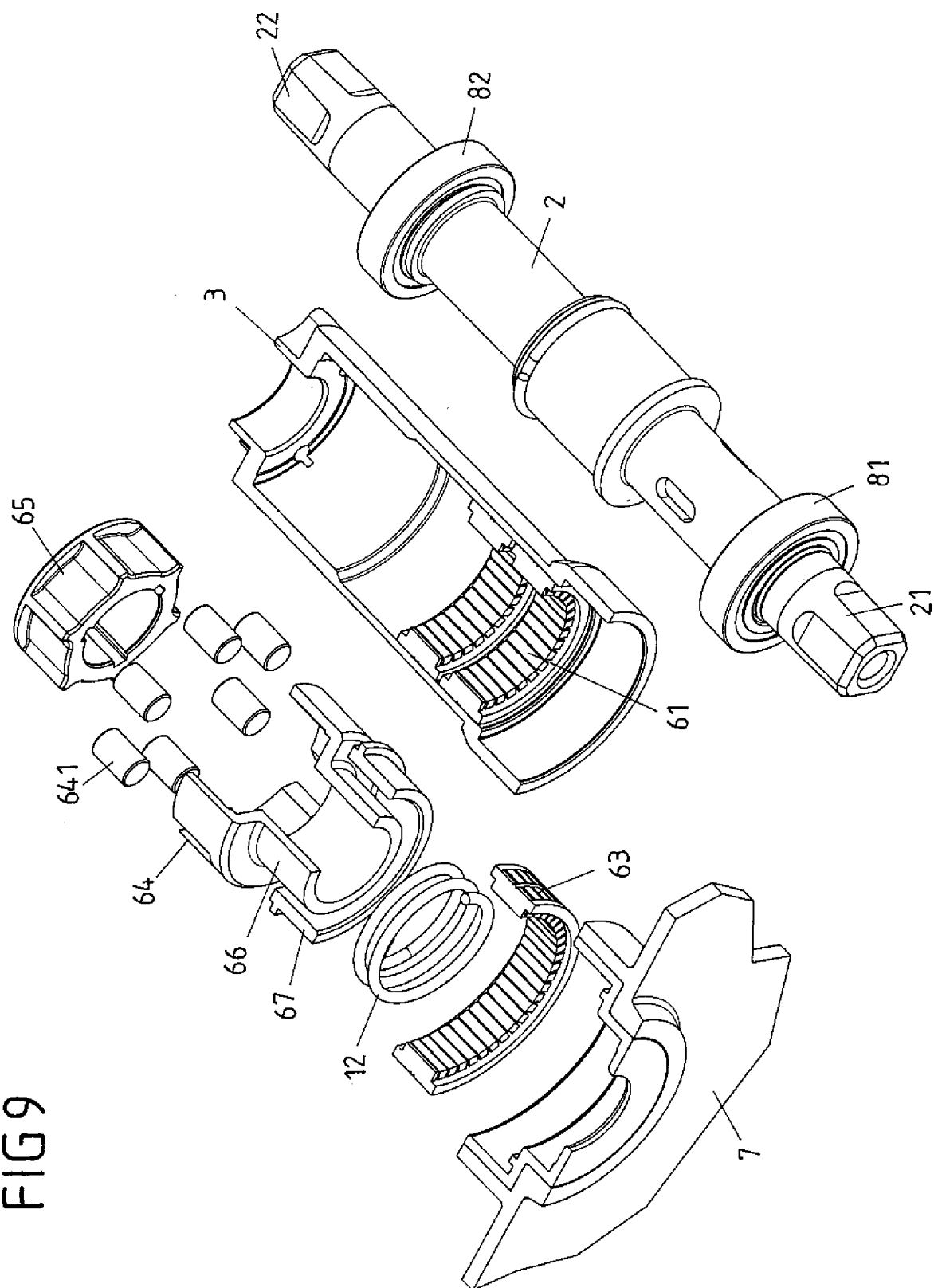


FIG 10

