



(10) **DE 10 2022 109 481 A1** 2022.10.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 109 481.2**

(22) Anmeldetag: **19.04.2022**

(43) Offenlegungstag: **20.10.2022**

(51) Int Cl.: **B62J 43/13** (2020.01)

B62M 6/55 (2010.01)

B62M 6/80 (2010.01)

B62K 19/30 (2006.01)

(66) Innere Priorität

10 2021 002 051.0 **20.04.2021**

10 2021 005 374.5 **30.10.2021**

(72) Erfinder:

**Braedt, Henrik, 97456 Dittelbrunn, DE; Heyna,
Sebastian, 97456 Dittelbrunn, DE**

(71) Anmelder:

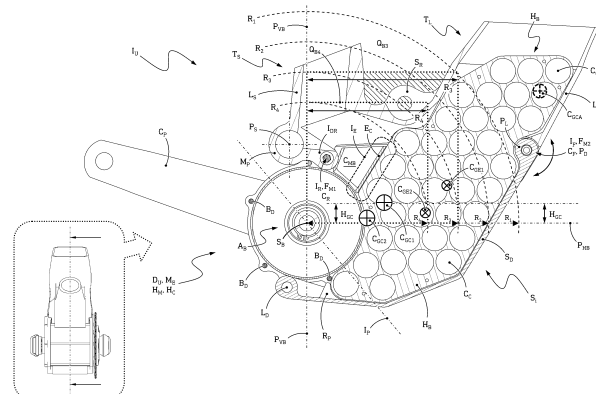
SRAM Deutschland GmbH, 97424 Schweinfurt, DE

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Elektrische Fahrrad-Antriebseinheit sowie Fahrradrahmen, Rahmenschnittstellen-Einheit und Energiespeichereinrichtung für eine elektrische Fahrrad-Antriebseinheit**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Offenbarung betrifft eine elektrische Fahrrad-Antriebseinheit (Du) zur Anordnung in einem Tretlagerbereich (R) eines Fahrradrahmens. Die Antriebseinheit (Du) weist eine elektrische Motor-einrichtung (M_E) sowie eine Tretlagerbaugruppe (A_B) mit einer Tretlagerwelle (S_B) auf. Die vorliegende Offenbarung betrifft außerdem einen Fahrradrahmen bzw. eine Rahmenschnittstellen-Einheit (Iu), sowie eine Energiespeichereinrichtung (Si) für die elektrische Fahrrad-Antriebseinheit (Du). Die Antriebseinheit (Du) umfasst eine integrative Energiespeichereinrichtung (Si) zur Energieversorgung der Motoreinrichtung (M_E). Die integrative Energiespeichereinrichtung (Si) ist benachbart zu der Motoreinrichtung (M_E) dergestalt anordenbar, dass die Schwerpunktlage (C_{GE}) der Energiespeichereinrichtung (Si) und die Schwerpunktlage (C_{GC}) der Antriebseinheit (Du) innerhalb des Tretlagerbereichs (R) liegen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine elektrische Fahrrad-Antriebseinheit nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, einen Fahrradrahmen bzw. eine Rahmenschnittstellen-Einheit nach dem Oberbegriff von Anspruch 30 sowie eine Energiespeichereinrichtung nach dem Oberbegriff von Anspruch 34.

[0002] In der nachfolgenden Beschreibung verwendete und nicht weiter konkretisierte Orts- bzw. Richtungsangaben wie „links“, „rechts“, „vorne“, „hinten“, „oben“, „unten“, „Seitenansicht“ usw. entsprechen einer Fahrerperspektive auf einem Fahrrad.

[0003] Geländegängige Fahrräder mit elektrischem Unterstützungsantrieb erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Diese auch als E-Mountainbike oder abgekürzt E-MTB bezeichneten Fahrräder werden in Kategorien wie beispielsweise „Cross-Country“, „Trail“, „Enduro“ und „Downhill“ eingeteilt bzw. auch sportlich eingesetzt.

[0004] Bei solchen Einsätzen treten hohe Anforderungen an Robustheit, Rahmensteifigkeit und „Handling“ des E-MTB auf. Beim Handling des E-MTB ist vor allem die Schwerpunktlage des Fahrrads von Bedeutung. Ein hoher Schwerpunkt des Fahrrads beeinträchtigt die Kurvenlage und erhöht das Risiko von Überschlagen bei starker Bremsverzögerung oder in steilen Abfahrtpassagen.

[0005] Von besonderer Bedeutung ist auch die Distanz zwischen dem Fahrrad-Schwerpunkt und der Hinterradachse. Je weiter sich der Schwerpunkt des Fahrrads in Fahrtrichtung vorne befindet, desto höher ist die Gefahr von Überschlagen, und desto schwieriger wird es für den Fahrer, das Vorderrad anzuheben, insbesondere in Fällen ohne Unterstützung eines Antriebsdrehmoments.

[0006] Das Anheben des Vorderrades ist eine der wichtigsten Fahrtechniken, die in den unterschiedlichsten Fahrsituationen angewandt wird. Auf diese Weise lassen sich größere Hindernisse und Stufen überwinden, oder mit hoher Geschwindigkeit Bodenwellen überfahren. Im Vergleich zu Fahrrädern bzw. Mountainbikes ohne Unterstützungsantrieb ist diesbezüglich vor allem das Gewicht der Akkus und des Motors von Bedeutung.

[0007] Weiterhin ist bei E-Mountainbikes der Abstand zwischen Hinterradachse und Tretlagerwelle im Vergleich zum Mountainbike ohne Zusatzantrieb tendenziell vergrößert, da der Elektromotor auch Bauraum im Bereich der Tretlagerwelle einnimmt, und da somit dort weniger radialer Freiraum für den Hinterradreifen zur Verfügung steht. Bei vollgefederten Fahrrädern wird durch den elektrischen Zusatzantrieb auch der Bauraum für die aus Stabili-

tätsgründen üblicherweise erforderliche Brücke zwischen den Kettenstreben im Bereich des Tretlagers beeinträchtigt. In Abhängigkeit von der für die Hinterradfederung verwendeten Hinterbaukinematik kann auch ein Bauraumkonflikt mit entsprechenden Drehgelenken der Hinterradfederung entstehen.

[0008] Überdies wird die Rahmensteifigkeit sowie das Rahmengewicht bei E-MTBs meist durch offene Unterrohrkonstruktionen kompromittiert, die bei bekannten E-MTBs zur Aufnahme der Antriebsbatterie zumeist erforderlich sind. Insbesondere die Torsionsbelastung durch Pedallasten oder auch Momenteintrag über den Steuersatz können über ein Unterrohr mit intaktem Rohrquerschnitt wesentlich besser aufgenommen werden, da bei einem geschlossenen Rohrquerschnitt das Widerstandsmoment gegen Torsion wesentlich höher als bei einem derartigen U-förmigen Profilquerschnitt ist.

[0009] Hieraus folgt auch, dass ein geschlossener Rohrquerschnitt einen besseren Quotienten aus Steifigkeit und Gewicht besitzt als die bekannten offenen Profilquerschnitte. Weiterhin erhöhen Verbindungselemente zur Aufnahme und Befestigung von Antriebsbatterien im oder am Unterrohr die Komplexität und das Gewicht des Fahrradrahmens. Durch die erhebliche Distanz derartiger Antriebsbatterien zur Hinterradachse wird der Schwerpunkt des Fahrrads zum Nachteil des Handlings weiter nach vorne verlagert.

[0010] Ausgehend von dem vorstehend beschriebenen Stand der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, eine Lösung zur Anordnung bzw. Integration des Energiespeichers bzw. Akkus und der Antriebseinheit für ein E-Mountainbike bereitzustellen, mit der sich die oben beschriebenen Nachteile überwinden lassen

[0011] Diese Aufgabe wird durch eine elektrische Fahrrad-Antriebseinheit zur Anordnung in einem Tretlagerbereich eines Fahrradrahmens mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch einen Fahrradrahmen bzw. eine Rahmenschnittstellen-Einheit für die elektrische Fahrrad-Antriebseinheit mit den Merkmalen des Patentanspruchs 30 und durch eine Energiespeichereinrichtung für die elektrische Fahrrad-Antriebseinheit mit den Merkmalen des Patentanspruchs 34 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0012] Gattungsgemäß umfasst die Antriebseinheit eine elektrische Motoreinrichtung sowie eine Tretlagerbaugruppe mit einer Tretlagerwelle zur Aufnahme der Tretkurbeln des Fahrrads. Je nach Ausführung des Motors umfasst eine gattungsgemäße Antriebseinheit zumeist auch ein üblicherweise zusammen mit dem Motor in einem gemeinsamen Motorgehäuse angeordnetes Untersetzungsgetriebe zur

Übertragung des unterstützenden Motormoments auf die Tretlagerwelle, wobei jedoch auch getriebe-lose Antriebseinheiten zum Direktantrieb der Tretlagerwelle bekannt sind.

[0013] Die Antriebseinheit zeichnet sich durch eine integrative Energiespeichereinrichtung zur Energieversorgung der Motoreinrichtung aus. Dabei ist die integrative Energiespeichereinrichtung benachbart zu der Motoreinrichtung anordenbar bzw. angeordnet, und der Massenschwerpunkt der integrativen Energiespeichereinrichtung liegt, nach Montage der Antriebseinheit an dem Fahrradrahmen, in dem Tretlagerbereich.

[0014] Dies bedeutet, dass der Energiespeicher mit der Motoreinrichtung und mit der Tretlagerbaugruppe, sowie ggf. zusammen mit dem Untersetzungsgetriebe zwischen Motoreinrichtung und Tretlagerwelle, räumlich zusammengelegt und als somit integrierte Antriebseinheit ausgebildet ist, die nach der Montage der Antriebseinheit im Tretlagerbereich des Fahrrades positioniert ist.

[0015] Mit „Tretlagerbereich“ ist im Sinne der vorliegenden Offenbarung die unmittelbare räumliche Umgebung des Fahrrad-Tretlagers gemeint, einschließlich der unmittelbaren Endbereiche der an das Tretlager angrenzenden Sattel- und Unterrohre, in Abgrenzung insbesondere zum räumlichen Bereich des gesamten Fahrrad-Unterrohrs bis zum Fahrrad-Steuerkopf, welches beim Stand der Technik üblicherweise die Energiespeichereinrichtung für die elektrische Motoreinrichtung enthält.

[0016] Der Begriff „integrative Energiespeichereinrichtung“ meint im Sinne der vorliegenden Offenbarung eine Energiespeichereinrichtung, die entweder in das Gehäuse der Motoreinrichtung integriert ist, oder zusammen mit der Motoreinrichtung in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet ist, oder die in einem eigenständigen Gehäuse direkt an einem Gehäuse der Motoreinrichtung anordenbar ist.

[0017] Im Unterschied zum eingangs beschriebenen Stand der Technik wird somit die Energiespeichereinrichtung gemäß der vorliegenden Offenbarung in unmittelbarer Nähe zu der Antriebseinheit und damit im Wesentlichen auf horizontaler Höhe der Tretlagerbaugruppe positioniert. Daraus resultiert eine vertikal sehr niedrige Schwerpunktlage der integrierten Antriebseinheit, die lediglich durch die Wahrung der jeweils gewünschten Bodenfreiheit im Bereich des Tretlagers limitiert ist.

[0018] Weiterhin wird auch der Abstand des Schwerpunkts der Antriebseinheit bzw. des gesamten Fahrrads zur Hinterradachse auf diese Weise vorteilhaft reduziert.

[0019] Da bei einem Fahrradrahmen, abgesehen vom Hinterbau, der breiteste Bereich zumeist die Tretlageraufnahme ist, lässt sich mit der Antriebseinheit gemäß der vorliegenden Offenbarung der in Axialrichtung (bezogen auf die Tretlagerwelle) zur Verfügung stehende Bauraum in diesem Bereich deutlich besser nutzen, als dies im Stand der Technik üblich ist.

[0020] Dies bedeutet mit anderen Worten, dass insbesondere die Querschnittsdimensionen des integrativen Energiespeichers (bezogen auf eine Schnittebene parallel zur Achse der Tretlagerwelle) deutlich größer ausfallen können als bei herkömmlichen, im Bereich des Unterrohrs bzw. im Unterrohr angeordneten Energiespeichern.

[0021] Dank der integrierten Antriebseinheit gemäß der vorliegenden Offenbarung kann der Fahrradrahmen, anders als beim Stand der Technik mit dem zur Akkuentnahme offenen und häufig einen U-förmigen Querschnitt aufweisenden Unterrohr, mit einem intakten, also geschlossenen Unterrohrquerschnitt realisiert werden, wodurch sich die Biege- und Torsionssteifigkeiten des Unterrohrs und damit des Fahrradrahmens entscheidend vergrößern, bzw. die Masse des Fahrradrahmens entsprechend reduzieren lässt.

[0022] Durch die Integration von Motoreinrichtung und Energiespeichereinrichtung lassen sich zudem die ansonsten zur elektrischen Verbindung dieser Baugruppen notwendigen Kabel und insbesondere lösbaren, aufwändigen Steckereinrichtungen reduzieren bzw. einsparen, was zu weiteren Kosten- und Gewichtseinsparungen führt.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die integrative Energiespeichereinrichtung unmittelbar an einem Gehäuse der Motoreinrichtung angeordnet bzw. anordenbar ist. Bei dieser Ausführungsform kann die integrative Energiespeichereinrichtung ein eigenes Gehäuse oder zumindest Teilgehäuse aufweisen, welches mit einem Gehäuse bzw. Teilgehäuse der Motoreinrichtung verbunden bzw. verbindbar ist.

[0024] Diese Verbindung zwischen der integrativen Energiespeichereinrichtung und der Motoreinrichtung kann insbesondere trennbar ausgebildet sein, beispielsweise mit einem Schnellverschluss, wodurch dem Nutzer ermöglicht wird, den integrativen Energiespeicher unabhängig von der Motoreinrichtung zu entnehmen, beispielsweise zum Zweck der Aufladung unabhängig vom Standort des Fahrrads.

[0025] Auch lässt sich durch diese Entnahme der integrativen Energiespeichereinrichtung eine Öffnung zum Innenraum des Unterrohrs offenlegen, so

dass dieser Bauraum genutzt werden kann, z.B. zur Unterbringung von Werkzeug, kleineren Gepäckstücken oder auch für eine Zusatzbatterie, ohne dass hierdurch der geschlossene Rohrquerschnitt des Unterrohrs beeinträchtigt wird.

[0026] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die integrative Energiespeichereinrichtung zumindest teilweise von einem Gehäuse der Motoreinrichtung umschlossen bzw. umschließbar. Bei einem Gehäuse der Motoreinrichtung muss es sich dabei nicht um ein geschlossenes Gehäuse handeln, insbesondere nicht in demjenigen Bereich des Gehäuses, welches zur Umschließung der Energiespeichereinrichtung ausgebildet ist. Vielmehr kann zumindest dieser Gehäusebereich auch im wesentlichen skelettartig die Energiespeichereinrichtung umschließend ausgebildet sein. Auf diese Weise wird Gewicht gespart, und die Zugänglichkeit der Batterie wird verbessert, insbesondere zum Zweck des Batteriewechsels und/oder zum Aufladen.

[0027] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die integrative Energiespeichereinrichtung zusammen mit der Motoreinrichtung in Form einer vollintegrierten Bauweise in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet bzw. anordenbar ist. Bei dieser Ausführungsform lassen sich insbesondere Masse und Kosten durch nicht benötigte Verbindungs- und separate Gehäuseelemente einsparen. Ein etwa erforderlicher Austausch der integrativen Energiespeichereinrichtung erfolgt bei dieser Ausführungsform vorzugsweise durch Fachpersonal nach entsprechender Öffnung des gemeinsamen Gehäuses von Motoreinrichtung und integrativer Energiespeichereinrichtung.

[0028] Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass die integrative Energiespeichereinrichtung im betriebsbereiten Zustand ausschließlich an der Motoreinrichtung, oder an einem Gehäuse der Motoreinrichtung, oder an dem gemeinsamen Gehäuse befestigt ist, nicht jedoch an dem Fahrradrahmen. Dies verbessert entscheidend die Handhabung bzw. die Entnahme und das Wiedereinsetzen der Energiespeichereinrichtung. Überdies lassen sich Kosten zur Teilebeschaffung und Montage eines mit der Antriebseinheit gemäß der vorliegenden Offenbarung ausgestatteten Fahrrads deutlich reduzieren, da die beim Stand der Technik üblichen, aufwändigen zusätzlichen Befestigungseinrichtungen für die Batterie am Fahrradrahmen entfallen.

[0029] Eine weitere besonders bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass die integrative Energiespeichereinrichtung, nach Montage der Antriebseinheit an einem Fahrradrahmen, zumindest teilweise in einem Unterrohr des Fahrradrahmens angeordnet bzw. anordenbar ist. Auf diese Weise kann die integ-

rative Energiespeichereinrichtung weiter vergrößert werden, insbesondere kann sich ein Teil der integrativen Energiespeichereinrichtung, im Wesentlichen entlang einer Längsachse des Unterrohrs, von unten in das Unterrohr erstrecken. Das Unterrohr kann somit weiterhin einen geschlossenen Rohrquerschnitt aufweisen und dennoch zumindest einen Teil der integrativen Energiespeichereinrichtung, gemäß einer weiteren Ausführungsform auch die gesamte integrative Energiespeichereinrichtung, enthalten.

[0030] Nach einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform ist der Antriebseinheit neben der integrativen Energiespeichereinrichtung auch eine Zusatz-Energiespeichereinrichtung zugeordnet. Nach Montage der Antriebseinheit mit der Zusatz-Energiespeichereinrichtung ist dabei die Zusatz-Energiespeichereinrichtung zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig, in einem Unterrohr des Fahrradrahmens angeordnet bzw. anordenbar. Mittels der Zusatz-Energiespeichereinrichtung kann der Energievorrat der Antriebseinheit entsprechend vergrößert werden, wozu auch hier wieder Bauraum in dem Unterrohr des Fahrradrahmens genutzt werden kann, ohne dessen geschlossenen Rohrquerschnitt zu beeinträchtigen.

[0031] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Zusatz-Energiespeichereinrichtung mechanisch direkt mit der Antriebseinheit oder mit der integrativen Energiespeichereinrichtung verbunden bzw. verbindbar. Bei direkter mechanischer Verbindung der Zusatz-Energiespeichereinrichtung mit der integrativen Energiespeichereinrichtung umfasst die mechanische Verbindung vorzugsweise auch eine elektrische Verbindung zwischen den beiden Energiespeichereinrichtungen, die beispielsweise als elektrische Steckverbindung ausgebildet ist.

[0032] Bei direkter mechanischer Verbindung oder auch einstückiger Ausführung der Zusatz-Energiespeichereinrichtung mit der integrativen Energiespeichereinrichtung werden die beiden Energiespeichereinrichtungen somit zu einer Energiespeicher-Baugruppe, bzw. zu einer Energiespeichereinrichtung zusammengefasst, welche dann vorzugsweise an einem Gehäuse der Motoreinrichtung fixiert wird. Durch diese Verbindung der Zusatz-Energiespeichereinrichtung mit der integrativen Energiespeichereinrichtung zu einer ggf. einstückigen integrativen Energiespeichereinrichtung kann der Bauraum im Unterrohr für zusätzliche Energiespeicherkapazität genutzt werden, ohne dass zusätzliche Fixierungseinrichtungen bzw. mechanische Schnittstellen zur Befestigung bzw. Fixierung der Zusatz-Energiespeichereinrichtung bzw. der integrativen Energiespeichereinrichtung im Unterrohr benötigt wird.

[0033] Bevorzugt ist die integrative Energiespeichereinrichtung in einem montierten Zustand der Antriebseinheit an dem Fahrradrahmen zu einem größeren Teil außerhalb eines Unterrohrs des Fahrradrahmens anordenbar bzw. angeordnet. Ebenfalls vorzugsweise befindet sich die integrative Energiespeichereinrichtung in einer dem montierten Zustand der Antriebseinheit an dem Fahrradrahmen entsprechenden Lage der Antriebseinheit zumindest teilweise unterhalb der Drehachse der Tretlagerwelle. Dies kommt dem gewünschten niedrigen Schwerpunkt des Fahrrads entgegen, und erleichtert sowohl die konstruktive Integration der Antriebseinheit in den Fahrradrahmen als auch die Handhabung der Energiespeichereinrichtung bei Entnahme und beim Wiedereinsetzen.

[0034] Im Hinblick auf die gewünschte möglichst niedrige Schwerpunktlage sieht eine weitere bevorzugte Ausführungsform vor, dass sich der Massenschwerpunkt der integrativen Energiespeichereinrichtung, oder der gemeinsame Massenschwerpunkt von integrativer Energiespeichereinrichtung und Zusatz-Energiespeichereinrichtung, oder der Massenschwerpunkt der den integrativen Energiespeicher umfassenden Antriebseinheit, in einer Fahrrad-Seitenansicht innerhalb eines Umkreises von 350 mm, bevorzugt 250 mm, besonders bevorzugt von 200 mm um die Tretlagerwelle befindet. Hierzu wird die integrative Energiespeichereinrichtung vorzugsweise so angeordnet, dass sich diese im montierten Zustand der Antriebseinheit am Fahrrad zumindest teilweise unterhalb der Tretlagerwelle befindet.

[0035] Auf diese Weise wird ein niedriger Massenschwerpunkt des Fahrrads erreicht, welcher, wie eingangs beschrieben, vorteilhaft für das Fahrverhalten ist. Gleichzeitig lässt sich hierdurch auch gewährleisten, dass der Massenschwerpunkt des Fahrrades möglichst weit fahrtrichtungsbezogen nach hinten verlagert ist, was ebenfalls dem Fahrverhalten zugutekommt.

[0036] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Antriebseinheit befindet sich ein Massenschwerpunkt der Energiespeichereinrichtung und/oder ein Massenschwerpunkt der Antriebseinheit in einer Seitenansicht von rechts und bezogen auf die Drehachse der Tretlagerwelle innerhalb eines rechts oben liegenden Tretlager-Quadranten mit der Seitenlänge 175 mm, bevorzugt innerhalb eines Tretlager-Quadranten mit der Seitenlänge 125 mm, besonders bevorzugt innerhalb eines Tretlager-Quadranten mit der Seitenlänge 100 mm.

[0037] Ebenfalls bevorzugt befindet sich der Batterie-Massenschwerpunkt und/oder der Antriebseinheits-Massenschwerpunkt, bezogen auf die Drehachse der Tretlagerwelle, in einer Höhe von 50 mm,

bevorzugt von 30 mm, besonders bevorzugt von 20 mm oberhalb der Drehachse der Tretlagerwelle.

[0038] Mit dieser Lage der Schwerpunkte von Batterie und/oder Antriebseinheit lassen sich die in der Beschreibungseinleitung ausgeführten Nachteile bekannter E-Mountainbikes insbesondere bezüglich Handling und Fahrsicherheit maßgeblich verbessern bzw. beheben.

[0039] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Antriebseinheit umfasst ein ausschließlich an dem Gehäuse der Motoreinrichtung oder an dem gemeinsamen Gehäuse der Antriebseinheit befestigtes Antriebsschutzschild, wobei das Antriebsschutzschild gleichzeitig eine bewegliche Verschlussklappe zur Abdeckung und/oder Halterung der integrativen Energiespeichereinrichtung bildet.

[0040] Dies ist vorteilhaft, insbesondere da sich hiermit die erheblichen Kräfte, die beispielsweise bei einem Aufsetzen des Fahrrads im Tretlagerbereich auf ein Hindernis auftreten können, direkt vom Antriebsschutzschild auf die Antriebseinheit, und von dieser ggf. in den Fahrradrahmen eingeleitet werden können.

[0041] Der Fahrradrahmen wird zudem weiter maßgeblich entlastet dadurch, dass der Fahrer beim Aufsetzen des Fahrrads im Tretlagerbereich auf ein Hindernis häufig in den Pedalen steht. Hierbei können die Stoßkräfte dank einer Befestigung des Antriebsschutzschields ausschließlich an der Antriebseinheit direkt in die Tretlagerwelle der Antriebseinheit und von dort in die dämpfenden und abfedernden Beine des Fahrers eingeleitet werden, ohne den Rahmen nennenswert zu belasten.

[0042] Beim Stand der Technik hingegen sind Antriebsschutzschilde üblicherweise nicht mit dem Antriebsgehäuse, sondern direkt mit dem Fahrradrahmen verbunden. Aus diesem Grund besteht beim Stand der Technik ein erhebliches Risiko, den Fahrradrahmen beispielsweise beim Aufsetzen auf Hindernisse zu beschädigen.

[0043] Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform umfasst die Antriebseinheit genau zwei Rahmenschnittstellenanordnungen. Diese definieren wiederum eine vordere und eine hintere Befestigungsachse.

[0044] Nachfolgend werden bevorzugte Positionen der Rahmenschnittstellenanordnungen, Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen bzw. Befestigungsachsen relativ zur Antriebseinheit bzw. relativ zur Rahmenschnittstellen-Einheit kurz beschrieben.

[0045] Bevorzugt liegen die Rahmenschnittstellen und damit die beiden Befestigungsachsen als

Schnittstellen zwischen Antriebseinheit und Hauptrahmen in einem vertikalen Bereich oberhalb einer gedachten Horizontalebene, welche die Drehachse der Tretlagerwelle enthält, sowie unterhalb einer Horizontalebene, welche den Angriffspunkt der Kettenzugkraft am Kettenrad enthält.

[0046] Zur Minimierung von durch die Kettenzugkraft erzeugten Drehmomenten und entsprechenden Belastungen bzw. Verformungen von Antriebseinheit oder Hauptrahmen ist dabei der vertikale Abstand zwischen der hinteren Befestigungsachse und dem Angriffspunkt der Kettenzugkraft möglichst klein, vorzugsweise kleiner als 30 mm, besonders bevorzugt kleiner als 21 mm.

[0047] Ebenfalls bevorzugt liegen die beiden Befestigungsachsen weiter vorn als eine gedachte Vertikalebene, welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält, bevorzugt mehr als 15 mm weiter vorn als die gedachte Vertikalebene.

[0048] Dabei liegen die beiden Befestigungsachsen vorzugsweise vor einer gedachten schrägen Ebene, welche die Drehachse der Tretlagerwelle enthält, wobei die schräge Ebene relativ zu einer Horizontalebene um einen Winkel β von 50° nach vorne gekippt ist, mit anderen Worten im Uhrzeigersinn gekippt, bezogen auf eine Ansicht von rechts auf ein Fahrrad.

[0049] Ebenfalls bevorzugt liegen, von rechts betrachtet, die beiden Befestigungsachsen innerhalb eines im rechts oben liegenden Tretlager-Quadranten lokalisierten Winkels α von 30° bis 80° , besonders bevorzugt innerhalb eines Winkels α von 50° bis 60° , wobei der Scheitel des Winkels mit der Drehachse der Tretlagerwelle zusammenfällt.

[0050] Eine solche Positionierung der beiden Befestigungsachsen wird erst durch das Zusammenwirken einer Mehrzahl von besonderen Merkmalen der Antriebseinheit nach der vorliegenden Offenbarung möglich, darunter insbesondere die Zuordnung nahezu aller Kräfte, Momente und Toleranzen zur hinteren Rahmenschnittstelle und die damit erreichten kurzen Toleranzketten und Kraftübertragungswege sowie hohen Steifigkeiten der Antriebseinheit, die wiederum den Verzicht auf die im Stand der Technik übliche dritte Befestigungsachse weit hinter und teilweise sogar unterhalb der Tretlagerwelle ermöglicht.

[0051] Mit einer derartigen Positionierung der beiden Befestigungsachsen als Schnittstellen zwischen Antriebseinheit und Hauptrahmen lassen sich gegenüber dem Stand der Technik zahlreiche Vorteile erzielen.

[0052] Zunächst steht hierdurch wesentlich mehr Bauraum für Baugruppen der Hinterbaufederung

wie Schwingenlager und Dämpferanlenkung zur Verfügung, da der Hauptrahmen nicht mehr, wie beim Stand der Technik verhältnismäßig weit bis hinter das Tretlager und dabei teilweise sogar bis unterhalb der Tretlagerhöhe reichen muss, um die elektrische Antriebseinheit dort abzustützen. Hierdurch verringern sich auch Komplexität, Gewicht und Kosten, und der Rahmenhersteller erhält wesentlich mehr Gestaltungsfreiheit in dem funktional sehr wichtigen Bereich direkt hinter dem Tretlager.

[0053] Weiterhin verbessern sich gegenüber dem Stand der Technik, bei dem der Rahmen die Antriebseinheit zumindest im Verbindungsbereich mit der Antriebseinheit oftmals zu einem großen Teil umschließt, besteht mit den vorstehend beschriebenen Bauweisen auch die Möglichkeiten zur Kühlung der elektrischen und elektronischen Komponenten der Antriebseinheit. Dies spielt eine zunehmende Rolle bei den aktuell immer weiter abnehmenden Baugrößen dieser Komponenten bei gleichzeitig tendenziell steigenden Motorleistungen.

[0054] Bezüglich der seitlichen Positionierung der Rahmenschnittstellen an der Antriebseinheit ist bevorzugt vorgesehen, dass vorzugsweise parallel zu einer Fahrrad-Längsebene verlaufende Schnittstellenebenen zwischen den hinteren Rahmenschnittstellen der Antriebseinheit und den zugehörigen rahmenseitig hinteren Antriebseinheits-Schnittstellen im Hinblick auf optimale Momenten- und Kraftübertragung von der Antriebseinheit auf den Hauptrahmen, und im Hinblick auf hohe Steifigkeit der Antriebseinheit, links und rechts jeweils outboardseitig außerhalb des Hauptrahmens positioniert sind, wodurch sich eine entsprechend vorteilhaft große Abstützbreite ergibt.

[0055] In diesem Zusammenhang kann als Quotient aus dieser Abstützbreite und einer Pedalkraft-Wirkungsbreite, welche dem horizontalen Abstand der effektiven Pedalkraft-Angriffspunkte auf die Verbindungsflächen zwischen Tretkurbel und Tretlagerwelle entspricht, ein Abstützungsfaktor gebildet werden. Der Abstützungsfaktor ist größer als 0,5, bevorzugt größer als 0,55 und besonders bevorzugt größer als 0,6.

[0056] Alternativ bzw. zusätzlich zu den bevorzugten Werten des Abstützungsfaktors wird die Abstützbreite so gewählt, dass ein als Quotient aus der Abstützbreite und einem Kettenzug-Horizontalabstand zwischen dem Angriffspunkt der Kettenzugkraft am Kettenrad und der rechtsseitigen Schnittstellenebene gebildeter Kettenzugfaktor größer ist als 5, bevorzugt größer als 5,5 und besonders bevorzugt größer als 6.

[0057] Auf diese Weise wird eine optimale Übertragung der auf die Antriebseinheit wirkenden Quer-

kräfte, insbesondere der Pedalkräfte, und ebenso der Kettenzugkräfte, auf kürzestem Weg in den Fahrradrahmen gewährleistet. Auch erhalten hierdurch die an dieser Kraftübertragung beteiligten Strukturen der Antriebseinheit und des Hauptrahmens bei geringem Gewicht eine besonders hohe Steifigkeit, was unerwünschten Verwindungen und damit verbundenen Kraftverlusten im Betrieb der Antriebseinheit entgegenwirkt.

[0058] Bei Antriebseinheiten aus dem Stand der Technik liegen Werte für den Abstützungsfaktor hingegen zumeist deutlich unter 0,4, und Werte für den Kettenzugfaktor zumeist deutlich unter 3.

[0059] Die Werte für den Abstützungsfaktor bzw. für den Kettenzugfaktor werden insbesondere dadurch möglich, dass die Antriebseinheit gemäß der vorliegenden Offenbarung den Fahrradrahmen im Tretlagerbereich, bzw. die dort angeordnete Rahmenschnittstellen-Einheit außen umgreift. Beim Stand der Technik ist es zumeist umgekehrt, mit anderen Worten, der (für sich genommen oftmals schon relativ schmale) Fahrradrahmen umgreift zumindest in den Bereichen der Rahmenschnittstellen bzw. Befestigungsachsen die Antriebseinheit, wodurch insbesondere die Abstützbreiten erheblich schmaler ausfallen als diese gemäß der vorliegenden Offenbarung erzielt werden können.

[0060] Damit ergeben sich beim Stand der Technik hohe Biegemomente durch die Wirkung der Pedalkräfte und der Kettenzugkräfte, die entweder zu entsprechend großen Verformungen der Antriebseinheit bzw. des Fahrradrahmens im Tretlagerbereich führen, oder mit großen Wandstärken in diesen Bereichen aufgefangen und kompensiert werden müssen, was zu entsprechend hohen Gewichten von Antriebseinheit und/oder Rahmen führt.

[0061] Weiterhin bevorzugt sind über die hintere Rahmenschnittstellenanordnung sämtliche Bewegungsfreiheitsgrade der Antriebseinheit gegenüber dem Fahrradrahmen bzw. gegenüber einer Rahmenschnittstellen-Einheit, außer einem Rotationsfreiheitsgrad um eine zur Drehachse der Tretlagerwelle parallele Rotationsachse, festgelegt bzw. festlegbar. Im Sinne der vorliegenden Offenbarung soll dies auch umfassen, dass über die hintere Rahmenschnittstellenanordnung sämtliche Kräfte und Drehmomente zwischen der Antriebseinheit und dem Fahrradrahmen bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit übertragbar sind, mit der Ausnahme von Drehmomenten, die um eine Drehachse bzw. Befestigungsachse der hinteren Rahmenschnittstellenanordnung wirken. Der verbleibende Rotationsfreiheitsgrad gegenüber dem Fahrradrahmen bzw. gegenüber der Rahmenschnittstellen-Einheit ist dabei mittels der vorderen

Rahmenschnittstellenanordnung festgelegt bzw. festlegbar.

[0062] Ebenfalls vorzugsweise umfasst die hintere Rahmenschnittstellenanordnung der Antriebseinheit einen Rahmen-Ausgleichsadapter zum Ausgleich von Breitentoleranzen des Fahrradrahmens bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit. Der Rahmen-Ausgleichsadapter umfasst zur radialen Fixierung der hinteren Rahmenschnittstellenanordnung relativ zum Fahrradrahmen bzw. relativ zur Rahmenschnittstellen-Einheit, sowie zum stufenlos spielfrei einstellbaren Axial-Toleranzausgleich zwischen hinterer Rahmenschnittstellenanordnung und Fahrradrahmen bzw. Rahmenschnittstellen-Einheit eine in eine Aufnahmebohrung des Antriebsgehäuses axial verstellbar einschraubbare Stufenhülse, oder eine in eine Aufnahmebohrung des Antriebsgehäuses axial verschiebbar aufnehmbare Radialklemmeinrichtung.

[0063] Dieser Toleranzausgleich ist von erheblicher Bedeutung, da die Antriebseinheit in der Praxis des Fahrradmarkts mit verschiedensten Fahrradrahmen bzw. mit ggf. unterschiedlichen Rahmenschnittstellen-Einheiten kombiniert werden kann, wobei die Fahrradrahmen, oder ggf. die Rahmenschnittstellen-Einheiten, von verschiedensten Herstellern stammen bzw. geliefert sein können.

[0064] Hierdurch ergeben sich erfahrungsgemäß, je nach Ursprung bzw. Hersteller des Fahrradrahmens oder der Rahmenschnittstellen-Einheit, unterschiedlichste Toleranzsituationen in Bezug auf die Abstützbreite. Derartige unterschiedliche Toleranzsituationen lassen sich mit dem Ausgleichsadapter einfach und stufenlos kompensieren.

[0065] Weiterhin bevorzugt umfasst die Antriebseinheit ein in einem Raumbereich zwischen Motoreinrichtung und Energiespeichereinrichtung angeordnetes, hermetisch geschlossenes Controllergehäuse zur Aufnahme einer Controllereinrichtung für die Steuerung von Motoreinrichtung und/oder Energiespeichereinrichtung.

[0066] Das Controllergehäuse kann eine für sich genommen im Stand der Technik bekannte Steckereinrichtung zur Verbindung von Controllereinrichtung und Energiespeichereinrichtung aufweisen.

[0067] Besonders bevorzugt umfasst das Controllergehäuse jedoch eine steckerlose Stromschnittstelle für die Verbindung von Controllereinrichtung und Energiespeichereinrichtung. Die steckerlose Stromschnittstelle weist Schnittstellenebenen auf, die parallel zu einer Entnahmerichtung der Energiespeichereinrichtung angeordnet sind. Auf diese Weise kann die Stromschnittstelle durch Entnahme der Batterie automatisch geöffnet und durch Einset-

zen und/oder Befestigen der Batterie automatisch verbunden werden.

[0068] Um genügenden Bauraum für möglichst große Energiespeicher bereitzustellen, wird für die Antriebseinheit vorzugsweise eine Motoreinrichtung mit kompakter Bauart eingesetzt. Besonders vorteilhaft sind diesbezüglich sog. konzentrische bzw. koaxiale Antriebseinheiten, bei denen die Motoreinrichtung und das zumeist benötigte Untersetzungsgetriebe, bzw. deren jeweilige Abtriebswellen, koaxial zur Tretlagerwelle bzw. konzentrisch zur Tretlagerwelle angeordnet sind.

[0069] Alternativ kann die Motoreinrichtung der Antriebseinheit auch eine Abtriebswelle aufweisen, welche achsparallel oder auch winklig bzw. rechtwinklig zur Tretlagerwelle ausgerichtet ist. Insbesondere Motoreinrichtungen mit achsparallel zur Tretlagerwelle ausgerichteten Abtriebswellen sind weit verbreitet und kostengünstig. In diesem Fall ist es vorteilhaft, die Motoreinrichtung so anzuordnen, dass der für die integrative Energiespeichereinheit oder für die integrative Energiespeicher-Baugruppe vorgesehene Bauraum nicht mit dem für die Motoreinrichtung vorgesehenen Bauraum der Antriebseinheit überlappt.

[0070] Hierzu wird die Motoreinrichtung vorzugsweise so angeordnet, dass sich der Bereich maximaler radialer Ausdehnung der Motoreinrichtung vertikal oberhalb der Tretlagerbaugruppe bzw. Tretlagerwelle, und damit außerhalb des gemäß der vorliegenden Offenbarung bevorzugten Bauraumbereichs für den integrativen Energiespeicher angeordnet ist. Bei derartiger im Wesentlichen vertikaler Ausrichtung der Motoreinrichtung erstreckt sich das Gehäuse der Motoreinrichtung in einen Bereich, in dem bei gefederten Fahrradrahmen üblicherweise ein Hauptdrehlager für die Hinterbaufederung angeordnet ist.

[0071] Mit diesem Hintergrund sieht eine weitere bevorzugte Ausführungsform vor, dass das Gehäuse der Motoreinrichtung oder das gemeinsame Gehäuse von Motoreinrichtung und integrativer Energiespeichereinrichtung gleichzeitig eine Schnittstelle bzw. Lageraufnahme für ein Hauptdrehlager bzw. für eine Schwinge der Hinterbaufederung eines gefederten Hinterbaurahmens aufweist bzw. bildet.

[0072] Hierdurch ergibt sich vorteilhaft eine weitere Funktionsintegration bei gleichzeitiger Gewichtsreduktion und Einsparung von Bauraum und Kosten. Zudem wird auf diese Weise die wünschenswert hohe Seitensteifigkeit der Hinterbaufederung verbessert.

[0073] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform enthält die Energiespeichereinrichtung und/oder die Zusatz-Energiespeichereinrichtung im Wesentlichen prismatisch geformte Energiespeicherzellen, wobei die Definition von „prismatisch“ insbesondere auch zylindrische Formen umfasst. Die Energiespeicherzellen sind dabei so angeordnet, dass die Längsachsen eines überwiegenden Teils der Energiespeicherzellen im Wesentlichen achsparallel zur Tretlagerwelle verlaufen, wobei die Längsachsen des übrigen Teils der Energiespeicherzellen im Wesentlichen parallel zu einer zur Tretlagerwelle senkrechten Richtung verlaufen.

[0074] Vorzugsweise beläuft sich dabei das Verhältnis der Zahl der im Wesentlichen achsparallel zur Tretlagerwelle angeordneten Energiespeicherzellen zu der Zahl der im Wesentlichen parallel zu einer zur Tretlagerwelle senkrechten Richtung angeordneten Energiespeicherzellen auf einen Wert zwischen 3 bis 5 zu 1.

[0075] Mit einer solchen überwiegend zur Tretlagerwelle parallelen Lage der Energiespeicherzellen wird eine Zellpackungskonfiguration erreicht, welche eine optimale Ausnutzung des im Tretlagerbereich verfügbaren Volumens erlaubt.

[0076] Alternativ können auch sämtliche Energiespeicherzellen der integrativen Energiespeichereinrichtung und/oder der Zusatz-Energiespeichereinrichtung im Wesentlichen parallel zu einer oder mehreren zur Tretlagerwelle senkrechten Richtungen angeordnet werden, wodurch sich zumeist eine entsprechend geringere Packungsdichte der Energiespeicherzellen ergibt.

[0077] Die Ausrichtung der Polarität der Energiespeicherzellen kann dabei nach Bedarf gewählt werden, indem die positiven bzw. negativen Polseiten der Energiespeicherzellen vorzugsweise abwechselnd nach links/rechts bzw. vorne/hinten bzw. oben/unten zeigen.

[0078] Die vorliegende Offenbarung betrifft ferner einen Fahrradrahmen bzw. eine Rahmenschnittstellen-Einheit. Der Fahrradrahmen bzw. die Rahmenschnittstellen-Einheit weist eine hintere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung sowie eine vordere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung zur Verbindung mit einer Antriebseinheit auf wie vorstehend beschrieben.

[0079] Der Fahrradrahmen bzw. die Rahmenschnittstellen-Einheit besitzt damit genau zwei Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen, welche eine vordere und eine hintere Befestigungsachse zur Befestigung der Antriebseinheit definieren. Über die hintere Rahmenschnittstellenanordnung lassen sich sämtliche Bewegungsfreiheitsgrade der Antriebsein-

heit gegenüber dem Fahrradrahmen bzw. gegenüber der Rahmenschnittstellen-Einheit festlegen, außer dem verbleibenden Freiheitsgrad der Rotation um die hintere Befestigungsachse. Die vordere Rahmenschnittstellenanordnung ist als Drehmomentstütze zur Festlegung des verbleibenden Rotationsfreiheitsgrads ausgebildet.

[0080] Dies bedeutet mit anderen Worten, dass die hintere Rahmenschnittstellenanordnung sämtliche Kräfte und Drehmomente von und zur Antriebseinheit überträgt, außer Drehmomenten um die hintere Befestigungsachse als Rotationsachse. Dies ermöglicht, anders als beim Stand der Technik, insbesondere eine eindeutige Festlegung aller Lastpfade, und eine eindeutige Zuordnung aller wesentlichen Toleranzen zur hinteren Rahmenschnittstelle, während die vordere Rahmenschnittstelle als Drehmomentausleger lediglich vergleichsweise geringe Kräfte übertragen muss und nur sehr geringen Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit und Toleranzen unterliegt.

[0081] Die genau zwei Befestigungsachsen des Fahrradrahmens bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit sind dabei vorzugsweise analog zur Anordnung der Befestigungsachsen bei der Antriebseinheit angeordnet wie obenstehend hinsichtlich der Antriebseinheit beschrieben. Ebenso vorzugsweise liegen Abstützungsfaktor und Kettenzugfaktor in gleichen Größen vor wie weiter oben bei der Antriebseinheit angegeben.

[0082] Vorzugsweise umfasst der Fahrradrahmen bzw. die Rahmenschnittstellen-Einheit Lageraufnahmen für eine Schwinge eines gefederten Hinterbau Rahmens. Insbesondere im Fall der Rahmenschnittstellen-Einheit ermöglicht dies eine besonders kompakte und gewichtsreduzierte Ausbildung eines gefederten Hinterbau Rahmens bei gleichzeitig reduziertem Kostenaufwand gegenüber dem Stand der Technik.

[0083] Die vorliegende Offenbarung betrifft ferner eine Energiespeichereinrichtung für eine Antriebseinheit wie vorstehend beschrieben. Die Energiespeichereinrichtung weist vorzugsweise diejenigen Merkmale auf, die bereits weiter oben bei der Beschreibung der Antriebseinheit genannt, und die in der nachfolgenden Figurenbeschreibung ausführlich dargestellt sind.

[0084] Nachstehend werden bevorzugte Ausführungsformen des Gegenstands der vorliegenden Offenbarung anhand der Figuren beispielhaft beschrieben.

[0085] Es zeigt:

Fig. 1: ein E-Mountainbike nach dem Stand der Technik in einer antriebsseitigen Seitenansicht;

Fig. 2: in einer **Fig. 1** entsprechenden Ansicht und in schematisierter Darstellung ein E-Mountainbike mit einer Ausführungsform ein Antriebseinheit nach der vorliegenden Offenbarung, bei der die integrative Energiespeichereinrichtung unmittelbar an der Motoreinrichtung montiert ist;

Fig. 3: das E-Mountainbike gemäß **Fig. 2** in Seitenansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 4: in einer **Fig. 2** entsprechenden Ansicht und Darstellung ein E-Mountainbike gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3** mit einer Zusatz-Energiespeichereinrichtung;

Fig. 5: das E-Mountainbike gemäß **Fig. 4** in Seitenansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 6: in einer **Fig. 2** entsprechenden Ansicht und Darstellung ein E-Mountainbike mit einer Ausführungsform der Antriebseinheit, bei der integrative Energiespeichereinrichtung und Motoreinrichtung in einem gemeinsamen Gehäuse vollintegriert sind;

Fig. 7: das E-Mountainbike gemäß **Fig. 6** in Seitenansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 8: in einer **Fig. 2** entsprechenden Ansicht und Darstellung ein E-Mountainbike mit einer Ausführungsform der Antriebseinheit ähnlich **Fig. 2**, bei der sich die integrative Energiespeichereinrichtung bzw. die Zusatz-Energiespeichereinrichtung in das Unterrohr erstreckt;

Fig. 9: das E-Mountainbike gemäß **Fig. 8** in Seitenansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 10: in einer **Fig. 2** entsprechenden Ansicht und Darstellung ein E-Mountainbike mit einer Ausführungsform der Antriebseinheit ähnlich **Fig. 2** und **Fig. 3**, bei der die Motoreinrichtung einschließlich Untersetzungsgetriebe koaxial zur Tretlagerwelle ausgebildet und angeordnet ist;

Fig. 11: das E-Mountainbike gemäß **Fig. 10** in Seitenansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 12: in einer **Fig. 2** entsprechenden Ansicht und Darstellung das E-Mountainbike gemäß **Fig. 10** und **Fig. 11** mit einer eingezeichneten Schwerpunktlage;

Fig. 13: das E-Mountainbike gemäß **Fig. 12** in Seitenansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 14: in einer **Fig. 2** entsprechenden Ansicht und Darstellung ein E-Mountainbike mit einer Ausführungsform der Antriebseinheit ähnlich **Fig. 4** und **Fig. 5** mit zusätzlich integrierter Schwingenlagerung für eine Hinterbaufederung;

Fig. 15: das E-Mountainbike gemäß **Fig. 14** in Seitenansicht von der Nicht-Antriebsseite; und

Fig. 16: die Antriebseinheit des E-Mountainbikes gemäß **Fig. 14** und **Fig. 15** in einer schematischen isometrischen Darstellung.

Fig. 17: einen schematischen Umriss eines E-Mountainbikes mit einem darin eingebauten ersten Ausführungsbeispiel einer Antriebseinheit mit integrativer bzw. integrierter Energiespeichereinrichtung;

Fig. 18: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** in einer Seitenansicht von der Antriebsseite;

Fig. 19: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** und **Fig. 18** in einer Seitenansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 20: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 19** in einer hinteren Schrägansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 21: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 20** in einer vorderen Schrägansicht von der Nicht-Antriebsseite;

Fig. 22: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 21** in einer Explosionsdarstellung;

Fig. 23: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 22** in einer Querschnittsdarstellung sowie den zugehörigen Schnittverlauf;

Fig. 24: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 23** in Querschnittsdarstellung gemäß **Fig. 23** mit zur Batterieentnahme geöffnetem Antriebsschutzschild sowie den zugehörigen Schnittverlauf;

Fig. 25: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 24** in einer Schrägansicht von der Nicht-Antriebsseite mit geöffnetem Antriebsschutzschild bei der Batterieentnahme, wobei der Öffnungswinkel des Antriebsschutzschields zur besseren Erkennbarkeit der Einzelteile gegenüber dem bei bevorzugten Ausführungsformen tatsächlich realisierten Öffnungswinkel darstellungshalber vergrößert ist;

Fig. 26: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 25** in einer Längsschnittdarstellung durch die Rahmenschnittstellen, sowie den zugehörigen Schnittverlauf;

Fig. 27: die Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 26** in einer Längsschnittdarstellung durch Tretlagerwelle und hintere Rahmenschnittstellenanordnung sowie den zugehörigen Schnittverlauf;

Fig. 28: das Motor-/Getriebegehäuse der Antriebseinheit gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 27** in einer Explosionsdarstellung;

Fig. 29A/B: Teile des Antriebsgehäuses sowie die Batterie der Antriebseinheit nach dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 26**;

Fig. 29C/D: ein zweites Ausführungsbeispiel für eine Antriebseinheit;

Fig. 30: die Antriebseinheit nach dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** und **Fig. 29D** mit geöffnetem Antriebsschutzschild und ausgeschwenkter Batterie;

Fig. 31: die Antriebseinheit nach dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 30** ohne Batterie und in einer teilweisen Explosionsdarstellung;

Fig. 32A-C: eine Stromschnittstelle zur Stromübertragung zwischen Batterie und Motorcontroller bei der Antriebseinheit nach dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 31**;

Fig. 33A-C: einen Rahmen-Ausgleichsadapter zum Ausgleich unterschiedlicher Toleranzen zwischen Antriebseinheit und Fahrradrahmen bzw. zwischen Antriebseinheit und Rahmenschnittstellen-Einheit bei der Antriebseinheit nach dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 32C**; und

Fig. 34: die Antriebseinheit nach dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 33C** einschließlich der Energiespeichereinrichtung.

[0086] **Fig. 1** zeigt ein Mountainbike mit elektrischem Zusatzantrieb gemäß dem Stand der Technik. Das Mountainbike besitzt einen Hauptrahmen 1 mit einem gefederten Hinterbau 2. Der Antriebsstrang 3 des Mountainbikes umfasst ein Kettenrad R_C , ein hinteres Schaltwerk 4, eine Mehrfach-Ritzelkassette 5 sowie eine Antriebskette 6. Weiterhin ist das Mountainbike mit einer den Fahrer unterstützenden elektrischen Antriebseinheit Du ausgestattet, welche eine elektrische Motoreinrichtung M_E aufweist, die als Mittelmotor ausgebildet ist, also im Bereich der Tretlagerbaugruppe A_B angeordnet ist. Der Antriebseinheit Du ist eine Energiespeichereinrichtung S_E sowie eine Zusatz-Energiespeichereinrichtung S_A zugeordnet. Zur Steuerung von Motor M_E und/oder Batterie S_E , S_A umfasst die Antriebseinheit Du einen Controller C_{MB} .

[0087] Die Energiespeichereinrichtung S_E ist im Inneren des Unterrohrs T_L des Hauptrahmens 1 angeordnet, und lässt sich auf das Unterrohr T_L bezogen im Wesentlichen radial in Entnahmerichtung D_R aus dem Unterrohr T_L entnehmen sowie in umgekehrter Richtung wieder einsetzen. Hierzu ist es erforderlich, dass das Unterrohr T_L einen nach vorne unten offenen, insbesondere U-förmigen Rohrquerschnitt aufweist, mit den in der Beschreibungseinleitung beschriebenen Nachteilen insbesondere hinsichtlich verringerter Steifigkeit bzw. Gewichtserhöhung.

[0088] Auch ist eine vergleichsweise aufwändige Abdichtung des Unterrohrs T_L gegenüber eindringendem Schmutz bzw. Wasser, sowie eine ebenfalls aufwändige elektrische Anbindung mit Verkabelung und lösbaren Steckvorrichtungen, sowie eine mechanische Verriegelungseinrichtung für die Energiespeichereinrichtung S_E erforderlich.

[0089] Die Zusatz-Energiespeichereinrichtung S_A ist auf das Fahrrad bezogen oben auf dem Unterrohr T_L angeordnet und besitzt eine ebenfalls im Wesentlichen radial zum Unterrohr T_L verlaufende Entnahmerichtung D_R . Auch für die Zusatz-Energiespeichereinrichtung S_A ist eine weitere Steckerverbindung mit entsprechender Verkabelung sowie eine mechanische Verriegelungseinrichtung zum Unterrohr T_L des Hauptrahmens 1 erforderlich.

[0090] Aufgrund der Positionierung der Motoreinrichtung M_E sowie der Energiespeichereinrichtungen S_E , S_A vor bzw. weit vor dem Tretlager A_B , welche die in **Fig. 1** eingezeichnete Schwerpunktlage C_{GEA} von Energiespeichereinrichtung $S_E + S_A$, bzw. die gemeinsame Schwerpunktlage C_{GCA} von Antriebseinheit Du und Energiespeichereinrichtung S_E , S_A mit sich bringt, wird deutlich, dass sich der Schwerpunkt des Fahrrads durch diese eine erhebliche Masse aufweisenden Baugruppen weit nach oben und nach vorne verlagert, mit den in der Beschreibungseinleitung ausgeführten Nachteilen insbesondere bezüglich Handling und Fahrsicherheit.

[0091] **Fig. 2** zeigt in schematisierter Darstellung die wesentlichen Baugruppen und Komponenten eines E-Mountainbikes, welches mit einer Ausführungsform der Antriebseinheit Du gemäß der vorliegenden Offenbarung ausgestattet ist.

[0092] Der Einfachheit und besseren Deutlichkeit halber sind in **Fig. 2** bis **Fig. 15** außer der schematisierten Darstellung der meisten Komponenten auch die meisten Teile des Antriebsstrangs 3 gemäß **Fig. 1** ebenso wie die vor einer Längsmittlebene des Fahrrads liegenden Teile der Radaufhängung nicht dargestellt. Weiterhin ist das Kettenrad Rc teilweise transparent gezeichnet, um die dahinter befindlichen Komponenten erkennen zu können.

[0093] Man erkennt, dass die Motoreinrichtung M_E bauraumsparend oberhalb der Tretlagerbaugruppe A_B bzw. Tretlagerwelle S_B angeordnet ist. Hierdurch wird vor und schräg oberhalb der Tretlagerbaugruppe A_B Bauraum frei, welcher hier für die integrative Energiespeichereinrichtung Si genutzt wird. Die integrative Energiespeichereinrichtung Si besitzt bei dieser Ausführungsform ein eigenes Gehäuse H_B . Das Gehäuse H_B der integrativen Energiespeichereinrichtung Si ist bei der dargestellten Ausführungsform mittels einer Hakeneinrichtung F_{B1} an dem die Motoreinrichtung M_E mit Motorcontroller C_M ,

Getriebe sowie Tretlagerbaugruppe A_B enthaltenden Gehäuse H_M eingehängt und zusätzlich mittels einer lösbaren Verbindung F_{B2} mit dem Motorgehäuse H_M verbunden, beispielsweise verschraubt. Das Motorgehäuse H_M , und damit auch das an dem Motorgehäuse H_M befestigte Akkugehäuse H_B ist vorliegend an zwei Rahmenschnittstellen bzw. Befestigungsachsen F_{M1} und F_{M2} mit dem Hauptrahmen 1 verbindbar bzw. verbunden. Bei dem Motorcontroller C_M kann es sich auch um einen kombinierten Controller C_{MB} für Motor und/oder Batterie handeln. Vorzugsweise besitzen jedoch Motor und Batterie getrennte Controller C_M und C_B , wobei der Batteriecontroller C_B insbesondere Steuerung und Kontrolle der Batterie-Ladevorgänge übernimmt.

[0094] Die integrative Energiespeichereinrichtung bzw. der integrierte Akku Si ist aus im Wesentlichen prismatischen, hier zylindrischen Energiespeicherzellen C aufgebaut, von denen zumindest ein Großteil C_c achsparallel zur Tretlagerwelle S_B angeordnet ist.

[0095] In **Fig. 3** wird erkennbar, dass bei dieser Ausführungsform ein kleinerer Teil C_L der Energiespeicherzellen C parallel zu einer senkrecht zur Tretlagerwelle S_B verlaufenden Richtung angeordnet ist. Zusammen mit der achsparallelen Anordnung des größeren Teils C_c der Energiespeicherzellen C gemäß **Fig. 2** ergibt sich so eine hohe Packungsdichte der Energiespeicherzellen C und gleichzeitig eine optimale Ausnutzung der gesamten im Tretlagerbereich zur Verfügung stehenden erheblichen Bauraumbreite.

[0096] Außer den oben mit Bezug auf **Fig. 2** beschriebenen Baugruppen ist in **Fig. 3** insbesondere die Anordnung des Batteriecontrollers C_B ersichtlich, welcher denjenigen Teil im Gehäuse H_B der integrativen Energiespeichereinrichtung Si einnimmt, welcher weder von den achsparallel angeordneten Batteriezellen C_c noch von den senkrecht hierzu bzw. longitudinal angeordneten Batteriezellen C_L eingenommen wird. Auf diese Weise wird der im Tretlagerbereich für die integrative Energiespeichereinrichtung Si zur Verfügung stehende Bauraum optimal ausgenutzt.

[0097] Weiterhin ist aus **Fig. 3** in Zusammenschau mit **Fig. 2** ersichtlich, dass bei dieser Ausführungsform die Schwenkachse der Schwinge As des gefederten Hinterbaus 2 mit der Drehachse der Abtriebswelle S_M des Motors M_E zusammenfällt. Dies kann dazu genutzt werden, die Schnittstelle zur Hinterbauschwinge As , bzw. die Schwenklagerung Ps der Hinterbauschwinge As zusammen mit rotierenden Bauteilen der Antriebseinheit, beispielsweise zusammen mit einem Rotor und/oder mit einer Abtriebswelle S_M oder einem Abtriebszahnrad der Motoreinrichtung M_E auf derselben Welle anzuordnen, wodurch sich

eine besonders kompakte und verwindungssteife Einheit aus der Antriebseinheit und der Schwenklagerung P_s der Hinterbauschwinge A_s ergibt.

[0098] Das in **Fig. 4** und **Fig. 5** dargestellte E-Mountainbike bzw. dessen Antriebseinheit D_U stimmt mit dem E-Mountainbike sowie dessen Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3** überein, mit dem Unterschied, dass das E-Mountainbike gemäß **Fig. 4** und **Fig. 5** neben der integrativen Energiespeichereinrichtung S_i auch eine Zusatz-Energiespeichereinrichtung S_A mit Energiespeicherzellen C_{LA} aufweist. Die Zusatz-Energiespeichereinrichtung S_A ist ähnlich wie beim Stand der Technik gemäß **Fig. 1** im Inneren des Unterrohrs T_L angeordnet.

[0099] Aufgrund der bei der Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 4** und **Fig. 5** vertikal oberhalb der Tretlagerbaugruppe A_B angeordneten Motoreinrichtung M_E ergibt sich jedoch die Möglichkeit, die Zusatzbatterie S_A in einer koaxial zum Unterrohr T_L verlaufenden Entnahmerichtung D_{RA} zu entnehmen bzw. wieder einzusetzen. Hierzu ist lediglich zuvor die integrative Energiespeichereinrichtung S_i oder die Antriebseinheit D_U zusammen mit der integrativen Energiespeichereinrichtung S_i aus dem Tretlagerbereich zu entnehmen bzw. zu entfernen.

[0100] Auf diese Weise kann der geschlossene Rohrquerschnitt des Unterrohrs T_L beibehalten werden, was der Steifigkeit und dem wünschenswert geringen Gewicht des Rahmens 1 zugutekommt.

[0101] Das E-Mountainbike bzw. die Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 6** und **Fig. 7** stimmt in wesentlichen Teilen mit dem E-Mountainbike bzw. der Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3** überein, mit dem Unterschied, dass bei der Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 6** und **Fig. 7** Motoreinrichtung M_E , Getriebe, integrative Energiespeichereinrichtung S_i sowie Motorcontroller C_M , Batteriecontroller C_B und Tretlagerbaugruppe A_B in einem einzigen gemeinsamen Gehäuse H_c angeordnet sind. Das gemeinsame Gehäuse H_c und damit die gesamte Antriebseinheit D_U ist, ähnlich wie bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3**, mittels zweier Befestigungsachsen F_{C1} und F_{C2} mit dem Hauptrahmen 1 verbindbar bzw. verbunden.

[0102] Bei den in der vorliegenden Offenbarung teilweise als „Befestigungsachsen“ bezeichneten Schnittstellen zwischen einer Antriebseinheit D_U und einem Fahrradhauptrahmen 1 muss es sich nicht zwangsläufig um achsenförmige Befestigungen bzw. Schnittstellen handeln. Vielmehr soll der Begriff „Befestigungsachsen“ in der vorliegenden Offenbarung generell voneinander entlang einer Längsachse und/oder entlang einer Hochachse des Fahrrads beabstandete Verbindungsstrukturen bzw. Befestigungsbereiche einer Antriebseinheit D_U , eines Fahr-

radrahmens oder einer Rahmenschnittstellen-Einheit lu implizieren. Dabei kann jede Befestigungsachse wiederum mehrere entlang einer Querachse des Fahrradrahmens beabstandete Verbindungsstrukturen umfassen. Diese Verbindungsstrukturen, beispielsweise Verschraubungen, müssen auch nicht zwangsläufig in Querrichtung des Fahrrads verlaufen bzw. angeordnet sein. Vielmehr können die Längsachsen derartiger Verschraubungen beispielsweise auch innerhalb von Längsebenen verlaufen, bezogen auf ein Fahrrad.

[0103] Durch die Anordnung sämtlicher Bauteile bzw. Baugruppen der elektrischen Antriebseinheit D_U in einem gemeinsamen Gehäuse H_c ergeben sich erhebliche Integrationsvorteile, darunter insbesondere Gewichts- und Kostenvorteile sowie Vorteile bezüglich Wartung und Lebensdauer.

[0104] Das E-Mountainbike bzw. die Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 8** und **Fig. 9** stimmt ebenfalls in wesentlichen Teilen mit dem E-Mountainbike bzw. der Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3** überein. Jedoch besitzt die Antriebseinheit D_U der Ausführungsform gemäß **Fig. 8** und **Fig. 9** eine Zusatz-Energiespeichereinrichtung S_A mit Energiespeicherzellen C_{CA} , wobei die Zusatz-Energiespeichereinrichtung S_A bei dieser Ausführungsform in Form einer Erweiterung der integrativen Energiespeichereinrichtung S_i vorliegt. Mit anderen Worten ist die Zusatz-Energiespeichereinrichtung S_A hier in die integrative Energiespeichereinrichtung S_i einteilig bzw. einstückig integriert und in einem gemeinsamen Gehäuse H_B angeordnet. Bei der vorliegenden Ausführungsform erstreckt sich die integrative Energiespeichereinrichtung S_i teilweise in das Unterrohr T_L des Hauptrahmens 1.

[0105] Die integrative Energiespeichereinrichtung S_i ist bei dieser Ausführungsform mittels zweier Befestigungspunkte bzw. Befestigungsachsen F_{B1} und F_{B2} mit dem Motorgehäuse H_M verbunden. Hierdurch erübrigt sich eine eigene Befestigungsschnittstelle zwischen der Energiespeichereinrichtung S_i und dem Rahmen 1, was wiederum eine Reduktion von Komplexität, Gewicht und Kosten mit sich bringt.

[0106] Alternativ zur Darstellung in **Fig. 8** und **Fig. 9** kann die Energiespeichereinrichtung S_i , ähnlich wie bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 6** und **Fig. 7**, auch zusammen mit den sonstigen Baugruppen der Antriebseinheit D_U , insbesondere zusammen mit Motoreinrichtung M_E , Getriebe, Motorcontroller C_M , Batteriecontroller C_B und Tretlagerbaugruppe A_B in einem einzigen gemeinsamen Gehäuse H_c angeordnet sein.

[0107] Das E-Mountainbike bzw. die Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 10** und **Fig. 11** stimmt wiederum in wesentlichen Aspekten mit dem E-Mountainbike

bzw. der Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3** überein. Jedoch ist die Motoreinrichtung M_E mit Untersetzungsgetriebe bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 10** und **Fig. 11** koaxial bzw. konzentrisch zur Tretlagerwelle S_B ausgeführt und angeordnet.

[0108] Die integrative Energiespeichereinrichtung S_i ist dabei, ähnlich wie bei den Ausführungsformen gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3** bzw. **Fig. 8** und **Fig. 9**, mittels zweier Befestigungspunkte bzw. Befestigungsachsen F_{B1} und F_{B2} mit dem Motorgehäuse H_M verbunden, und das Motorgehäuse H_M einschließlich der daran befestigten integrativen Energiespeichereinrichtung S_i ist mittels zweier weiterer Befestigungspunkte bzw. Befestigungsachsen F_{M1} und F_{M2} mit dem Hauptrahmen 1 verbindbar bzw. verbunden.

[0109] Der Einsatz einer koaxialen Motor-Getriebeeinrichtung M_E bei dieser Ausführungsform führt zu einer außerordentlich kompakten Antriebseinheit, so dass zusätzlich freiwerdender Bauraum für andere Komponenten, beispielsweise für die Schwenklagerung P_S bzw. Anbindung der Hinterbauschwinge A_S , oder auch zur weiteren Vergrößerungen der integrativen Energiespeichereinrichtung S_i genutzt werden kann. Es sind auch Ausführungsformen denkbar und vorgesehen, bei denen die Schwenklagerung P_S der Hinterbauschwinge A_S koaxial mit der Welle S_B der koaxialen Motor-Getriebeeinrichtung M_E angeordnet ist, bei denen die Hinterbauschwinge A_S also auf einer Abtriebswelle S_M der koaxialen Motor-Getriebeeinrichtung M_E bzw. auf der hierzu koaxialen Tretlagerwelle S_B gelagert ist.

[0110] **Fig. 12** und **Fig. 13** zeigen das E-Mountainbike bzw. die Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 10** und **Fig. 11** mit zusätzlich eingezeichneter Schwerpunktlage C_{GE} der integrativen Energiespeichereinrichtung S_i sowie mit eingezeichneter Schwerpunktlage C_{GC} der gesamten Antriebseinheit D_U , also der gemeinsamen Schwerpunktlage C_{GC} insbesondere einschließlich Motor-Getriebeeinrichtung M_E und integrativer Energiespeichereinrichtung S_i .

[0111] Im Vergleich mit dem Stand der Technik gemäß **Fig. 1** wird deutlich, dass die Massenschwerpunkte C_{GE} , C_{GC} mit der Antriebseinheit D_U gemäß der vorliegenden Offenbarung im Fahrrad entscheidend tiefer und erheblich weiter hinten liegen als die (in **Fig. 12**, **Fig. 13**, **Fig. 17**, **Fig. 18**, **Fig. 19** und **Fig. 23** nochmals strichliert eingezeichneten) Massenschwerpunkte C_{GEA} , C_{GCA} beim Stand der Technik.

[0112] Hierdurch werden die in der Beschreibungseinleitung ausgeführten Nachteile bekannter E-Mountainbikes insbesondere bezüglich Handling und Fahrsicherheit maßgeblich verbessert bzw. behoben.

[0113] In **Fig. 12** und **Fig. 13** sind weiterhin mit strichlierten Linien Umkreise R_1 , R_2 , R_3 und R_4 mit Radien von 175 mm, 150 mm, 125 mm und 100 mm eingezeichnet, die jeweils einen Tretlagerbereich definieren, innerhalb dessen sich die Schwerpunktlage C_{GE} der Energiespeichereinrichtung S_i sowie die Schwerpunktlage C_{GC} der Antriebseinheit D_U befindet, wenn die Antriebseinheit D_U in einer Lage betrachtet wird, die einer am Fahrrad montierten Lage der Antriebseinheit D_U entspricht.

[0114] Es wird erkennbar, dass sich die Schwerpunktlage C_{GC} der Antriebseinheit D_U bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 10** bis **Fig. 13** innerhalb des kleinsten Kreises R_4 , also mit einem geringeren Abstand als 100 mm von der Drehachse der Tretlagerwelle S_B befindet. Außerdem ist in **Fig. 12** die abwechselnde Ausrichtung der Polarität der Energiespeicherzellen C_{C1} bzw. C_{C2} fahrtrichtungsbezogen nach rechts bzw. nach links erkennbar.

[0115] **Fig. 14** bis **Fig. 16** zeigen ein E-Mountainbike bzw. eine Antriebseinheit D_U ähnlich **Fig. 4** und **Fig. 5**, also insbesondere mit einer Zusatzbatterie S_A sowie mit einer integrierten Batterie S_i , welche am Motorgehäuse H_M befestigt ist, wobei Motorgehäuse H_M samt daran befestigter integrierter Batterie wiederum an Rahmenschnittstellen bzw. Befestigungsachsen F_{M1} und F_{M2} mit dem Hauptrahmen 1 verbunden sind. Auch hier lässt sich nach Abnahme der integrierten Batterie S_i die Zusatzbatterie S_A in axialer Entnahmerichtung D_{RA} aus dem Unterrohr T_L entnehmen, was wieder einen geschlossenen Rohrquerschnitt des Unterrohrs T_L mit dessen weiter oben beschriebenen Vorteilen ermöglicht.

[0116] Weiterhin erkennt man, dass die Antriebseinheit D_U gemäß der Ausführungsform nach **Fig. 14** bis **Fig. 16** Lageraufnahmen M_P für die Schwenklagerung P_S der Hinterbauschwinge A_S aufweist. Hierdurch wird eine besonders kompakte und verwindungssteife Einheit aus Antriebseinheit und Schwenklagerung P_S erhalten. Auch lässt sich auf diese Weise der Abstand zwischen der Hinterradachse und der Tretlagerwelle S_B vorteilhaft möglichst kurz ausführen, was dem Handling und der Wendigkeit des Fahrrads ebenso wie der Steifigkeit des Hinterbaus 2 zugutekommt.

[0117] Durch Zusammenschau von **Fig. 14** und **Fig. 15** mit dem Stand der Technik gemäß **Fig. 1** wird insbesondere der hohe Grad an Funktions- und Bauteilintegration deutlich, der mit dem Gegenstand der vorliegenden Offenbarung erreichbar ist.

[0118] **Fig. 16** zeigt die Antriebseinheit D_U des E-Mountainbikes gemäß **Fig. 14** und **Fig. 15** in schematischer isometrischer Ausschnittsdarstellung. Man erkennt insbesondere das Motorgehäuse H_M mit dessen Rahmenschnittstellen bzw. Befestigungs-

achsen F_{M1} und F_{M2} zur Verbindung mit dem hier nicht dargestellten Hauptrahmen 1.

[0119] Die dargestellte Ausführungsform der Antriebseinheit D_U besitzt eine oberhalb der Tretlagerbaugruppe A_B angeordnete Motoreinrichtung M_E , welcher über eine Getriebeeinrichtung, beispielsweise über ein Stirnradgetriebe und/oder über einen Riementrieb, auf die Tretlagerwelle S_B wirkt. Insbesondere aufgrund dieser bauraumsparenden Anordnung und Funktionsintegration wird es möglich, den Energiespeicher S_i direkt im Tretlagerbereich sowie unmittelbar benachbart zum Motor M_E zu positionieren.

[0120] Die Darstellung in **Fig. 16** insbesondere der Zusatzbatterie S_A sowie eines Abschlussblechs P_E des Hauptrahmens 1, welches bei P_P von der Zusatzbatterie S_A beispielsweise durchdrungen wird, ist lediglich beispielhaft und schematisch zu verstehen, ebenso wie die hier longitudinale Ausrichtung der Zellen C_{LA} der Zusatzbatterie S_A . Diesbezüglich wird auf alternative Ausführungsformen der Zusatzbatterie S_A verwiesen, wie beispielsweise in **Fig. 8** und **Fig. 9** dargestellt, welche mit den sonstigen Merkmalen der Ausführungsform gemäß **Fig. 14** bis **Fig. 16**, insbesondere mit der integrierten Schwingenlagerung P_S , M_p kombiniert werden können.

[0121] Ähnliches gilt für die in **Fig. 10** bis **Fig. 13** dargestellte Ausführungsform mit koaxialem Motor M_E . Auch diese Ausführungsform lässt sich mit einer integrierten Schwingenlagerung P_S , M_p gemäß **Fig. 14** bis **Fig. 16** kombinieren.

[0122] **Fig. 17** zeigt ein in ein E-Mountainbike eingebautes, erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer Antriebseinheit D_U mit integrativer bzw. integrierter Energiespeichereinrichtung. **Fig. 18** bis **Fig. 27** zeigen verschiedene Ansichten und Schnittdarstellungen der Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 17**, und **Fig. 28** zeigt das Antriebsgehäuse H_c der Antriebseinheit D_U gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 27** in einer Explosionsdarstellung.

[0123] Bereits in **Fig. 17**, deutlicher in **Fig. 18**, **Fig. 19**, **Fig. 23**, **Fig. 24** und **Fig. 26**, wird erkennbar, dass mit der Antriebseinheit D_U eine erhebliche Reduktion der Komplexität und damit der Masse und der Kosten insbesondere des Fahrradrahmens erreicht wird dadurch, dass die beim Stand der Technik üblichen weiteren Aufhängungspunkte in einem hinteren Bereich der Antriebseinheit D_U , insbesondere hinter einer durch die Tretlagerwelle S_B verlaufenden, gedachten Vertikalebene P_{VB} , weggelassen bzw. vor diese Vertikalebene P_{VB} verlegt sind. Auf diese Weise ergibt sich eine erhebliche Reduktion des beim Stand der Technik vorhandenen Bauteilvolumens hinter der Vertikalebene P_{VB} , insbesondere

auch zwischen Tretlagerwelle S_B und Hinterradachse A_R , und damit eine höhere Gestaltungsfreiheit bezüglich der Geometrie insbesondere bei gefedernten Hinterbaurahmen 2.

[0124] Die Antriebseinheit D_U nach dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 27** besitzt bzw. vereint Eigenschaften zumindest mehrerer der vorstehend beschriebenen und in **Fig. 2** bis **Fig. 16** dargestellten Antriebseinheiten D_U , was im Einzelnen den **Fig. 17** bis **Fig. 28** sowie der nachfolgenden Beschreibung der in den **Fig. 17** bis **Fig. 28** mit entsprechenden Bezugszeichen versehenen Baugruppen bzw. Bauteile entnommen werden kann.

[0125] Zunächst erkennt man in **Fig. 17** einen Fahrrad-Hauptrahmen 1, ähnlich dem in **Fig. 1** bis **Fig. 15** dargestellten Rahmen 1. Weiterhin erkennt man eine Hinterbaufederung 2, eine hintere Rahmenschnittstellenanordnung I_R sowie eine vordere Rahmenschnittstellenanordnung I_F . Vorliegend werden die Rahmenschnittstellen I_R , I_F der Antriebseinheit D_U an entsprechenden Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} , I_{DF} einer Rahmenschnittstellen-Einheit I_U angeordnet, welche insbesondere aus **Fig. 22** ersichtlich ist.

[0126] Die hintere Rahmenschnittstellenanordnung I_R , und dementsprechend auch die hintere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U , liegt dabei bevorzugt auf einer geradlinigen Befestigungsachse F_{M1} (vgl. **Fig. 16**, **Fig. 20**, **Fig. 22** und **Fig. 26** bis **Fig. 28**). Wie insbesondere aus **Fig. 18** hervorgeht, ist im montierten Zustand von Antriebseinheit D_U und Rahmenschnittstellen-Einheit I_U der vertikale Abstand D_{pv} zwischen der Befestigungsachse F_{M1} und dem Angriffspunkt P_C der Kettenzugkraft F_{TC} gering, vorzugsweise kleiner als 30 mm, besonders bevorzugt kleiner als 21 mm.

[0127] In ähnlicher Weise ist auch der horizontale Abstand D_{M1} zwischen Befestigungsachse F_{M1} und Drehachse der Tretlagerwelle S_B (Angriffspunkt der Fahrer-Gewichtskraft und Fahrer-Antriebskraft, also der effektiven Pedalkraft F_{PE} , welche näherungsweise in der Tretlagerachsen-Vertikalebene P_{VB} gemäß **Fig. 18** verläuft) gering, vorzugsweise kleiner als 30 mm, besonders bevorzugt kleiner als 18 mm.

[0128] Auf diese Weise werden die Drehmomente, die durch diese beiden ggf. sehr hohen Kräfte erzeugt werden, und die von der Antriebseinheit auf den Rahmen übertragen werden müssen, minimiert. Insbesondere die Kettenzugkraft F_{TC} kann in dynamischen Belastungsfällen ohne weiteres Größenordnungen von 5000 N erreichen und überschreiten. Durch die mit dieser Bauweise erzielte Minimierung der durch Kettenzugkraft F_{TC} und Fahrer-Gewichtskraft/Antriebskraft F_{PE} erzeugten Drehmomente, und

aufgrund der großen effektiven Länge D_{M2} der Antriebsgehäuse-Ausleger C_D sind die zur Abstützung dieser Drehmomente erforderlichen Reaktionskräfte an der vorderen Rahmenschnittstellenanordnung I_F klein und können dort durch eine vorzugsweise rein reibschlüssige Verbindung zwischen Antriebseinheit D_U und Rahmenschnittstellen-Einheit I_U , welche zudem nur geringen Anforderungen bezüglich der Einhaltung von Maßtoleranzen unterliegt, leicht in den Rahmen eingeleitet werden.

[0129] Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass von den beiden Rahmenschnittstellenanordnungen I_F und I_R lediglich an die hintere Rahmenschnittstellenanordnung I_R hohe Anforderungen bezüglich Kraftübertragung, Steifigkeit und Einhaltung von Toleranzen gestellt werden, während die vordere Rahmenschnittstellenanordnung I_F kräftemäßig nur gering belastet wird, und nur geringen Toleranz- bzw. Genauigkeitsanforderungen unterliegt.

[0130] Diese spezifische Verteilung der Aufgaben auf die beiden Rahmenschnittstellenanordnungen I_F (Drehmomentabstützung) und I_R (auf kürzestem Weg Abstützung aller Kräfte sowie maßliche Referenzierung) bedeutet auch, dass die Verbindung zwischen Antriebseinheit D_U und hinterer Rahmenschnittstellenanordnung I_R besonders hohe Steifigkeit sowie einen direkten Kraftfluss bietet.

[0131] Weiterhin werden alle Bewegungsfreiheitsgrade der Antriebseinheit D_U (außer des Rotationsfreiheitsgrads F_R um die hintere Befestigungsachse F_{M1} , vgl. **Fig. 22**) gegenüber dem Hauptrahmen 1 nur mittels der hinteren Rahmenschnittstellenanordnung I_R festgelegt. Wie insbesondere aus **Fig. 22** hervorgeht, umfasst die hintere Rahmenschnittstellenanordnung I_R beim ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29A** eine Verschraubung C_R zur Verbindung der hinteren Rahmenschnittstellenanordnung I_R mit der Antriebseinheit D_U .

[0132] Die Verschraubung C_R (vgl. insbesondere **Fig. 22**, **Fig. 26**, **Fig. 27**) umfasst beim ersten Ausführungsbeispiel einen Rahmen-Ausgleichsadapter A_O in Form einer bzw. mit einer abgestuften Hülse S_G , die ein Außengewinde zur variablen spielfreien Einstellung der Klemmung in Axialrichtung zwischen Motorgehäuse H_M bzw. Antriebsgehäuse H_C und hinterer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U , ferner eine Schraubhülse B_S , eine Druckscheibe W_P , und einen Verbindungsbolzen B_C zum Einschrauben in die Schraubhülse B_S , wodurch die vorstehend beschriebene, in alle drei Raumrichtungen spielfrei lastübertragende Verbindung zwischen Motorgehäuse H_M bzw. Antriebsgehäuse H_C und hinterer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} hergestellt wird.

[0133] Die Verbindung zwischen Motorgehäuse H_M bzw. Antriebsgehäuse H_C und hinterer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U mittels des Rahmen-Ausgleichsadapters A_O ist dabei nicht nur in axialer Richtung spielfrei, bezogen auf die Längsachse des Ausgleichsadapters A_O . Durch eine entsprechende Wahl der Passungen zwischen dem Außendurchmesser des Rahmen-Ausgleichsadapters A_O und den diesen aufnehmenden Bohrungen O_{R1} , O_{R2} im Motorgehäuse H_M bzw. Antriebsgehäuse H_C und in der Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U lässt sich sicherstellen, dass die Verbindung zwischen Motorgehäuse H_M bzw. Antriebsgehäuse H_C und hinterer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} auch in radialer Richtung spielfrei ist, bezogen auf die Längsachse des Ausgleichsadapters A_O .

[0134] Dabei dient der Rahmen-Ausgleichsadapter A_O insbesondere der Aufgabe, etwaige am Fahrradrahmen 1 bzw. an der Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} vorhandene Toleranzen insbesondere in Bezug auf die Abstützbreite W_S (vgl. **Fig. 26** bis **Fig. 28** und **Fig. 33B**) auszugleichen.

[0135] Dieser Toleranzausgleich ist von erheblicher Bedeutung, da die Antriebseinheit D_U in der Praxis des Fahrradmarkts mit verschiedensten Fahrradrahmen bzw. mit ggf. unterschiedlichen Rahmenschnittstellen-Einheiten I_U kombiniert werden kann, wobei die Fahrradrahmen, oder ggf. die Rahmenschnittstellen-Einheiten I_U , von verschiedensten Herstellern stammen bzw. zugeliefert sein können.

[0136] Hierdurch ergeben sich erfahrungsgemäß, je nach Ursprung bzw. Hersteller des Fahrradrahmens oder der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U , unterschiedlichste Toleranzsituationen in Bezug auf die Abstützbreite W_S . Derartige unterschiedliche Toleranzsituationen lassen sich mit dem Ausgleichsadapter A_O einfach und stufenlos kompensieren.

[0137] Wie vorstehend schon ausgeführt, dient die vordere Rahmenschnittstellenanordnung I_F der Antriebseinheit D_U lediglich der Drehmomentabstützung über die Antriebsgehäuse-Ausleger C_D (und damit der Festlegung des sechsten Freiheitsgrads F_R von sechs Bewegungsfreiheitsgraden der Antriebseinheit D_U gegenüber dem Hauptrahmen 1). Aufgrund des großen horizontalen Abstands D_{M2} zwischen vorderer Rahmenschnittstellenanordnung I_F bzw. vorderer Befestigungsachse F_{M2} und der Drehachse der Tretlagerwelle S_B ergeben sich dabei lediglich geringe an der vorderen Rahmenschnittstellenanordnung I_F abzustützende Reaktionskräfte.

[0138] Beim Stand der Technik kommen üblicherweise drei Befestigungsachsen zur Verbindung von

Antriebseinheit und Fahrradrahmen zum Einsatz, bei denen jedoch, anders als bei der vorliegenden Offenbarung, unter den verschiedenen Befestigungsachsen keine spezifische Aufgabenteilung hinsichtlich Kraftübertragung, Momentenübertragung und Festlegung der Bewegungsfreiheitsgrade der Antriebseinheit relativ zum Fahrradrahmen getroffen wird. Insbesondere existiert kein eindeutiger Lastpfad für die Einleitung der Kräfte und Momente aus der Antriebseinheit in den Fahrradrahmen. Vielmehr ist beim Stand der Technik der tatsächliche Lastpfad sowie die Frage, welcher Aufhängungspunkt oder welche Befestigungsachse welchen Anteil der Kräfte und Momente überträgt, im Wesentlichen von zufälligen Toleranzverhältnissen und -verteilungen zwischen den mehreren gleichberechtigten Befestigungsachsen an der Antriebseinheit und am Fahrradrahmen abhängig.

[0139] Hierdurch ergeben sich beim Stand der Technik häufig erhebliche Schwierigkeiten hinsichtlich des Toleranzausgleichs bei der Montage der Antriebseinheit im Fahrradrahmen, sowie im Hinblick auf eine dauerhaft feste und spielfreie Verbindung zwischen Antriebseinheit und Fahrradrahmen.

[0140] Zudem befindet sich beim Stand der Technik eine der dort üblicherweise drei Befestigungsachsen zur Verbindung von Antriebseinheit und Fahrradrahmen in einem Bereich hinter oder sogar erheblich weit hinter der Vertikalebene P_{VB} , welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält, typischerweise mehr als ca. 40 mm hinter dieser Vertikalebene P_{VB} , und dabei häufig sogar unterhalb der Horizontalebene P_{HS} , welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält. Dies bedeutet, dass der Fahrradrahmen, bzw. eine Rahmenschnittstellen-Einheit des Fahrradrahmens, bis weit hinter das Tretlager und häufig sogar bis unterhalb der Tretlagerhöhe um das Tretlager herum gebaut werden muss, um dort die erforderliche Befestigungsachse bzw. Befestigungsaufnahme zur Verbindung mit der Antriebseinheit bereitzustellen.

[0141] Eine derartige, in der Branche auch als sog. „Rahmenlappen“ bekannte Verlängerung bzw. Ausstülpung des Rahmens hinter dem Tretlager, um dort die Antriebseinheit befestigen zu können, ist jedoch aufwändig zu fertigen, insbesondere wenn diese gleichzeitig den genannten hohen Anforderungen bezüglich der Einhaltung von Toleranzen und der Aufnahme von Kräften erfüllen soll. Zudem steht eine derartige Verlängerung bzw. Ausstülpung des Rahmens hinter dem Tretlager in Konflikt mit der üblicherweise in demselben Bauraumbereich angeordneten Aufnahme für die Hinterbauschwingen-Lageraufnahme M_p (vgl. **Fig. 1** und **Fig. 17** bis **Fig. 25**), was deren konstruktive Auslegung und Optimierung entscheidend erschweren kann.

[0142] Diese problematische Gemengelage wird mit der Antriebseinheit Du gemäß der vorliegenden Offenbarung nachhaltig behoben insbesondere dadurch, dass besonders bevorzugt genau zwei Rahmenschnittstellen I_R , I_F bzw. genau zwei Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} vorgesehen sind, von denen die hintere Rahmenschnittstellenanordnung I_R bzw. Befestigungsachse F_{M1} sehr nahe an den wesentlichen Kraftangriffslinien sowohl der Kettenzugkraft F_{TC} als auch der Fahrer-Gewichtskraft/Antriebskraft F_{PE} positioniert ist und alle Toleranzausgleichs- und Kraftübertragungsaufgaben ebenso wie die Festlegung aller Bewegungsfreiheitsgrade der Antriebseinheit Du übernimmt (außer einem Rotations-Freiheitsgrad F_R um eine zur Tretlagerwelle S_B parallele Rotationsachse, vgl. **Fig. 22**), wodurch die vordere Rahmenschnittstellenanordnungen I_F bzw. Befestigungsachse F_{M2} in Form eines Drehmomentauslegers lediglich noch zur Festlegung des verbleibenden, vorgenannten Rotationsfreiheitsgrads F_R der Antriebseinheit Du benötigt wird.

[0143] Die Antriebseinheit D_U besitzt dementsprechend besonders bevorzugt genau zwei Rahmenschnittstellen I_R , I_F , die zur Verbindung mit den jeweils zugehörigen Antriebseinheits-Schnittstellen I_{DR} , I_{DF} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U ausgebildet sind.

[0144] Vorzugsweise ist die vordere Rahmenschnittstellenanordnung I_F der Antriebseinheit D_U dabei in Funktionsvereinigung mit einer Schwenklagerung P_D für das Antriebsschutzschild S_D ausgebildet, was insbesondere aus **Fig. 22** bis **Fig. 26** und **Fig. 30** hervorgeht.

[0145] Dabei ist das Antriebsschutzschild S_D vorzugsweise am Motorgehäuse H_M und/oder an der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U schwenkbar gelagert. Diese Lagerung des Antriebsschutzschields S_D erfolgt bevorzugt auf der Achse F_{M2} koaxial mit der Verschraubung C_F der vorderen Rahmenschnittstellenanordnung I_F der Antriebseinheit D_U mit der Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U (vgl. **Fig. 21** bis **Fig. 26** sowie **Fig. 33B**), vorzugsweise mittels Lagerbuchsen B_B , beispielsweise mittels Kunststoff- oder Sinterlagerbuchsen. Alternativ kann das Antriebsschutzschild S_D auch bei L_D schwenkbar mit dem Antriebsgehäuse H_C verbunden sein. In diesem Fall befindet sich der Verschluss des Antriebsschutzschields S_D , welcher zur Entnahme der Batterie geöffnet werden kann, im Bereich der vorderen Befestigungsachse F_{M2} (vgl. **Fig. 22** bis **Fig. 25**).

[0146] Das Antriebsschutzschild S_D schützt die Antriebseinheit D_U und insbesondere deren entnehmbare Batterie S_i , und bildet bevorzugt gleichzeitig eine bewegbare Klappe zum Zweck der Batteriehalterung und Batterieentnahme. Die Aufnahme der

Batterie S_i erfolgt beim ersten Ausführungsbeispiel vorzugsweise durch Klemmung zwischen Antriebsschutzschild S_D und Motorgehäuse H_M .

[0147] Wie insbesondere aus **Fig. 29A** und **Fig. 34** hervorgeht, ist das Antriebsschutzschild S_D direkt am Motorgehäuse H_M bzw. am gemeinsamen Gehäuse H_C von Motor M_E und Batterie S_i befestigt.

[0148] Dies ist besonders vorteilhaft, da auf diese Weise die erheblichen Kräfte, die insbesondere beim Aufsetzen des Fahrrads im Tretlagerbereich beispielsweise auf Hindernisse auftreten, was beim sportlichen Einsatz durchaus häufig vorkommen kann, direkt vom Antriebsschutzschild S_D über die Befestigungsschnittstellen P_D , L_D des Antriebsschutzschields S_D am Antriebsgehäuse H_C in das Antriebsgehäuse H_C , und von diesem über die Rahmenschnittstellen I_R , I_F der Antriebseinheit D_U und über die Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} , I_{DF} in den Hauptrahmen 1 eingeleitet werden können. Da sowohl das Antriebsgehäuse H_C mit den Rahmenschnittstellen I_R , I_F als auch die Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} , I_{DF} für die Aufnahme hoher Kräfte ausgelegt sind, lassen sich solche beispielsweise beim Aufsetzen des Fahrrads auftretenden Kräfte problemlos aufnehmen und sicher in den Fahrradrahmen einleiten.

[0149] Der Fahrradrahmen wird zudem weiter maßgeblich entlastet dadurch, dass der Fahrer beim Aufsetzen des Fahrrads im Tretlagerbereich auf ein Hindernis häufig auf den Pedalen steht. Hierbei können die Stoßkräfte dank der Befestigung des Antriebsschutzschields S_D am Motorgehäuse H_M direkt über die Lagerung B_R , B_L der Tretlagerwelle S_B vom Motorgehäuse H_M in die Tretlagerwelle S_B und von dort in die dämpfenden und abfedernden Beine des Fahrers eingeleitet werden.

[0150] Beim Stand der Technik hingegen sind Antriebsschutzschilde üblicherweise nicht mit dem Antriebsgehäuse, sondern direkt mit dem Hauptrahmen 1 verbunden. Aus diesem Grund besteht beim Stand der Technik ein erhebliches Risiko, den Fahrradrahmen beispielsweise beim Aufsetzen auf Hindernisse zu beschädigen.

[0151] Um die Möglichkeit zur Aufnahme von Kraftstößen durch das Antriebsschutzschild S_D weiter zu verbessern, kann insbesondere die in Fahrtrichtung hintere Befestigung L_D des Antriebsschutzschields S_D , anders als in **Fig. 19**, **Fig. 22**, **Fig. 23**, **Fig. 25**, **Fig. 30** und **Fig. 34** gezeigt, auch weiter vorne angeordnet sein, so dass sich die freitragende Länge des Antriebsschutzschields S_D entsprechend verkürzt.

[0152] Zwischen dem Antriebsschutzschild S_D und der Batterie S_i befindet sich, zumindest über die freitragende Länge des Antriebsschutzschields S_D , vor-

zugsweise ein Luftspalt, damit die freitragende Länge des Antriebsschutzschields S_D bei auftretenden Kraftstößen nachgeben und die Kraftstöße entsprechend abfangen kann, ohne dass es zu einer Kollision des Antriebsschutzschields S_D mit der Batterie S_i und zu unzulässig hohen mechanischen Belastungen der Batterie S_i kommt.

[0153] Alternativ ist auch eine zumindest teilweise Ableitung von Kraftstößen über den freitragenden Bereich des Antriebsschutzschields S_D auf die Batterie S_i möglich. Hierzu wird das Batteriegehäuse H_B entsprechend robust ausgebildet, und vorzugsweise eine dämpfende und die Kraft verteilende Elastomierzwischenlage zumindest zwischen dem freitragenden Bereich des Antriebsschutzschields S_D und dem vorderen unteren Bereich der Batterie S_i vorgesehen.

[0154] Mit dem Antriebsschutzschild S_D gemäß der vorliegenden Offenbarung kann zudem auf die beim Stand der Technik (vgl. **Fig. 1**) üblicherweise erforderlichen weiteren mechanischen Schnittstellen zwischen Hauptrahmen 1 und Batterie S_i zum Zweck der Batteriebefestigung verzichtet werden, wodurch Aufwand, Kosten und mögliche Fehlerquellen weiter entscheidend verringert werden.

[0155] Das Antriebsschutzschild S_D ist bevorzugt mit Haltevorsprüngen R_1 versehen (vgl. **Fig. 22** bis **Fig. 25**), welche das Einsetzen und Herausnehmen der Batterie erleichtern, insbesondere ein unkontrolliertes Herausfallen der Batterie beim Öffnen des Antriebsschutzschields S_D vermeiden.

[0156] Wie aus **Fig. 29C** hervorgeht, kann das Antriebsschutzschild S_D einen bezogen auf die Rotationsachse F_{M2} des Antriebsschutzschields S_D exzentrisch geformten, vorzugsweise elastisch nachgiebig gestalteten Klemmvorsprung P_L oder eine entsprechend exzentrisch geformten Nocke aufweisen, der bzw. die beim Schließen des Antriebsschutzschields S_D (vgl. **Fig. 23/24** sowie **Fig. 25**, **Fig. 30** und **Fig. 33B**) die Batterie S_i gegen entsprechende Widerlager beispielsweise am Motorgehäuse H_M , T_H presst. Auf diese Weise wird die Batterie S_i fest und auch bei anspruchsvollen Einsatzzwecken des Fahrrads klapperrfrei in der Antriebseinheit D_U gehalten, ohne dass hierfür weitere Verriegelungen oder Befestigungsmittel erforderlich sind, die vom Benutzer eigens betätigt werden müssten.

[0157] Diese Befestigung und Verriegelung der Batterie S_i mittels einem elastischen nachgiebigen Klemmvorsprung P_L hat den weiteren Vorteil, dass im Betrieb auftretende Verwindungen des Fahrradrahmens und/oder der Antriebseinheit D_U im Bereich zwischen Tretlager und Unterrohr T_L keine nachteiligen Auswirkungen auf den festen Einschluss der Batterie S_i in der Antriebseinheit D_U haben, da der

elastisch nachgiebige Klemmvorsprung P_L derartige Verwindungen ohne weiteres ausgleicht.

[0158] Fig. 17 bis Fig. 19 und Fig. 23 zeigen auch bei diesem Ausführungsbeispiel die Schwerpunktlagen C_{GE1} (Batterieschwerpunkt der abgebildeten Batterie S_i) und C_{GC1} (Gesamtschwerpunkt der Antriebseinheit D_U einschließlich Batterie S_i) bzw. die Schwerpunktlagen C_{GE2} (Batterieschwerpunkt einer kleineren, hier nicht abgebildeten Batterie S_i ähnlich dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 12 und Fig. 13, bei dem sich die Batterie nicht in das Unterrohr erstreckt) und C_{GC2} (Gesamtschwerpunkt der Antriebseinheit einschließlich der kleineren Batterie). Insbesondere Fig. 19 und Fig. 23 zeigen, dass bei dieser Ausführungsform sämtliche Schwerpunkte C_{GE1} , C_{GE2} , C_{GC1} und C_{GC2} vorteilhaft innerhalb des kleinen Quadranten Q_{B3} mit dem Radius R_3 , und somit sowohl bezüglich ihrer Höhe als auch bezüglich ihrer horizontalen Lage in unmittelbarer Nähe der Tretlagerwelle S_B liegen.

[0159] In Fig. 17 sind zum Vergleich weiterhin nochmals die entsprechenden Schwerpunktlagen C_{GEA} (Batterieschwerpunkt beim Stand der Technik gemäß Fig. 1) und C_{GCA} eingezeichnet (Gesamtschwerpunkt von Motoreinrichtung M_E sowie Batterien S_i und S_A). In Fig. 18, Fig. 19 und Fig. 23 ist entsprechend zum Vergleich nochmals der Gesamtschwerpunkt C_{GCA} eingezeichnet. Dadurch wird erkennbar, besonders deutlich in Fig. 17, dass der Gesamtschwerpunkt C_{GC} der Antriebseinheit D_U gemäß der vorliegenden Offenbarung maßgeblich tiefer und weiter hinten und damit vorteilhaft weitaus zentraler im Fahrradrahmen liegt als beim Stand der Technik beispielsweise gemäß Fig. 1.

[0160] Dies bringt entscheidende Vorteile mit Bezug auf die in der Beschreibungseinleitung ausgeführte Schwerpunktsproblematik bei bekannten E-Mountainbikes mit sich, insbesondere deutliche Verbesserungen bezüglich Handling und Fahrsicherheit.

[0161] Weiterhin zeigt Fig. 17 einen vom Tretlager S_B aus gesehen rechts oben liegenden Quadranten Q_B , dort mit einer Seitenlänge R_1 , die dem Umkreisradius R_1 um das Tretlager S_B entspricht, und welcher die Schwerpunktlage C_{GE} der Batterie S_i sowie die gemeinsame Schwerpunktlage C_{GC} der Antriebseinheit D_U einschließlich der Batterie S_i enthält. Bereits hier wird erkennbar, wie viel weiter unten und weiter hinten im Fahrrad die Schwerpunkte C_{GE} und C_{GC} angeordnet sind, bezogen auf die entsprechenden Schwerpunktlagen C_{GEA} und C_{GCA} des Standes der Technik (vgl. Fig. 1). Insbesondere die Schwerpunktlagen C_{GE} und C_{GC} gehen nochmals besonders deutlich aus den vergrößerten Darstellungen gemäß Fig. 18, Fig. 19 und Fig. 23 hervor.

[0162] Fig. 18 und Fig. 19 zeigen zudem eine schräge Ebene l_P , welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält. Die schräge Ebene l_P ist relativ zu einer Horizontalebene um einen Winkel β von 50° nach vorne gekippt, und grenzt einen Bereich vor und oberhalb des Tretlagers S_B ab, innerhalb dem die beiden Befestigungsachsen F_{M1} und F_{M2} zwischen Antriebseinheit D_U und Fahrradrahmen bzw. zwischen Antriebseinheit D_U und Rahmenschnittstellen-Einheit l_u bevorzugt angeordnet sind. Ebenfalls vorzugsweise sind die beiden Befestigungsachsen F_{M1} und F_{M2} innerhalb eines Winkels α von 30° bis 80° , besonders bevorzugt innerhalb eines Winkels α von 50° bis 60° angeordnet, wobei der Scheitel des Winkels α mit der Drehachse der Tretlagerwelle S_B zusammenfällt, und wobei der Winkel α in dem Tretlager-Quadranten Q_{B1} lokalisiert ist.

[0163] Diese Anordnung der Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} mit ihren entscheidenden, bereits weiter oben beschriebenen Vorteilen wird durch das Zusammenwirken einer Mehrzahl besonderer Merkmale der Antriebseinheit nach der vorliegenden Offenbarung möglich, darunter die Zuordnung nahezu aller Kräfte, Momente und Toleranzen zur hinteren Rahmenschnittstelle, und die damit erreichten kurzen Kraftübertragungswege und hohen Steifigkeiten der Antriebseinheit. Dies bringt wiederum die Möglichkeit zum Verzicht auf die im Stand der Technik übliche dritte Befestigungsachse weit hinter und oft sogar unterhalb der Tretlagerwelle mit sich.

[0164] Fig. 23 und Fig. 24 zeigen insbesondere das (das hier geschnitten dargestellte) Batteriegehäuse HB mit darin enthaltenen Akkuzellen CC . Wie in Fig. 23 und Fig. 24 erkennbar, sind die Akkuzellen CC vorzugsweise in einer hexagonalen Packung mit minimalem gegenseitigen Abstand angeordnet. Da die hexagonale Packung der räumlichen Anordnung von zylindrischen Körpern mit der höchsten Packungsdichte entspricht, lässt sich hierdurch eine hohe Batteriekapazität in einem geringem Volumen erzielen.

[0165] Gleichzeitig ermöglicht es die hexagonale Packung zusammen mit der Anordnung der meisten oder aller Akkuzellen CC achsparallel zur Tretlagerwelle, der Batterie S_i eine optimal an die irregulär geformten räumlichen Randbedingungen zwischen Motorgehäuse H_M/TH , Controller C_{MB} , Unterrohr T_L bzw. Unterrohrmuffe L_L angepasste Form zu verleihen (vgl. Zusammenschau von Fig. 23 und Fig. 24).

[0166] Hierdurch lässt sich der Energieinhalt der Batterie S_i maximieren, es wird eine einfache Entnahme der Batterie S_i durch Ausschwenken aus der Antriebseinheit D_U sichergestellt (vgl. Fig. 24, Fig. 25 und Fig. 30), und ein fester und klapperfreier Einschluss der Batterie in der Antriebseinheit D_U wird gewährleistet, obwohl vorzugsweise keine weiteren

Verriegelungen oder Befestigungsmittel für die Batterie außer des Antriebsschutzschilds S_D vorhanden oder erforderlich sind, insbesondere keine Verriegelungen oder Befestigungsmittel seitens des Fahrradrahmens.

[0167] Weiter erkennt man in **Fig. 23** und **Fig. 24** ein zusätzliches Gehäuse zur Aufnahme eines Controllers C_{MB} für Motor und/oder Batterie S_i (vgl. auch **Fig. 25** und **Fig. 26**). Im Batteriegehäuse kann zusätzlich ein Batteriecontroller C_B enthalten sein (in **Fig. 23/24** nicht dargestellt, vgl. jedoch z.B. **Fig. 9**), der insbesondere für das Aufladen der Batterie S_i zuständig ist.

[0168] Gemäß **Fig. 23** und **Fig. 24** befindet sich zwischen Controller C_{MB} und Batterie S_i eine elektrische Schnittstelle I_E zur Energie- und vorzugsweise drahtlosen Informationsübertragung zwischen Controller C_{MB} und Batterie S_i . Die elektrische Schnittstelle I_E , die beispielsweise in Form einer Steckerverbindung ausgebildet sein kann, wird beim Öffnen des Antriebsschutzschilds S_D und damit verbundenem Schwenken der Batterie S_i gemäß **Fig. 24** automatisch getrennt in ihre beiden Schnittstellen-Teile I_{ED} (zugeordnet der Antriebseinheit) und I_{EB} (zugeordnet der Batterie). Ebenso werden die beiden Schnittstellen-Teile I_{ED} und I_{EB} nach dem Einsetzen der Batterie S_i und beim nachfolgenden Schließen des Antriebsschutzschilds S_D automatisch und kinematisch eindeutig bestimmt wieder zusammengeführt, wodurch Fehlbedienungen und eine damit verbundene fehlerhafte Kontaktierung oder Beschädigung der Schnittstellenkontakte ausgeschlossen sind. Aus einer Zusammenschau von **Fig. 23** und **Fig. 24** geht hervor, dass die Batterie S_i beim Öffnen des Antriebsschutzschilds S_D zusammen mit dieser um die vordere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_F rotiert bzw. geschwenkt wird. Die besondere Formgebung der Batterie S_i in deren oberem Bereich ermöglicht diese Schwenkbewegung, ohne dass die Batterie S_i dabei mit der Innenwandungen des Unterrohrs T_L bzw. der Unterrohrmuffe L_L kollidiert.

[0169] Das Antriebsschutzschild S_D weist einen Antriebsschutzschild-Verschluss L_D auf, der vorzugsweise als mit üblichem Innensechskantschlüssel leicht entfernbarer Bolzen zum einfachen Öffnen des Antriebsschutzschilds S_D ausgebildet ist (vgl. **Fig. 22**, **Fig. 25**, **Fig. 27**). Auf diese Weise bildet das Antriebsschutzschild S_D somit gleichzeitig wesentliche Teile des Batteriefachs zur Aufnahme und Halterung der Batterie S_i .

[0170] Im Unterschied zu den in **Fig. 23** bis **Fig. 25** und **Fig. 30** dargestellten Ausführungsbeispielen kann ein Antriebsschutzschild S_D auch mit der Batterie verbunden oder einstückig mit einem Teil des Batteriegehäuses ausgebildet sein, so dass die Batterie

selbst die Funktion des Antriebsschutzschilds S_D mit übernimmt.

[0171] Insbesondere in **Fig. 18** bis **Fig. 25** erkennbar ist weiterhin eine Hinterbauschwingen-Lageraufnahme M_P , die in Form einer in das Motorgehäuse H_M , in ein Motoreinrichtung M_E und Batterie S_i gemeinsames Antriebsgehäuse H_C , oder, gemäß der hier betrachteten Ausführungsform, in die Rahmenschnittstellen-Einheit I_U integrierte Lageraufnahme M_P zur schwenkbaren Lagerung der gefedernten Hinterbauschwingen 2 des Fahrradrahmens vorliegt.

[0172] Die Hinterbauschwingen-Lageraufnahme M_P kann auch ähnlich wie beim Stand der Technik gemäß **Fig. 1** am Fahrradrahmen angeordnet bzw. befestigt sein.

[0173] Die Lagerachse P_s der Hinterbauschwingen A_s (vgl. **Fig. 11** bis **Fig. 24**) verläuft idealerweise und daher bevorzugt durch den bzw. sehr nahe beim Haupt-Kraftangriffspunkt P_c der Kettenzugkraft F_{TC} am Kettenrad R_c (vgl. **Fig. 11** bis **Fig. 24**), um keine unerwünschten Einfederungsbewegungen der Hinterbauschwingen A_s in Abhängigkeit der Kettenzugkraft F_{TC} zu verursachen.

[0174] In **Fig. 17**, 25 bezeichnet S_R eine Aufnahme für eine Feder/Dämpfereinheit D_s (vgl. **Fig. 1** bis **Fig. 15** und **Fig. 17**) der gefedernten Hinterbauschwingen 2 des Fahrradrahmens.

[0175] In das Sattelrohr T_s (vgl. **Fig. 1** bis **Fig. 15** und **Fig. 17**) des Hauptrahmens 1 greift bei dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B** eine Sattelrohrmuffe L_s ein (vgl. **Fig. 17** bis **Fig. 25**), die vorzugsweise einstückig zusammen mit der Hinterbauschwingen-Lageraufnahme M_P , der Hinterbaudämpfer-Aufnahme S_R und einer Unterrohrmuffe L_L (vgl. **Fig. 17** bis **Fig. 25**), die in das Unterrohr T_L (vgl. **Fig. 1** bis **Fig. 15** und **Fig. 17**) des Hauptrahmens 1 greift, ausgebildet ist.

[0176] Besonders bevorzugt bilden Sattelrohrmuffe L_s , Unterrohrmuffe T_L , Hinterbauschwingen-Lageraufnahme M_P , Hinterbaudämpfer-Aufnahme S_R , zusammen mit den Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} und I_{DF} einstückig die Rahmenschnittstellen-Einheit I_U , welche somit insbesondere zur Verbindung der Antriebseinheit D_U mit dem Hauptrahmen 1 und ggf. mit der gefedernten Hinterbauschwingen 2 eingerichtet ist (vgl. **Fig. 16**, **Fig. 17** und **Fig. 22**).

[0177] Wie bereits weiter oben ausgeführt, dienen die Antriebsgehäuse-Ausleger C_D der Festlegung des sechsten (rotatorischen) Bewegungsfreiheitsgrads F_R (vgl. **Fig. 22**) der Antriebseinheit D_U gegenüber dem Fahrradrahmen 1 bzw. gegenüber der

Rahmenschnittstellen-Einheit I_U , indem die Antriebsgehäuse-Ausleger C_D mit der vorderen Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U verbunden werden.

[0178] Da die Verbindung der Antriebsgehäuse-Ausleger C_D mit der vorderen Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U , wie ebenfalls bereits weiter oben bei der Diskussion der Aufgabenverteilung der beiden Rahmenschnittstellenanordnungen I_F und I_R ausgeführt, nur vergleichsweise geringe Kräfte übertragen und keine hohen Genauigkeitsanforderungen bzw. Toleranzanforderungen erfüllen muss, genügt es und ist daher bevorzugt, dass die Verbindung zwischen Antriebsgehäuse-Ausleger C_D und vorderer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} durch Reibschluss erfolgt.

[0179] Hierzu dienen beim ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B** Reibscheiben W_F (vgl. **Fig. 22** und **Fig. 26**), welche zwischen Außenoberflächen O_S der vorderen Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} und entsprechenden Innenoberflächen I_S der Rahmenschnittstellen I_F an den Antriebsgehäuse-Auslegern C_D durch die Verschraubung C_F der vorderen Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} mit der Antriebseinheit D_U reibend geklemmt werden (vgl. **Fig. 22** und **Fig. 26**).

[0180] Wie bereits ausgeführt, dient die Verbindung zwischen Antriebsgehäuse-Ausleger C_D und vorderer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U lediglich der rotatorischen Fixierung der Antriebseinheit D_U und der Drehmomenteinleitung ausgehend von der Antriebseinheit D_U in die Rahmenschnittstellen-Einheit I_U bzw. in den Fahrradrahmen.

[0181] Die vorliegend bevorzugte Verbindung zwischen Antriebsgehäuse-Ausleger C_D und vorderer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} durch Reibschluss, beispielsweise mittels Verschraubung C_F und Reibscheiben W_F , ist diesbezüglich vorteilhaft insofern, als diese keine hohen Anforderungen an die Genauigkeit der rahmenseitigen vorderen Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} sowie der antriebsseitigen Rahmenschnittstellenanordnung I_F , hier also an die Genauigkeit der Bohrungen, Absätze und Gewinde der Verschraubung C_F in radialer Richtung, bezogen auf die vordere Befestigungsachse F_{M2} stellt.

[0182] Auch in axialer Richtung, bezogen auf die vordere Befestigungsachse F_{M2} stellt die lediglich als Drehmomentausleger zur Festlegung des Rotation-Freiheitsgrads F_R benötigte Verbindung zwischen den Antriebsgehäuse-Auslegern C_D und der vorderen Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung

I_{DF} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U lediglich sehr geringe Anforderungen.

[0183] Insbesondere können die Antriebsgehäuse-Ausleger C_D so ausgelegt werden, dass diese im kräftefreien, nicht montierten Zustand der Antriebseinheit D_U einen gegenüber den Schnittstellenflächen bzw. Schnittstellenebenen P_{iF} der vorderen Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} etwas zu großen Abstand aufweisen. Bei der Montage der Antriebseinheit D_U werden die Antriebsgehäuse-Ausleger C_D sodann durch die Kraft der Verschraubung C_F geringfügig nach innen elastisch verformt, wodurch etwaige Abstandstoleranzen der Schnittstellenebenen P_{iF} der vorderen Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} großzügig und leicht ausgeglichen werden können.

[0184] Hingegen erfolgt die maßliche Fixierung der Antriebseinheit D_U gegenüber der Rahmenschnittstellen-Einheit I_U bzw. gegenüber dem Hauptrahmen 1 in allen drei Raumrichtungen und die Übertragung der diesen Raumrichtungen entsprechenden Kräfte praktisch ausschließlich durch die in allen drei Raumrichtungen vorzugsweise formschlüssige Verbindung zwischen hinterer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} und Antriebseinheit D_U (vgl. **Fig. 22**, **Fig. 26** und **Fig. 27**).

[0185] An die Verbindung zwischen Antriebsgehäuse-Ausleger C_D und vorderer Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DF} dagegen werden nur geringe Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit und Toleranzen gestellt, was - neben den oben bei der Diskussion der Aufgabenverteilung der beiden Rahmenschnittstellenanordnungen I_F und I_R beschriebenen Vorteilen - auch den Herstellungsaufwand und die Herstellungskosten für die Rahmenschnittstellen-Einheit I_U verringert.

[0186] Aus **Fig. 22** geht insbesondere unter Zusammenschau mit **Fig. 28** hervor, dass das Motorgehäuse H_M , welches hier gleichzeitig das gemeinsame Gehäuse H_C für Motor M_E und Batterie S_i bildet, sich vorzugsweise aus lediglich drei Einzelteilen zusammensetzt, nämlich aus zwei Gehäusedeckeln C_{HL} , C_{HR} und einem bevorzugt im Wesentlichen oder gänzlich prismatischen Gehäuserohr T_H wobei die Gehäusedeckel C_H zusammen mit dem Gehäuserohr T_H mittels einer Mehrzahl von Motorgehäuse-Schrauben B_D zu dem Motorgehäuse H_M verbindbar sind.

[0187] Wie insbesondere **Fig. 28** zeigt, umfassen die Gehäusedeckel C_H vorzugsweise jeweils einstückig jeweils einen der Antriebsgehäuse-Ausleger C_D , und weisen Lageraufnahmen M_{BR} , M_{BL} auf, in welche linksseitig eine Lagerung B_L für die Tretlagerwelle S_B , und rechtsseitig eine Lagerung B_R für eine

Motor-Ausgangshohlwelle S_{HM} aufnehmbar ist (vgl. **Fig. 29C** und **Fig. 27**).

[0188] In der Schnittdarstellung von **Fig. 27** sind ferner Kurbeladapter Ac erkennbar, welche eine in **Fig. 30**, **Fig. 31** und **Fig. 34** sichtbare, auf der Tretlagerwelle angeordnete Wellenverzahnung S_T mit einer in der Pedalkurbel C_P angeordneten, wellenförmigen Kerbverzahnung Sw (vgl. die formkorrespondierende wellenförmige Kerbverzahnung Sw am Außendurchmesser des Kurbeladapters wie in **Fig. 22**, **Fig. 29C** und **Fig. 34** erkennbar) rotatorisch formschlüssig verbinden.

[0189] Der Kurbeladapter Ac ist vorteilhaft in zweierlei Hinsicht. Einerseits ermöglicht dieser ein einfacheres Montagekonzept für die Motoreinrichtung M_E , insbesondere ein Montagekonzept für ein (in den Figuren nicht dargestelltes) rechtsseitig angeordnetes Untersetzungsgetriebe der Motoreinrichtung M_E für eine linksseitig angeordneten (ebenfalls nicht dargestellten) Elektromotor. Bei der Montagekonzept kann insbesondere die Tretlagerwelle S_B ohne aufgesteckte Kurbeladapter Ac einfacher mit weiteren Komponenten der Motoreinrichtung M_E , insbesondere mit Komponenten des Untersetzungsgetriebes montiert werden, da die Tretlagerwelle S_B ohne aufgesteckte Kurbeladapter Ac einen kleineren Durchmesser aufweist.

[0190] Ein weiterer Vorteil der Kurbeladapter Ac liegt in der damit ermöglichten, rotatorisch in beide Drehrichtungen spielfrei formschlüssigen Verbindung zwischen den Pedalkurbeln C_P und der Tretlagerwelle S_B .

[0191] Bei anderen Anwendungen in der Getriebe-technik müssen Kerbverzahnungen Sw ein Nenn-drehmoment zumeist nur in einer Richtung spielfrei übertragen. Beim Fahrrad ist es hingegen erforderlich, hohe Drehmomente zwischen den Pedalkurbeln C_P und der Tretlagerwelle S_B spielfrei in beiden Drehrichtungen zu übertragen. Beispielsweise kann der Fahrer eines Fahrrads mit seinem gesamten Körpergewicht auf den Pedalen stehen, wodurch jeweils hohe Drehmomente mit gegenläufiger Drehrichtung von den Pedalkurbeln C_P auf die Tretlagerwelle S_B wirken. Würden die Drehmomente von den Kerbverzahnungen Sw von den Pedalkurbeln C_P auf die Tretlagerwelle S_B nicht spielfrei übertragen, so würde dies zu unerwünschten ruckartigen Drehbewegungen zwischen den Pedalkurbeln C_P und der Tretlagerwelle S_B und zu entsprechenden Knackgeräuschen führen. Zudem würde hierdurch die Verbindung zwischen den Pedalkurbeln C_P und der Tretlagerwelle S_B mit der Zeit beschädigt oder lose, was zudem zu Unfallgefahren führen würde.

[0192] Aus diesem Grund müssen am Fahrrad Kerbverzahnungen Sw zwischen Pedalkurbeln C_P

und Tretlagerwelle S_B zusätzlich zur drehmomentübertragenden Verzahnung konisch ausgebildet sein, um die Pedalkurbeln C_P axial auf die Tretlagerwelle S_B aufpressen zu können und hierdurch eine spielfreie Verbindung zwischen den Pedalkurbeln C_P und der Tretlagerwelle S_B zu erzeugen. Nur so lässt sich das vom Fahrer in beiden Richtungen aufgebraachte Drehmoment spielfrei in beiden Drehrichtungen übertragen.

[0193] Insbesondere wenn der Kurbeladapter Ac aus einem duktilen Material und/oder dünnwandig ausgebildet wird, führt das Aufpressen der Pedalkurbel C_P in Axialrichtung auf die Tretlagerwelle S_B zu einer radialen Komprimierung des Kurbeladapters Ac auf die Wellenverzahnung S_T (vgl. **Fig. 30**, **Fig. 31** und **Fig. 34**). Hierdurch wird auch zwischen der Wellenverzahnung S_T und dem Kurbeladapter Ac die gewünschte, in beiden Drehrichtungen spielfrei feste formschlüssige Verbindung erzeugt auch dann, wenn die Wellenverzahnung S_T nicht konisch, sondern prismatisch ausgebildet ist, wie in **Fig. 30**, **Fig. 31** und **Fig. 34** dargestellt. Die prismatische Ausbildung der Wellenverzahnung S_T spart zudem Kosten bei der Herstellung der Tretlagerwelle S_B gegenüber einer ohne den Kurbeladapter Ac sonst erforderlichen konischen Ausbildung der Wellenverzahnung S_T .

[0194] Die an der Antriebseinheit Du angeordneten Rahmenschnittstellen I_R , I_F als formkorrespondierende Gegenstücke zu den Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} , I_{DF} der Rahmenschnittstellen-Einheit Iu befinden sich vorzugsweise an den Gehäusedeckeln C_H der Antriebseinheit Du , wie insbesondere aus **Fig. 22**, **Fig. 28**, **Fig. 31** und **Fig. 34** hervorgeht. Dabei sind die Rahmenschnittstellen I_R , I_F vorzugsweise einstückig mit den Gehäusedeckeln C_H ausgebildet.

[0195] Auf diese Weise wird unter anderem eine wünschenswert maximal große Abstützbreite Ws der Verbindung zwischen den Rahmenschnittstellen I_R , I_F der Antriebseinheit Du und dem Hauptrahmen 1 bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit Iu erreicht (vgl. **Fig. 26** bis **Fig. 28**), was die Steifigkeit der Verbindung zwischen Fahrradrahmen und Antriebseinheit Du sowie den direkten Kraftfluss verbessert.

[0196] Anders als in **Fig. 26** und **Fig. 27** und ähnlich auch in **Fig. 32B** und **Fig. 33B** dargestellt, kann die Antriebseinheit Du bezüglich ihrer wesentlichen Abmessungen in Querrichtung (entlang der Achse der Tretlagerwelle S_B) auch asymmetrisch in Bezug auf eine Rahmenmittelebene P_{FC} ausgebildet sein (vgl. **Fig. 27**). Insbesondere können wesentliche Abmessungen in Querrichtung linksseitig größer sein als entsprechende rechtsseitige Abmessungen. Hierdurch wird es möglich, insbesondere die ggf. sehr hohen Kettenzugkräfte F_{TC} mit minimalem Ket-

tenzug-Horizontalabstand DPH zur rechtsseitigen Schnittstellenebene P_{iR} der zugehörigen hinteren Rahmenschnittstellenanordnung I_R zu führen. Hierdurch werden die durch die Kettenzugkräfte F_{TC} erzeugten Drehmomente und damit Verwindungen der Antriebseinheit Du , der Rahmenschnittstellen-Einheit Iu sowie des Hauptrahmens 1 minimiert.

[0197] Durch die vorzugsweise einstückige Anordnung der Rahmenschnittstellen I_R , I_F in den Gehäusedeckeln C_H werden Gewichts- bzw. Antriebskräfte F_{PE} auf die Tretlagerwelle S_B sowie Kettenzugkräfte F_{TC} direkt über die in den Gehäusedeckeln C_H angeordneten Lagerungen B_L , B_R in die Gehäusedeckel C_H , und von dort über die Rahmenschnittstellen I_R , I_F und die Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} , I_{DF} in die Rahmenschnittstellen-Einheit Iu und damit in den Fahrradrahmen geleitet.

[0198] Das zentrale Gehäuserohr T_H muss demzufolge kaum Last übertragen, und kann hinsichtlich anderer Aspekte, beispielsweise im Hinblick auf Materialauswahl und Fertigungsmöglichkeiten optimiert werden. Aufgrund der vorzugsweise vollständig prismatischen Gestalt des Gehäuserohrs T_H ergibt sich auch eine einfache und kostengünstige Fertigung, beispielsweise durch Drehen oder Strangpressen eines Aluminiumrohrs.

[0199] Auch lässt sich das Gehäuserohr T_H im Hinblick auf maximale Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht optimieren, indem bevorzugt eine Aluminiumlegierung wie beispielsweise AL6060 für das Gehäuserohr T_H gewählt wird, welche eine weitaus bessere Wärmeleitfähigkeit als das im Stand der Technik häufig verwendete Magnesium aufweist.

[0200] Alternativ können die Gehäusedeckel C_H auch am Fahrradrahmen 10 angeordnet, insbesondere einstückig mit dem Fahrradrahmen ausgebildet sein. Es ist ebenfalls eine Ausführungsform vorgesehen, bei der einer der Gehäusedeckel, bevorzugt der auf der Antriebsseite, also fahrerbezogen rechtsseitig angeordnete Gehäusedeckel CHR am Fahrradrahmen angeordnet und vorzugsweise einstückig mit dem Fahrradrahmen ausgebildet ist, während der andere, linksseitige Gehäusedeckel C_{HL} als separates, vom Gehäuserohr T_H trennbares Bauteil ausgebildet ist. Hierdurch wird eine einfache Zugangsmöglichkeit zu dem dergestalt zumindest teilweise einstückig mit dem Hauptrahmen 1 ausgebildeten Motorgehäuse H_M geschaffen, beispielsweise zu Wartungszwecken.

[0201] Die (in den Figuren des ersten Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B** nicht dargestellte, jedoch in **Fig. 29C** des zweiten Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34** erkennbare) Motor-Ausgangshohlwelle S_{HM} , welche in ähnlicher

Form auch beim ersten Ausführungsbeispiel vorhanden ist, weist eine Außenverzahnung T_E auf, die zum Eingriff in eine formkorrespondierende Innenverzahnung T_i eines Kettenrad-Spiders Sc (vgl. **Fig. 22**) eingerichtet ist. Über die durch Innenverzahnung T_i und Außenverzahnung T_E gebildete Drehmoment-Schnittstelle wird das aus dem Fahrer-Drehmoment und dem Motor-Drehmoment gebildete Summen-Drehmoment aus der Antriebseinheit Du in den Antriebsstrang 3 (vgl. **Fig. 1**) übertragen.

[0202] Die Innenverzahnung T_i kann (unter Wegfall des Kettenrad-Spiders Sc) auch unmittelbar in einem Kettenrad Rc angeordnet sein. Vorzugsweise ist jedoch ein Kettenrad-Spider Sc vorhanden, auf dem wahlweise Kettenräder Rc mit beispielsweise unterschiedlicher Zähnezahzahl oder unterschiedlicher Kettenlinie Lc montiert werden können (vgl. **Fig. 26** und **Fig. 22**).

[0203] Nachfolgend werden bevorzugte Positionen der Rahmenschnittstellen I_R , I_F bzw. Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} , I_{DF} relativ zur Antriebseinheit Du bzw. relativ zur Rahmenschnittstellen-Einheit Iu beschrieben (vgl. **Fig. 17** bis **Fig. 19** und **Fig. 22** bis **Fig. 26**).

[0204] Wie insbesondere aus **Fig. 18** hervorgeht, liegen bevorzugt alle Rahmenschnittstellenanordnungen I_R , I_F bzw. Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} , I_{DF} und damit die beiden Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} als Schnittstellen zwischen Antriebseinheit Du und Hauptrahmen 1 bzw. zwischen Antriebseinheit Du und Rahmenschnittstellen-Einheit Iu in einem vertikalen Bereich oberhalb einer gedachten Horizontalebene P_{HB} , welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält, sowie unterhalb einer Horizontalebene P_{HC} , welche den Angriffspunkt Pc der Kettenzugkraft F_{TC} enthält.

[0205] Zur Minimierung von durch die Kettenzugkraft F_{TC} erzeugten Drehmomenten und entsprechenden Belastungen bzw. Verformungen von Antriebseinheit Du , Rahmenschnittstellen-Einheit Iu bzw. Hauptrahmen 1 ist dabei der vertikale Abstand D_{pv} zwischen der hinteren Befestigungsachse F_{M1} und dem Angriffspunkt Pc der Kettenzugkraft F_{TC} möglichst klein, vorzugsweise kleiner als 30 mm, besonders bevorzugt kleiner als 21 mm.

[0206] Ebenfalls bevorzugt liegen die beiden Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} weiter vorn als eine gedachte Vertikalebene P_{VB} , welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält, bevorzugt mehr als 15 mm weiter vorn als die gedachte Vertikalebene P_{VB} .

[0207] Vorzugsweise liegen die beiden Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} vor einer gedachten schrägen Ebene I_P , welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält, wobei die schräge Ebene I_P relativ

zu einer Horizontalebene um einen Winkel β von 50° nach vorne gekippt ist, mit anderen Worten im Uhrzeigersinn gekippt, bezogen auf eine Ansicht von rechts wie beispielsweise gemäß **Fig. 17** und **Fig. 18**.

[0208] In einer besonders bevorzugten Kombination der drei vorstehend genannten Ausführungen liegen die beiden Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} in einem vertikalen Bereich zwischen den beiden Horizontalebene P_{HB} und P_{HC} , vor der Vertikalebene P_{VB} , sowie vor der schrägen Ebene I_P .

[0209] Ebenfalls vorzugsweise liegen die beiden Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} innerhalb eines im rechts oben liegenden Tretlager-Quadranten Q_{B1} lokalisierten Winkels α von 30° bis 80° , besonders bevorzugt innerhalb eines Winkels α von 50° bis 60° , wobei der Scheitel des Winkels mit der Drehachse der Tretlagerwelle S_B zusammenfällt (vgl. **Fig. 18** und **Fig. 19**).

[0210] Besonders bevorzugt ist weiterhin eine Kombination der vorstehend genannten Ausführungsformen, bei der die beiden Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} in einem vertikalen Bereich zwischen den beiden Horizontalebene P_{HB} und P_{HC} sowie vor der Vertikalebene P_{VB} , weiterhin vor der schrägen Ebene I_P , sowie innerhalb eines Winkels α von 30° bis 80° , besonders bevorzugt innerhalb eines Winkels α von 50° bis 60° liegen.

[0211] Mit einer solchen Anordnung der beiden Befestigungsachsen F_{M1} , F_{M2} als Schnittstellen zwischen Antriebseinheit Du und Hauptrahmen 1 bzw. zwischen Antriebseinheit Du und Rahmenschnittstellen-Einheit Iu lassen sich gegenüber dem Stand der Technik zahlreiche Vorteile erzielen.

[0212] Zunächst steht durch derartige Bauweisen wesentlich mehr Bauraum für Baugruppen der Hinterbaufederung wie Schwingenlager und Dämpferanlenkung zur Verfügung, da der Hauptrahmen 1 nicht mehr wie beim Stand der Technik verhältnismäßig weit bis hinter das Tretlager und dabei teilweise sogar bis unterhalb der Tretlagerhöhe reichen muss. Hierdurch verringern sich auch Komplexität, Gewicht und Kosten, und der Rahmenhersteller erhält wesentlich mehr Gestaltungsfreiheit in dem funktional sehr wichtigen Bereich direkt hinter dem Tretlager.

[0213] Weiterhin verbessern sich gegenüber dem Stand der Technik, bei dem der Rahmen die Antriebseinheit oftmals zu einem großen Teil umschließt, zumindest jedoch im Bereich der Befestigungsachsen, mit den vorstehend beschriebenen Bauweisen auch die Möglichkeiten zur Kühlung der elektrischen und elektronischen Komponenten der Antriebseinheit. Dies spielt eine zunehmende Rolle

bei den aktuell immer weiter abnehmenden Baugrößen dieser Komponenten bei gleichzeitig tendenziell steigenden Motorleistungen.

[0214] Bezüglich der seitlichen Positionierung der Rahmenschnittstellen ist bevorzugt vorgesehen, dass die Schnittstellenebenen P_{IR} zwischen den hinteren Rahmenschnittstellenanordnungen I_R der Antriebseinheit Du und den zugehörigen, hinteren Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen I_{DR} des Rahmens bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit Iu im Hinblick auf optimale Momenten- und Kraftübertragung von der Antriebseinheit Du auf den Hauptrahmen 1, und im Hinblick auf hohe Steifigkeit der Antriebseinheit Du, links und rechts jeweils outboard-seitig des Hauptrahmens 1 positioniert sind, wodurch sich eine entsprechend vorteilhaft große Abstützbreite W_s ergibt (vgl. **Fig. 22**, **Fig. 26** und **Fig. 27**).

[0215] In diesem Zusammenhang kann als Quotient aus der Abstützbreite W_s und einer Pedalkraft-Wirkungsbreite W_{PE} , welche dem horizontalen Abstand der effektiven Pedalkraft-Angriffspunkte auf die Verbindungsflächen zwischen Tretkurbel und Tretlagerwelle entspricht (vgl. **Fig. 26** und **Fig. 27**), ein Abstützungsfaktor F_s gebildet werden (siehe **Fig. 26**). Der Abstützungsfaktor F_s ist größer als 0,5, bevorzugt größer als 0,55 und besonders bevorzugt größer als 0,6.

[0216] Alternativ bzw. zusätzlich zu den bevorzugten Werten des Abstützungsfaktors F_s wird die Abstützbreite W_s so gewählt, dass ein als Quotient aus der Abstützbreite W_s und einem Kettenzug-Horizontalabstand DPH zwischen dem Angriffspunkt der Kettenzugkraft F_{TC} und der rechtsseitigen Schnittstellenebene P_{IR} gebildeter Kettenzugfaktor F_{PC} größer ist als 5, bevorzugt größer als 5,5 und besonders bevorzugt größer als 6.

[0217] Auf diese Weise wird eine optimale Übertragung der auf die Antriebseinheit Du wirkenden Querkräfte, insbesondere der Pedalkräfte F_{PE} , und ebenso der Kettenzugkräfte F_{TC} , auf kürzestem Weg in den Fahrradrahmen gewährleistet. Auch erhalten hierdurch die an dieser Kraftübertragung beteiligten Strukturen der Antriebseinheit Du und des Hauptrahmens 1 bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit Iu bei geringem Gewicht eine besonders hohe Steifigkeit, was unerwünschten Verwindungen und damit verbundenen Kraftverlusten im Betrieb der Antriebseinheit Du entgegenwirkt.

[0218] Bei Antriebseinheiten aus dem Stand der Technik liegen Werte für den Abstützungsfaktor F_s hingegen zumeist deutlich unter 0,4, und Werte für den Kettenzugfaktor F_{PC} zumeist deutlich unter 3.

[0219] Damit ergeben sich beim Stand der Technik hohe Biegemomente durch die Wirkung der Pedal-

kräfte F_{PE} und der Kettenzugkräfte F_{TC} , die entweder zu entsprechend großen Verformungen der Antriebseinheit bzw. des Fahrradrahmens im Tretlagerbereich führen, oder mit großen Wandstärken in diesen Bereichen aufgefangen und kompensiert werden müssen, was zu entsprechend hohen Gewichten von Antriebseinheit und Rahmen führt.

[0220] Wird die Antriebseinheit Du bezüglich ihrer wesentlichen Abmessungen in Querrichtung (entlang der Achse der Tretlagerwelle S_B) asymmetrisch in Bezug auf eine Rahmenmittelebene P_{FC} ausgebildet, wie weiter oben mit Bezug auf **Fig. 27** beschrieben, so kann alternativ oder zusätzlich zu einem als Quotient aus Abstützbreite W_s und Kettenzug-Horizontalabstand DPH gebildeten Kettenzugfaktor F_{PC} ein Kettenzugfaktor F'_{PC} als Quotient aus einem rechtsseitigen Abstützabstand $W's$ (siehe **Fig. 27**) und dem Kettenzug-Horizontalabstand DPH gebildet werden. Dieser Kettenzugfaktor F'_{PC} ist gemäß der vorliegenden Offenbarung größer als 2,5, bevorzugt größer als 2,75 und besonders bevorzugt größer als 3.

[0221] In **Fig. 29C** bis **Fig. 34** ist ein gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B** geändertes und konstruktiv verfeinertes zweites Ausführungsbeispiel dargestellt. Einige wesentliche Unterschiede zwischen dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B** und dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34** gehen dabei aus einer Zusammenschau von **Fig. 29A** bis **Fig. 29D** hervor.

[0222] Man erkennt dort zunächst insbesondere, dass der Motor- und/oder Batteriecontroller C_{MB} , welcher bei dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B** im Wesentlichen nur schematisch gezeigt ist, bei dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34**, dort konkretisiert als Motorcontroller C_M , mit höherem Detaillierungsgrad dargestellt ist.

[0223] So stellt der Motorcontroller C_M des zweiten Ausführungsbeispiels u.a. eine Anzahl von Zusatzanschlüssen C_A bereit, an denen sich weitere Stromverbraucher anschließen lassen wie beispielsweise Fahrradbeleuchtung, ein elektrisches Schaltwerk 4 gemäß **Fig. 1**, eine elektrisch gesteuerte höhenverstellbare Sattelstütze 8 gemäß **Fig. 1**, oder im Markt z.B. unter dem Begriff „Flight Attendant“ bekannte elektrisch bzw. elektronisch gesteuerte Feder/Dämpferelemente für eine vordere Federgabel und/oder für eine Hinterbaufederung 2, D_s (vgl. **Fig. 1**).

[0224] Über einen oder mehrere der Zusatzanschlüsse C_A lässt sich beispielsweise auch die Stromversorgung für eine Mensch-Maschinen-Schnittstelle bzw. Betätigungsschnittstelle H_{Mi} reali-

sieren, welche zur Steuerung der diversen elektrischen bzw. elektronischen Systeme des Fahrrads eingerichtet ist. An der Betätigungsschnittstelle H_{Mi} oder an anderer Stelle am Fahrrad, beispielsweise im Bereich eines Oberrohrs Tu des Fahrradrahmens, können auch Ladebuchsen zum Betreiben oder Aufladen von Zusatzgeräten wie beispielsweise von Smartphones angeordnet sein, deren Stromversorgung ebenfalls über einen der Zusatzanschlüsse C_A realisiert werden kann.

[0225] Vorzugsweise dienen die Zusatzanschlüsse C_A lediglich der Stromversorgung von Zusatzgeräten wie beispielsweise die vorstehend erwähnten, während ein Datenaustausch zwischen dem Motorcontroller C_M und den Zusatzgeräten, bzw. ein Datenaustausch zwischen verschiedenen Zusatzgeräten, insbesondere zum Zweck der Steuerung von Zusatzgeräten bzw. des Motorcontrollers C_M , mittels eines drahtlosen Kommunikationsprotokolls erfolgt, beispielsweise über Bluetooth.

[0226] In **Fig. 29D** (sowie in **Fig. 30**) ist erkennbar, dass das Batteriegehäuse H_B bei diesem Ausführungsbeispiel ein Gehäuse-Mittelteil P_M sowie zwei Gehäuse-Deckelplatten C_H umfasst. Das Gehäuse-Mittelteil P_M , welches zur Aufnahme und Fixierung der Batteriezellen Cc vorzugsweise ähnlich wie in den Schnittdarstellungen von **Fig. 23** und **Fig. 24** ausgebildet ist, ist beidseitig mit Gehäuse-Deckelplatten C_H verschlossen, welche mit dem Gehäuse-Mittelteil P_M vorzugsweise verschraubt sind, um Reparaturen bzw. den Austausch von verbrauchten oder defekten Batteriezellen zu erleichtern. Die Schrauben zur Verbindung der Gehäuse-Deckelplatten C_H mit dem Gehäuse-Mittelteil P_M sind in **Fig. 29C** und **Fig. 30** nicht dargestellt.

[0227] Als weiteren wesentlichen Unterschied zwischen dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B** und dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34** erkennt man in **Fig. 29C** und **Fig. 29D** eine im Wesentlichen achsenförmig ausgebildete bzw. angeordnete Stromschnittstelle I_c , welche eine controllerseitige Stromschnittstellen-Baugruppe I_{cc} und eine batterieseitige Stromschnittstellen-Baugruppe I_{CB} umfasst.

[0228] Die Stromschnittstelle I_c kann einerseits zur zusätzlichen mechanischen Fixierung der Batterie Si in deren betriebsbereit eingeschwenkten Position ähnlich **Fig. 23** eingerichtet sein. Insbesondere dient die Stromschnittstelle I_c jedoch der stromübertragenden Kontaktierung und Verbindung zwischen der Batterie Si und dem Motorcontroller C_M , welcher die aus der Batterie Si als Fahrstrom entnommene Antriebsenergie wiederum an den Motor M_E weitergibt.

[0229] Beim Stand der Technik, für den **Fig. 1** ein Beispiel angibt, wird die Batterie Si üblicherweise mittels einer Steckerverbindung mit dem Motorcontroller C_M oder mit einem kombinierten Controller C_{MB} für Motor und/oder Batterie verbunden. Derartige aus dem Stand der Technik bekannte Steckerverbindungen sind üblicherweise vielpolig ausgeführt und zur Übertragung sowohl von Fahrströmen in Richtung Controller und Motor, als auch von Ladeströmen in Richtung Batterie, und ebenso zur Übertragung von Steuersignalen zwischen Controller und Batterie bzw. zwischen einem etwa vorhandenen separaten Ladegerät, Ladeanschluss oder Ladecontroller und Batterie ausgebildet.

[0230] Solche bekannte Steckerverbindungen sind elektrisch sowie mechanisch aufwändig und verursachen daher einerseits verhältnismäßig hohe Kosten in Produktion und Montage. Andererseits sind derartige Steckerverbindungen häufig Ursache von Störungen oder Ausfällen beispielsweise durch Verschmutzung oder durch unsachgemäße Behandlung bei der Entnahme oder beim Wiedereinsetzen der Batterie Si.

[0231] Wie vorstehend bzw. weiter oben in der Beschreibung zu **Fig. 23** und **Fig. 24** ausgeführt, erfolgt die Übertragung von Steuersignalen zwischen Controller C_{MB} und Batterie Si bei der elektrischen Fahrrad-Antriebseinheit D_U gemäß der vorliegenden Offenbarung bevorzugt mittels eines drahtlosen Übertragungsprotokolls. Auf diese Weise entfällt bereits die Notwendigkeit, eine diverse Steuerleitungen umfassende, vielpolige Steckerverbindung zwischen Controller C_{MB} und Batterie Si vorzusehen.

[0232] Mit diesem Hintergrund ist die Stromschnittstelle I_C vorzugsweise zweipolig ausgebildet und umfasst besonders bevorzugt keine Steckerverbindung.

[0233] Die Funktionsweise einer solchen besonders bevorzugten Ausführungsform der Stromschnittstelle I_C ist einer Zusammenschau von **Fig. 30** und **Fig. 31** zu entnehmen. Man erkennt, dass die sich hier wieder aus controllerseitiger Stromschnittstellen-Baugruppe I_{CC} und batterieseitiger Stromschnittstellen-Baugruppe I_{CB} zusammensetzende Stromschnittstelle I_C einen Schraubenbolzen B_T umfasst, welcher - zusätzlich zum Einschluss der Batterie Si zwischen des Antriebsschutzschields S_D und dem Gehäuse H_C - sowohl zur mechanischen Befestigung der Batterie Si an den Antriebsgehäuse-Auslegern C_D eingerichtet ist, als auch zur Herstellung einer elektrischen Kontaktverbindung zwischen der Batterie Si und dem Controller C_{MB} .

[0234] Zur Herstellung dieser elektrischen Kontaktverbindung sind an der Batterie Si sowohl linksseitig (gemäß **Fig. 30**) als auch rechtsseitig (in **Fig. 30** ver-

deckt, sichtbar jedoch in **Fig. 32C**) metallische Kontaktscheiben W_{CB} angeordnet, wobei jede der beiden metallischen Kontaktscheiben W_{CB} mit einer der beiden Spannungs-Pole der Batterie verbunden ist. Die Kontaktoberflächen sowohl der Kontaktscheiben W_{CB} als auch der Kontaktscheiben W_{CC} verlaufen in Schnittstellenebenen P_i , welche parallel zur Entnahmerichtung der Batterie Si angeordnet sind, vgl. **Fig. 32C**.

[0235] Korrespondierende metallische Kontaktscheiben W_{CC} sind rechtsseitig (gemäß **Fig. 30**) sowie linksseitig (in **Fig. 30** verdeckt, sichtbar jedoch in **Fig. 32C**) an Innenseiten von Vorsprüngen C_E des Controllers C_{MB} angeordnet, wobei jeder der beiden metallischen Kontaktscheiben W_{CC} mit entsprechenden Spannungs-Polen des Controllers verbunden ist.

[0236] Beim Einsetzen der Batterie Si entgegen der Entnahmerichtung D_R in **Fig. 30** und beim anschließenden Einschwenken der Batterie Si, in der Darstellung von **Fig. 30** entgegen dem Uhrzeigersinn, geraten die metallischen Kontaktscheiben W_{CB} der Batterie Si mit den korrespondierenden metallischen Kontaktscheiben W_{CC} des Controllers C_{MB} in gegenseitige Überdeckung, was besonders deutlich **Fig. 32C** entnommen werden kann.

[0237] Wird sodann der Schraubenbolzen B_T durch die zugehörigen Klemmöffnungen O_C sowie bei B_p gemäß **Fig. 30** und **Fig. 32C** durch die Batterie hindurchgeführt und festgezogen, so legen sich aufgrund geringfügiger elastischer Verformung der Antriebsgehäuse-Ausleger C_D durch die Schraubenkraft des Schraubenbolzens B_T die metallischen Kontaktscheiben W_{CC} des Controllers C_{MB} auf die metallischen Kontaktscheiben W_{CB} der Batterie Si, und werden aufgrund der Schraubenkraft des Schraubenbolzens B_T fest auf einander gepresst.

[0238] Der Aufbau der Stromschnittstelle I_C ist im Einzelnen besonders deutlich nochmals **Fig. 31** zu entnehmen. Man erkennt wieder den Schraubenbolzen B_T sowie metallische Kontaktscheiben W_{CB} , W_{CC} von Batterie Si und Controller C_{MB} , welche beim Einschwenken der Batterie Si und beim anschließenden Festziehen des Schraubenbolzens B_T miteinander zur Deckung gebracht und aufeinander gepresst werden, wie vorstehend beschrieben.

[0239] Die der Batterie Si zugeordneten Kontaktscheiben W_{CB} sind bei der dargestellten Ausführungsform der Stromschnittstelle I_C durch äußere Stirnflächen metallischer Kontakthülsen C_S gebildet, während die dem Controller C_{MB} zugeordneten Kontaktscheiben W_{CC} jeweils eine angeformte Kontaktfahne F_{CC} aufweisen. Somit bilden die Kontaktscheiben W_{CC} zusammen mit den Kontaktfahnen F_{CC} eine zweipolige elektrische Stromverbindung von den

scheibenförmigen Elementen W_{CC} in das Gehäuse des Controllers C_{MB} hinein.

[0240] Die der Batterie Si zugeordneten Kontaktscheiben W_{CB} sind bei der dargestellten Ausführungsform der Stromschnittstelle Ic durch Stirnseiten von metallisch leitfähigen Kontakthülsen Cs gebildet, welche, ebenfalls durch die Anpresskraft des Schraubenbolzens B_T , auf Kontaktfahnen F_{CB} gepresst werden. Dabei bilden die Kontaktfahnen F_{CB} eine zweipolige elektrische Stromverbindung von den leitfähigen Kontakthülsen Cs in das Gehäuse der Batterie Si hinein, vgl. auch **Fig. 32C**.

[0241] **Fig. 32C** zeigt einen Längsschnitt durch die Stromschnittstelle Ic gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 31**, wobei sich der Schnittverlauf des in **Fig. 32C** dargestellten Längsschnitts aus den **Fig. 32A** und **Fig. 32B** ableiten lässt.

[0242] Man erkennt zunächst die nur ausschnittsweise bzw. teilweise weggeschnitten dargestellten Baugruppen des Antriebsgehäuses Hc mit dessen Antriebsgehäuse-Auslegern C_D , sowie die ebenfalls nur teilweise und geschnitten dargestellten Baugruppen Controller C_{MB} und Batterie Si mit Batteriegehäuse H_B .

[0243] Die Stromschnittstelle Ic umfasst Schraubenbolzen B_T , batterieseitige Kontaktfahnen F_{CB} , Kontakthülsen Cs und Kontaktscheiben W_{CB} sowie controllerseitige Kontaktscheiben W_{CC} und Kontaktfahnen F_{CC} . In der Darstellung von **Fig. 32C** ist der Schraubenbolzen B_T noch nicht festgezogen, so dass die Antriebsgehäuse-Ausleger C_D zusammen mit den daran innenseitig anliegenden Vorsprüngen C_E des Controllers C_{MB} noch nicht durch die Schraubenkraft des Schraubenbolzens B_T nach innen gebogen sind, siehe den Luftspalt bei Pi zwischen den Außenflächen des Batteriegehäuses H_B bzw. den damit bündigen stirnseitigen Kontaktflächen der Kontaktscheiben W_{CB} der Kontakthülsen Cs und den Innenflächen der Vorsprünge C_E des Controllers C_{MB} und den damit bündigen, controllerseitigen Kontaktscheiben W_{CC} und Kontaktfahnen F_{CC} .

[0244] Beim Festziehen des Schraubenbolzens B_T werden die Antriebsgehäuse-Ausleger C_D zusammen mit den daran innenseitig anliegenden Vorsprüngen C_E des Controllers C_{MB} die Schraubenkraft des Schraubenbolzens B_T geringfügig nach innen gebogen, wodurch die batterieseitigen Kontaktscheiben W_{CB} und die controllerseitigen Kontaktscheiben W_{CC} fest aufeinander gepresst werden.

[0245] Gleichzeitig werden hierdurch auch die batterieseitigen Kontakthülsen Cs und die ebenfalls batterieseitigen Kontaktfahnen aufeinander gepresst, wobei die ringförmigen Bereiche der Kontaktfahnen

F_{CB} (vgl. **Fig. 31**) auf Bohrungsabsätzen O_B der vorliegend zylindrischen Durchdringungsausnehmung BP des Batteriegehäuses Si, in welcher der Schraubenbolzen B_T das Batteriegehäuse quer durchdringt (vgl. **Fig. 30**), zur Anlage kommen.

[0246] Auf diese Weise wird über den Kontaktweg $F_{CB} \rightarrow C_S \rightarrow W_{CB} \rightarrow W_{CC} \rightarrow F_{CC}$ eine zuverlässige, zweipolige elektrische Verbindung mit hoher Strombelastbarkeit zwischen Batterie Si und Controller C_{MB} hergestellt, ohne dass hierfür technisch aufwändige, teure und zudem anfällige Steckerverbindungen gemäß dem Stand der Technik notwendig wären. Dabei sind beispielsweise die linksseitigen Kontaktelemente F_{CB} , C_S , W_{CB} , W_{CC} und F_{CC} dem Pluspol der Stromversorgung durch die Batterie Si zugeordnet, und die rechtsseitigen Kontaktelemente F_{CB} , C_S , W_{CB} , W_{CC} und F_{CC} dem Minuspol. Eine umgekehrte Zuordnung von Pluspol und Minuspol ist ebenfalls ohne weiteres möglich.

[0247] Um die den beiden elektrischen Polen zugeordneten linksseitigen und rechtsseitigen Kontaktelemente F_{CB} , C_S , W_{CB} , W_{CC} und F_{CC} elektrisch voneinander zu isolieren, ist der Ausführungsform der Stromschnittstelle Ic gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 32C** eine zum Schraubenbolzen B_T koaxial in der Durchdringungsausnehmung BP des Batteriegehäuses H_B angeordnete Isolationshülse I_T aus nichtleitendem Material auf dem Schraubenbolzen B_T angeordnet, wie aus einer Zusammenschau von **Fig. 32C** mit **Fig. 31** hervorgeht.

[0248] Die Isolationshülse I_T dient dabei der elektrischen Isolierung der linksseitigen Kontaktelemente, also der elektrisch leitenden Kontakthülsen Cs mit den daran (hier einstückig) angeordneten Kontaktscheiben W_{CB} , als auch der Kontaktfahnen F_{CB} gegenüber dem Schraubenbolzen B_T , von den korrespondierenden rechtsseitigen Kontaktelementen C_S , W_{CB} und F_{CB} .

[0249] Vorzugsweise ist an dem Gehäuse Ec des Controllers C_{MB} auch ein Ladeport (in den Figuren nicht dargestellt) zur Verbindung eines bezüglich der Antriebseinheit Du externen oder internen Ladegeräts mit dem Stromnetz angeordnet. Eine weitere Funktion des Gehäuses Ec des Controllers C_{MB} kann darin bestehen, elektrische bzw. elektronische Baugruppen der Antriebseinheit D_U , die im Bereich unterschiedlicher Seiten der Antriebseinheit Du angeordnet sind, miteinander zu verbinden, ohne dass hierzu Stromleitungen insbesondere innerhalb der bzw. quer durch die Motoreinrichtung M_E erforderlich sind.

[0250] Beispielsweise kann eine Drehmoment-Sensoreinrichtung der Antriebseinheit Du in einem rechtsseitigen Bereich der Antriebseinheit Du in der Nähe der Drehmomentverbindung zum Kettenrad Rc angeordnet sein, während zumindest Teile des

Motorcontrollers C_{MB} , insbesondere Teile der Leistungselektronik, in einem linksseitigen Bereich der Antriebseinheit in der Nähe des Elektromotors angeordnet sein können. In solchen Fällen bietet das Gehäuse E_C des Controllers C_{MB} die Möglichkeit, beispielsweise die Drehmoment-Sensoreinrichtung mit der Leistungselektronik oder mit deren Ansteuerungs-Schaltung durch das Gehäuse E_C hindurch zu verbinden, ohne dass Leitungen weder durch die Motoreinrichtung noch, weitgehend ungeschützt, außerhalb der Motoreinrichtung verlegt werden müssen. Insbesondere letzteres ist im Stand der Technik üblich.

[0251] Es ist auch möglich und vorgesehen, lediglich bestimmte Teile der Leistungselektronik zum Betrieb des Elektromotors, insbesondere die relativ voluminösen Kondensatoren einer elektronischen Motorkommutierung im Gehäuse E_C des Controllers C_{MB} anzuordnen, während andere Teile der Leistungselektronik, insbesondere die Leistungstransistoren, im Motorgehäuse H_M angeordnet sind, beispielsweise auf einer Innenseite insbesondere des linksseitigen Gehäusedeckels C_{HL} . Letzteres ermöglicht eine optimale Kühlung der Leistungstransistoren insbesondere dann, wenn der entsprechende Gehäusedeckel C_{HL} außenseitig mit Kühlrippen versehen ist (vgl. **Fig. 30**, **Fig. 31** und **Fig. 34**).

[0252] **Fig. 33C** zeigt einen Längsschnitt durch eine linke hintere Rahmenschnittstellenanordnung I_R und durch die zugehörige linke hintere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_u mit einem dort angeordneten Rahmen-Ausgleichsadapter A_o zur variablen spielfreien Einstellung der Klemmung in Axialrichtung zwischen Motorgehäuse H_M bzw. Rahmenschnittstellenanordnung I_R und Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} . Dabei lässt sich der Schnittverlauf des in **Fig. 33C** dargestellten Längsschnitts aus den **Fig. 33A** und **Fig. 33B** ableiten.

[0253] Beim ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B** war der Rahmen-Ausgleichsadapter A_o als in Axialrichtung mittels Gewinde verstellbare Anschlagshülse ausgebildet, vgl. **Fig. 22**, **Fig. 26** und **Fig. 27** und die zugehörige Beschreibung weiter oben. Durch unterschiedlich tiefes Einschrauben des Ausgleichsadapters A_o lassen sich dort Breiten- bzw. Abstandstoleranzen bezüglich der Abstützbreite W_s (vgl. auch **Fig. 28**) des Fahrradrahmens bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit I_u sowie des Motorgehäuses H_M ausgleichen.

[0254] Der Ausgleichsadapter A_o des zweiten Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34** hingegen benötigt keinen aktiven manuellen Ausgleich der Toleranzen bezüglich der Abstützbreite W_s . Wie aus einer Zusammenschau von **Fig. 33C** mit **Fig. 31** hervorgeht, umfasst der Ausgleichsadapter A_o des

zweiten Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34** zwei an ihrem Außenumfang keilförmig zulaufende Schubringe R_{T1} , R_{T2} , einen entlang seiner Umfangsrichtung in mehrere Segmente aufgeteilten Expansionsring R_E sowie eine Ausrichtungshülse S_A .

[0255] Bei der Montage der Antriebseinheit I_u am Hauptrahmen 1 bzw. an der Rahmenschnittstellen-Einheit I_u wird der Verbindungsbolzen B_c in die Schraubhülse B_s , eingeschraubt (vgl. **Fig. 31** und **Fig. 33B**).

[0256] Beim Festziehen des Verbindungsbolzens B_c wird dann der Schubringe R_{T1} , R_{T2} , Expansionsring R_E sowie Ausrichtungshülse S_A umfassende Ausgleichsadapter A_o in der Aufnahmebohrung O_R der hinteren Rahmenschnittstellenanordnung I_R nach innen gezogen (in **Fig. 33C** zeichnungsbezogen nach rechts gemäß Pfeilrichtung P) so lange, bis der innere Schubring R_{T2} an der äußeren Stirnseite F_E der hinteren Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} der Rahmenschnittstellen-Einheit I_u zur Anlage kommt.

[0257] Beim weiteren Festziehen des Verbindungsbolzens B_c erfolgte dann eine axiale Kompression des Ausgleichsadapters A_o dergestalt, dass die Schubringe R_{T1} und R_{T2} in Axialrichtung in den Expansionsring R_E gepresst werden, wodurch sich der Außendurchmesser des Expansionsrings R_E vergrößert so lange, bis der Expansionsring R_E reibschlüssig fest in die Aufnahmebohrung O_R gepresst ist.

[0258] Es ergibt sich somit lediglich durch das Festziehen des Verbindungsbolzens B_c selbsttätig eine sowohl axial als auch radial (bezogen auf den Verbindungsbolzen B_c) spielfreie, feste Verbindung zwischen der Antriebseinheit I_u und dem Hauptrahmen 1 bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit I_u .

[0259] Dies beschleunigt und erleichtert die Montage der Antriebseinheit I_u , insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass diese in der Praxis des Fahrradmarkts mit verschiedensten Fahrradrahmen bzw. mit ggf. unterschiedlichen Rahmenschnittstellen-Einheiten I_u kombiniert werden wird, wobei der Fahrradrahmen, oder ggf. die Rahmenschnittstellen-Einheit I_u , von verschiedensten Herstellern stammen bzw. geliefert sein können.

[0260] Hierdurch können sich erfahrungsgemäß unterschiedlichste Toleranzsituationen bezüglich der Abstützbreite W_s der hinteren Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung I_{DR} ergeben. Derartige unterschiedliche Toleranzsituationen, je nach dem Ursprung des Fahrradrahmens bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit I_u , lassen sich somit insbesondere mit dem Ausgleichsadapter A_o des zweiten

Ausführungsbeispiels gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34** auf einfachste Weise handhaben und ausgleichen.

[0261] Eine exakte Anpassung an etwaige Toleranzen des Hauptrahmens 1 bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit 1u und eine feste spielfreie Verbindung zwischen der Antriebseinheit Du und dem Hauptrahmen 1 bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit 1u in allen drei Raumrichtungen ist nicht nur von Bedeutung hinsichtlich der sicheren und zuverlässigen Übertragung der erheblichen Antriebs- und Kettenzugkräfte, wie weiter oben bei **Fig. 17ff.** beschrieben, sondern auch zur Vermeidung von störenden Geräuschen wie beispielsweise Knarzen oder Quietschen.

[0262] Da beim Stand der Technik üblicherweise mindestens zwei oder mehr Befestigungsachsen zur Verbindung von Antriebseinheit und Fahrradrahmen zum Einsatz kommen, bei denen jedoch, anders als bei der vorliegenden Offenbarung, unter den verschiedenen Befestigungsachsen keine spezifische Aufgabenteilung hinsichtlich Kraftübertragung, Momentenübertragung und Festlegung der Bewegungsfreiheitsgrade der Antriebseinheit relativ zum Fahrradrahmen getroffen wird, ergeben sich dort häufig erhebliche Schwierigkeiten hinsichtlich des Toleranzausgleichs bei der Montage der Antriebseinheit im Fahrradrahmen, sowie im Hinblick auf eine dauerhaft feste und spielfreie Verbindung zwischen Antriebseinheit und Fahrradrahmen.

[0263] Wie bereits weiter oben bei der Beschreibung von **Fig. 17ff.** ausführlich dargelegt, wird diese Problematik mit der Antriebseinheit Du gemäß der vorliegenden Offenbarung eliminiert insbesondere dadurch, dass genau zwei Befestigungsachsen vorgesehen sind, von denen die hintere Befestigungsachse sehr nahe an den wesentlichen Kraftangriffslinien positioniert ist und die Festlegung aller Bewegungsfreiheitsgrade außer einem Rotations-Freiheitsgrad F_R der Antriebseinheit Du übernimmt, und dass die vordere Befestigungsachse lediglich und spezifisch als Drehmomentausleger zur Festlegung des verbleibenden Rotationsfreiheitsgrads F_R der Antriebseinheit Du ausgebildet ist.

[0264] **Fig. 34** zeigt das zweite Ausführungsbeispiel für die Antriebseinheit Du gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 33** nochmals in einer perspektivischen Gesamtansicht von hinten links betrachtet. Man erkennt wieder, dass die Antriebseinheit Du eine Motoreinrichtung ME sowie eine Tretlagerbaugruppe A_B mit einer Tretlagerwelle S_B , umfasst. Ferner erkennbar ist die Batterie bzw. integrative Energiespeichereinrichtung Si zur Energieversorgung der Motoreinrichtung M_E . Die integrative Energiespeichereinrichtung Si ist benachbart zu der Motoreinrichtung M_E angeordnet.

[0265] Da insbesondere die für die Schwerpunktlagen C_{GE} , C_{GC} wesentlichen Eigenschaften und Baugruppen der Antriebseinheit Du nach dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34**, besonders die Eigenschaften der integrativen Energiespeichereinrichtung Si, mit denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels übereinstimmen (vgl. **Fig. 29A** bis **Fig. 29D**), ergibt eine Zusammenschau von **Fig. 34** mit einer der **Fig. 17** bis **Fig. 19** und **Fig. 23**, dass die Schwerpunktlagen C_{GE} , C_{GC} von Energiespeichereinrichtung Si und Antriebseinheit D_U auch bei der Antriebseinheit D_U nach dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34** vorteilhaft innerhalb des Tretlagerbereichs R liegen.

[0266] Auch sämtliche anderen Eigenschaften und Vorteile, wie vorstehend in Bezug auf das erste Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 17** bis **Fig. 29B**, ebenso wie in Bezug auf die Ausführungsformen gemäß **Fig. 2** bis **Fig. 16** beschrieben, sind auch bei dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 29C** bis **Fig. 34** vorhanden.

Patentansprüche

1. Elektrische Fahrrad-Antriebseinheit (Du) zur Anordnung in einem Tretlagerbereich (R) eines Fahrradrahmens (1), die Antriebseinheit (Du) umfassend eine elektrische Motoreinrichtung (M_E) sowie eine Tretlagerbaugruppe (A_B) mit einer Tretlagerwelle (S_B), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinheit (Du) eine integrative Energiespeichereinrichtung (Si) zur Energieversorgung der Motoreinrichtung (M_E) umfasst, wobei die integrative Energiespeichereinrichtung (Si) zur Anordnung benachbart zu der Motoreinrichtung (M_E) eingerichtet ist dergestalt, dass die Schwerpunktlage (C_{GE}) der Energiespeichereinrichtung (Si) und die Schwerpunktlage (C_{GC}) der Antriebseinheit (Du) innerhalb des Tretlagerbereichs (R) liegen.

2. Antriebseinheit (Du) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die integrative Energiespeichereinrichtung (Si) zur unmittelbaren Anordnung an einem Gehäuse (H_M) der Motoreinrichtung (M_E) eingerichtet ist.

3. Antriebseinheit (Du) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinheit (D_U) zur zumindest teilweisen Umschließung der integrativen Energiespeichereinrichtung (Si) von einem Gehäuse (H_M) der Motoreinrichtung (M_E) eingerichtet ist.

4. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinheit (Du) zur zumindest teilweisen Anordnung der integrativen Energiespeichereinrichtung (Si) zusammen mit der Motoreinrichtung (M_E)

in einem gemeinsamen Gehäuse (H_C) eingerichtet ist.

5. Antriebseinheit (D_U) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die integrative Energiespeichereinrichtung (S_i) im betriebsbereiten Zustand der Antriebseinheit (D_U) ausschließlich an der Motoreinrichtung (M_E), oder an einem Gehäuse (H_M) der Motoreinrichtung (M_E), oder an dem gemeinsamen Gehäuse (H_C), und nicht an dem Fahrradrahmen (1) befestigt ist.

6. Antriebseinheit (D_U) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass Antriebseinheit (D_U) und integrative Energiespeichereinrichtung (S_i) zur zumindest teilweisen Anordnung der integrativen Energiespeichereinrichtung (S_i) in einem Unterrohr (T_L) des Fahrradrahmens (1) eingerichtet sind.

7. Antriebseinheit (D_U) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antriebseinheit (D_U) eine Zusatz-Energiespeichereinrichtung (S_A) zugeordnet ist, wobei Antriebseinheit (D_U) und Zusatz-Energiespeichereinrichtung zur zumindest teilweisen Anordnung der Zusatz-Energiespeichereinrichtung (S_A) in einem Unterrohr (T_L) des Fahrradrahmens (1) eingerichtet sind.

8. Antriebseinheit (D_U) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zusatz-Energiespeichereinrichtung (S_A) zur mechanischen Fixierung an der Antriebseinheit (D_U) oder an der integrativen Energiespeichereinrichtung (S_i) eingerichtet ist.

9. Antriebseinheit (D_U) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zusatz-Energiespeichereinrichtung (S_A) in die integrative Energiespeichereinrichtung (S_i) integriert ist.

10. Antriebseinheit (D_U) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass Antriebseinheit (D_U) und integrative Energiespeichereinrichtung (S_i) zur Anordnung der integrativen Energiespeichereinrichtung (S_i), in einem montierten Zustand der Antriebseinheit (D_U) an dem Fahrradrahmen (1), zu einem größeren Teil außerhalb eines Unterrohrs (T_L) des Fahrradrahmens (1) eingerichtet sind.

11. Antriebseinheit (D_U) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die integrative Energiespeichereinrichtung (S_i) in einer dem montierten Zustand der Antriebseinheit (D_U) an dem Fahrradrahmen (1) entsprechenden Lage zumindest teilweise unterhalb der Drehachse der Tretlagerwelle (S_B) befindet.

12. Antriebseinheit (D_U) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich ein Massenschwerpunkt (C_{GE}) der integrativen Energiespeichereinrichtung (S_i) und/oder ein Massenschwerpunkt (C_{GC}) der Antriebseinheit (D_U) in einer Fahrrad-Seitenansicht und in einer dem montierten Zustand der Antriebseinheit (D_U) an dem Fahrradrahmen (1) entsprechenden Lage der Antriebseinheit (D_U) innerhalb eines Umkreises mit dem Radius 175 mm (R_1), bevorzugt innerhalb eines Umkreises mit dem Radius 125 mm (R_3), besonders bevorzugt innerhalb eines Umkreises mit dem Radius 100 mm (R_4) um die Drehachse der Tretlagerwelle (S_B) befindet.

13. Antriebseinheit (D_U) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich ein Massenschwerpunkt (C_{GE}) der integrativen Energiespeichereinrichtung (S_i) und/oder ein Massenschwerpunkt (C_{GC}) der Antriebseinheit (D_U) in einer Seitenansicht von rechts und bezogen auf die Drehachse der Tretlagerwelle (S_B) innerhalb eines rechts oben liegenden Tretlager-Quadranten (Q_{B1}) mit der Seitenlänge 175 mm (R_1), bevorzugt innerhalb eines Tretlager-Quadranten (Q_{B3}) mit der Seitenlänge 125 mm (R_3), besonders bevorzugt innerhalb eines Tretlager-Quadranten (Q_{B4}) mit der Seitenlänge 100 mm (R_4) befindet.

14. Antriebseinheit (D_U) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Batterie-Massenschwerpunkt (C_{GE}) und/oder der Antriebseinheits-Massenschwerpunkt (C_{GC}), bezogen auf die Drehachse der Tretlagerwelle (S_B), in einer Höhe (H_{GC}) von 50 mm, bevorzugt von 30 mm, besonders bevorzugt von 20 mm oberhalb der Drehachse der Tretlagerwelle (S_B) befindet.

15. Antriebseinheit (D_U) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **gekennzeichnet durch** ein ausschließlich an dem Gehäuse (H_M) der Motoreinrichtung (M_E) oder an dem gemeinsamen Gehäuse (H_C) der Antriebseinheit (D_U) befestigtes Antriebsschutzschild (S_D), wobei das Antriebsschutzschild (S_D) gleichzeitig eine bewegliche Verschlussklappe zur Abdeckung und/oder Halterung der integrativen Energiespeichereinrichtung (S_i) bildet.

16. Antriebseinheit (D_U) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **gekennzeichnet durch** genau zwei Rahmenschnittstellenanordnungen (I_{DR} , I_{DF}), welche eine vordere und eine hintere Befestigungssachse (F_{M1}) und (F_{M2}) definieren.

17. Antriebseinheit (D_U) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungsachsen (F_{M1}) und (F_{M2}) in einem vertikalen Bereich oberhalb einer Horizontalebene P_{HB} , welche die Drehachse der Tretlagerwelle (S_B) enthält, und unterhalb einer Horizontalebene P_{HC} , welche den

Angriffspunkt P_c der Kettenzugkraft F_{TC} enthält, angeordnet sind.

18. Antriebseinheit (Du) nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungsachsen (F_{M1}) und (F_{M2}) vor einer Vertikalebene P_{VB} angeordnet sind, welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält.

19. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungsachsen (F_{M1}) und (F_{M2}) vor einer schrägen Ebene I_P angeordnet sind, welche die Drehachse der Tretlagerwelle S_B enthält, wobei die schräge Ebene I_P relativ zu einer Horizontalebene um einen Winkel (β) von 50° nach vorne gekippt ist.

20. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Befestigungsachsen (F_{M1}) und (F_{M2}) innerhalb eines im rechts oben liegenden Tretlager-Quadranten (Q_{B1}) lokalisierten Winkels (α) von 30° bis 80° , besonders bevorzugt innerhalb eines Winkels (α) von 50° bis 60° angeordnet sind, wobei der Scheitel des Winkels (α) mit der Drehachse der Tretlagerwelle (S_B) zusammenfällt.

21. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Abstützbreite W_s als Abstand der linksseitigen und rechtsseitigen Schnittstellenebenen (P_{iR}) der hinteren Rahmenschnittstellenanordnungen (I_R) so gewählt ist, dass ein als Quotient aus der Abstützbreite W_s und einer Pedalkraft-Wirkungsbreite W_{PE} gebildeter Abstützungsfaktor F_s größer ist als 0,5, bevorzugt größer als 0,55 und besonders bevorzugt größer als 0,6.

22. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Abstützbreite W_s als Abstand der linksseitigen und rechtsseitigen Schnittstellenebenen (P_{iR}) der hinteren Rahmenschnittstellenanordnungen (I_R) so gewählt ist, dass ein als Quotient aus der Abstützbreite W_s und einem Kettenzug-Horizontalabstand D_{PH} gebildeter Kettenzugfaktor F_{pc} größer ist als 5, bevorzugt größer als 5,5 und besonders bevorzugt größer als 6.

23. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinheit (Du) zur Fixierung sämtlicher Bewegungsfreiheitsgrade der Antriebseinheit (Du) gegenüber dem Fahrradrahmen (1) bzw. gegenüber einer Rahmenschnittstellen-Einheit (IU), außer einem Rotationsfreiheitsgrad (F_R) um eine zur Drehachse der Tretlagerwelle (S_B) parallele Rotationsachse ($FM1$), über die hintere Rahmenschnittstellenanordnung (I_R) eingerichtet ist.

24. Antriebseinheit (Du) nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinheit (Du) zur Fixierung des Rotationsfreiheitsgrads (F_R) gegenüber dem Fahrradrahmen (1) bzw. gegenüber einer Rahmenschnittstellen-Einheit (IU) durch die vordere Rahmenschnittstellenanordnung (I_F) mittels einer Reibungsverbindung (CF, W_F) eingerichtet ist.

25. Antriebseinheit (Du) nach Anspruch 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die hintere Rahmenschnittstellenanordnung (I_R) einen Rahmen-Ausgleichsadapter (A_o) zum Ausgleich von Breittoleranzen des Fahrradrahmens (1) bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit (IU) aufweist, wobei der Rahmen-Ausgleichsadapter (A_o) zur radialen Fixierung der hinteren Rahmenschnittstellenanordnung (I_R) relativ zum Fahrradrahmen (1) bzw. relativ zur Rahmenschnittstellen-Einheit (IU) sowie zum stufenlos spielfrei einstellbaren Axial-Toleranzausgleich zwischen hinterer Rahmenschnittstellenanordnung (I_R) und Fahrradrahmen (1) bzw. Rahmenschnittstellen-Einheit (IU) eine in eine Aufnahmebohrung (O_R) des Antriebsgehäuses (HC) axial verstellbar einschraubbare Stufenhülse (SG), oder eine in eine Aufnahmebohrung (O_R) des Antriebsgehäuses (HC) axial verschiebbar aufnehmbare Radialklemmeinrichtung (RE, R_{T1} , R_{T2}) umfasst.

26. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **gekennzeichnet durch** ein in einem Raumbereich zwischen Motoreinrichtung (M_E) und Energiespeichereinrichtung (Si) angeordnetes, hermetisch geschlossenes Controllergehäuse (Ec) zur Aufnahme einer Controllereinrichtung (C_{MB}) für die Steuerung von Motoreinrichtung (M_E) und/oder Energiespeichereinrichtung (Si).

27. Antriebseinheit (Du) nach Anspruch 26, **gekennzeichnet durch** dass das Controllergehäuse (Ec) eine steckerlose Stromschnittstelle (Ic) zur Verbindung der Controllereinrichtung (C_{MB}) mit der Energiespeichereinrichtung (Si) mit parallel zu einer Entnahmerichtung (D_R) der Energiespeichereinrichtung (Si) angeordneten Schnittstellenebenen (Pi) aufweist dergestalt, dass die Stromschnittstelle durch Entnahme der Batterie geöffnet und durch Einsetzen und/oder Befestigen (B_T) der Batterie verbunden wird.

28. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Abtriebswelle (S_M) der Motoreinrichtung (M_E) koaxial zu der Tretlagerwelle (S_B) angeordnet ist.

29. Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (H_M) der Motoreinrichtung (M_E) oder das gemeinsame Gehäuse (Hc) von Motoreinrichtung (M_E) und integrativer Energiespeichereinrichtung

(Si) Lageraufnahmen (M_P) für eine Schwinge (A_S) eines gefederten Hinterbaurahmens (2) aufweist.

30. Fahrradrahmen (1) oder Rahmenschnittstellen-Einheit (Iu), aufweisend eine hintere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung (I_{DR}) und eine vordere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung (I_{DF}) zur Verbindung mit einer Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 29, **gekennzeichnet durch** genau zwei Antriebseinheits-Schnittstellenanordnungen (I_{DR} , I_{DF}), welche eine hintere Befestigungsachse (F_{M1}) und eine vordere Befestigungsachse (F_{M1}) definieren, wobei über die hintere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung (I_{DR}) sämtliche Bewegungsfreiheitsgrade der Antriebseinheit (Du) gegenüber dem Fahrradrahmen (1) bzw. der Rahmenschnittstellen-Einheit (IU) festlegbar sind außer dem Rotationsfreiheitsgrad (F_R) um die hintere Befestigungsachse (F_{M1}), und wobei die vordere Antriebseinheits-Schnittstellenanordnung (I_{DF}) als Drehmomentstütze zur Festlegung des Rotationsfreiheitsgrads (F_R) ausgebildet ist.

31. Fahrradrahmen (1) oder Rahmenschnittstellen-Einheit (Iu) nach Anspruch 30, **gekennzeichnet durch** eine Anordnung der Befestigungsachsen (F_{M1}) und (F_{M2}) analog zur Anordnung der Befestigungsachsen (F_{M1}) und (F_{M2}) bei der Antriebseinheit (Du) nach einem der Ansprüche 1 bis 29.

32. Fahrradrahmen (1) oder Rahmenschnittstellen-Einheit (Iu) nach Anspruch 30 oder 31, **gekennzeichnet durch** einen Abstützungsfaktor (F_s) analog zu Anspruch 21 und/oder einen Kettenzugfaktor (F_{PC}) analog zu Anspruch 22.

33. Fahrradrahmen (1) oder Rahmenschnittstellen-Einheit (Iu) nach einem der Ansprüche 30 bis 32, **gekennzeichnet durch** Lageraufnahmen (M_P) für eine Schwinge (A_B) eines gefederten Hinterbaurahmens (2).

34. Energiespeichereinrichtung (Si) für eine Antriebseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 29, **gekennzeichnet durch** die Energiespeichereinrichtung (Si) betreffende Merkmale eines der Ansprüche 1 bis 29.

Es folgen 34 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

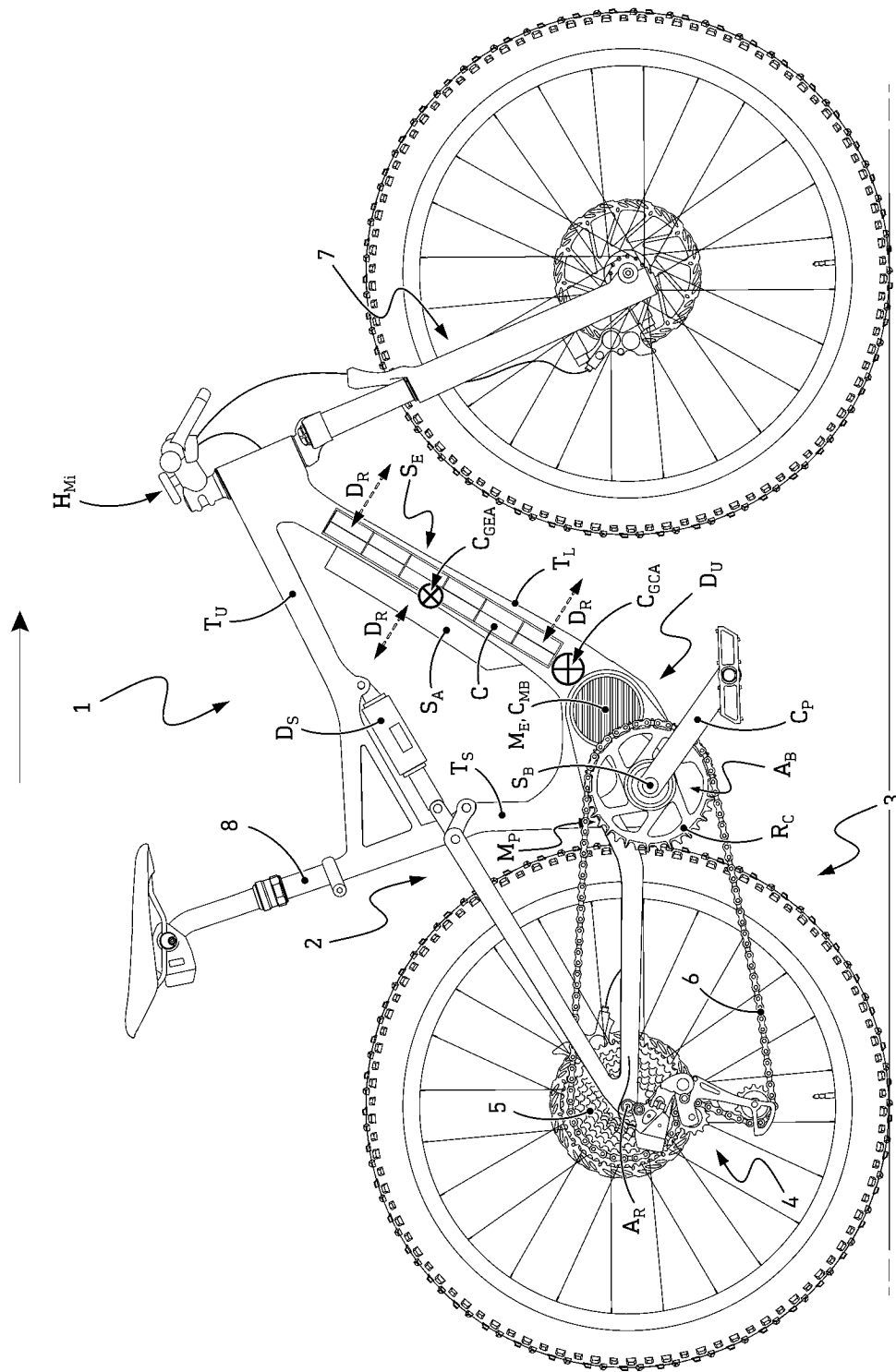


Fig. 1
Stand der Technik

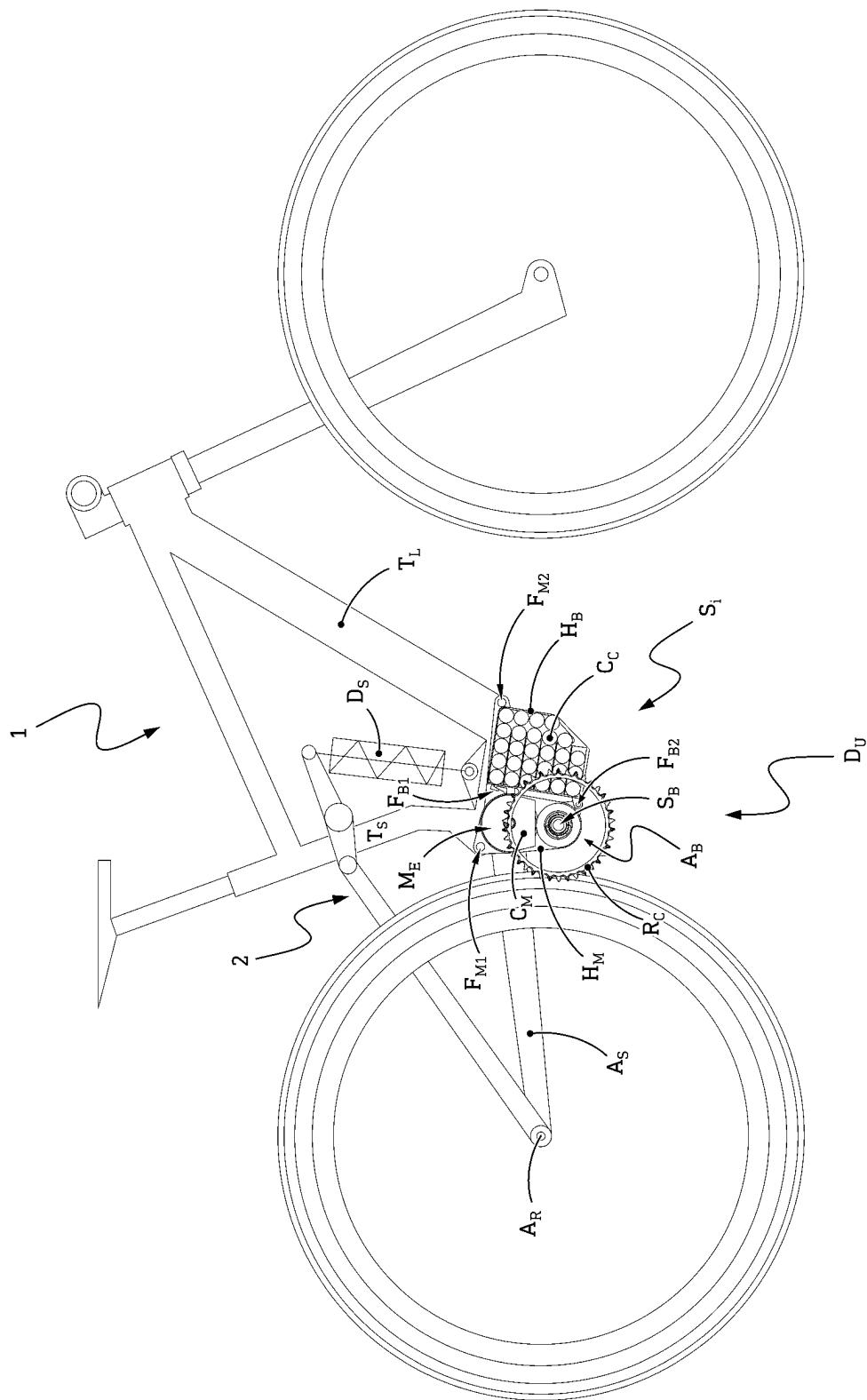


Fig. 2

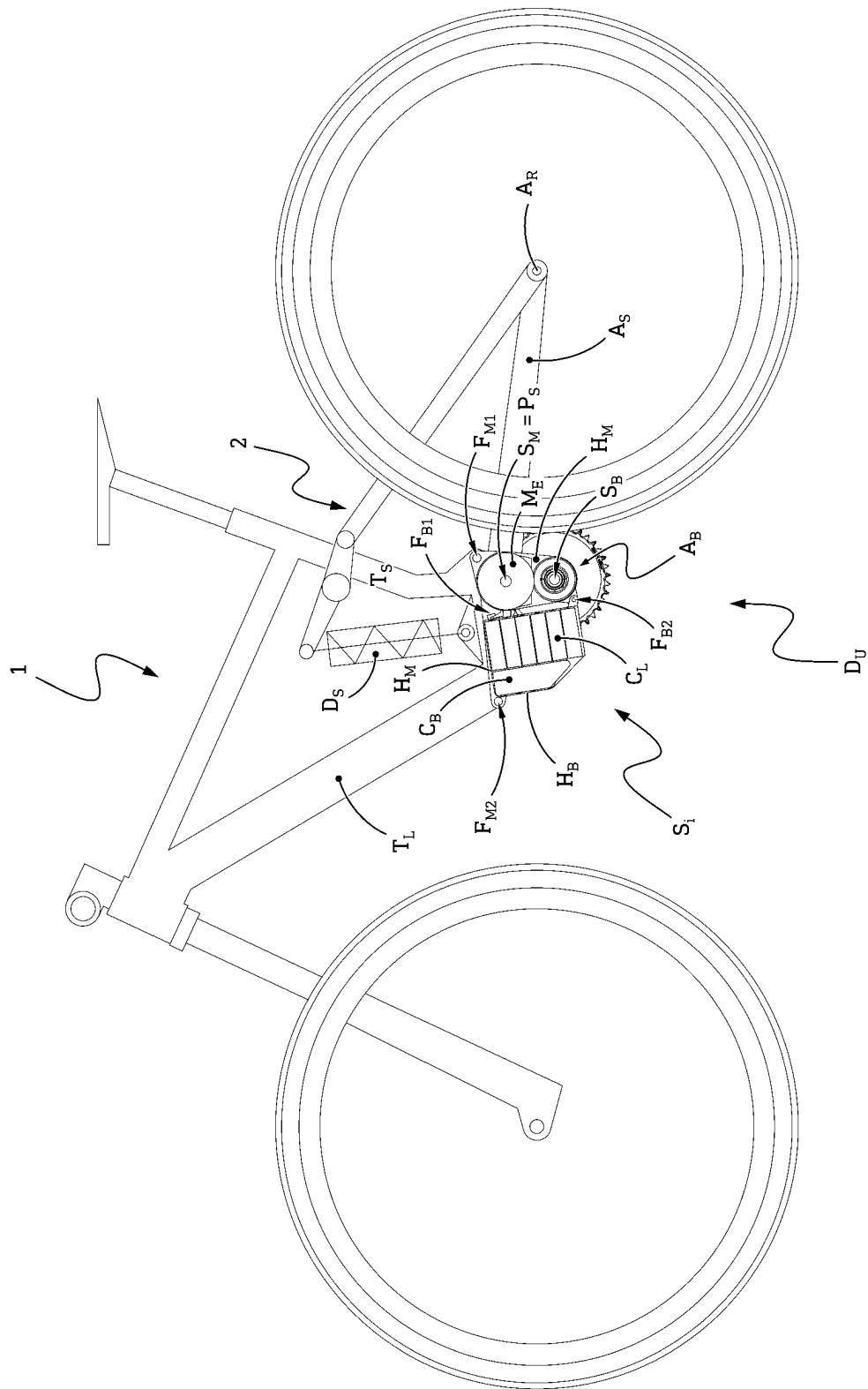


Fig. 3

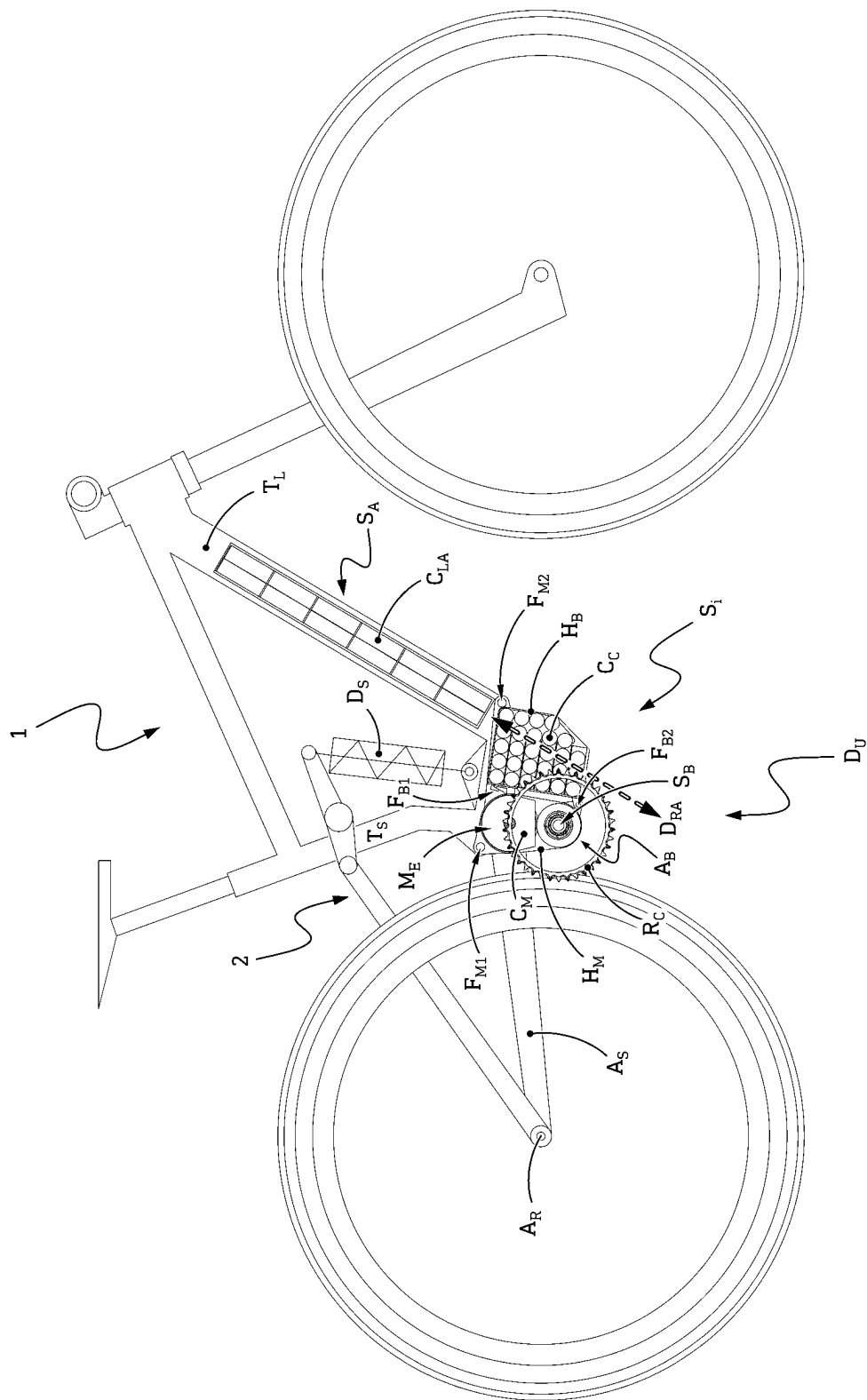


Fig. 4

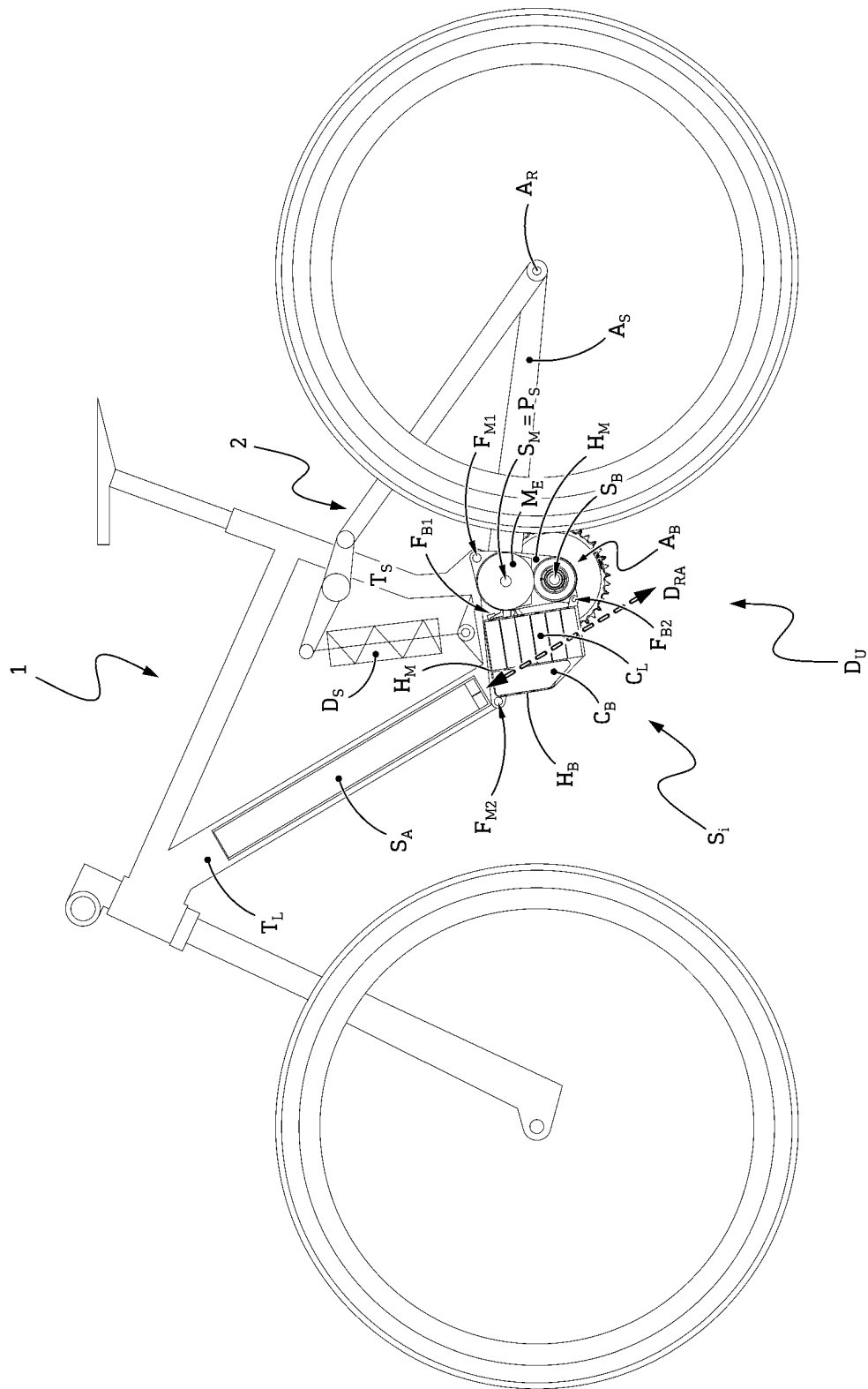


Fig. 5

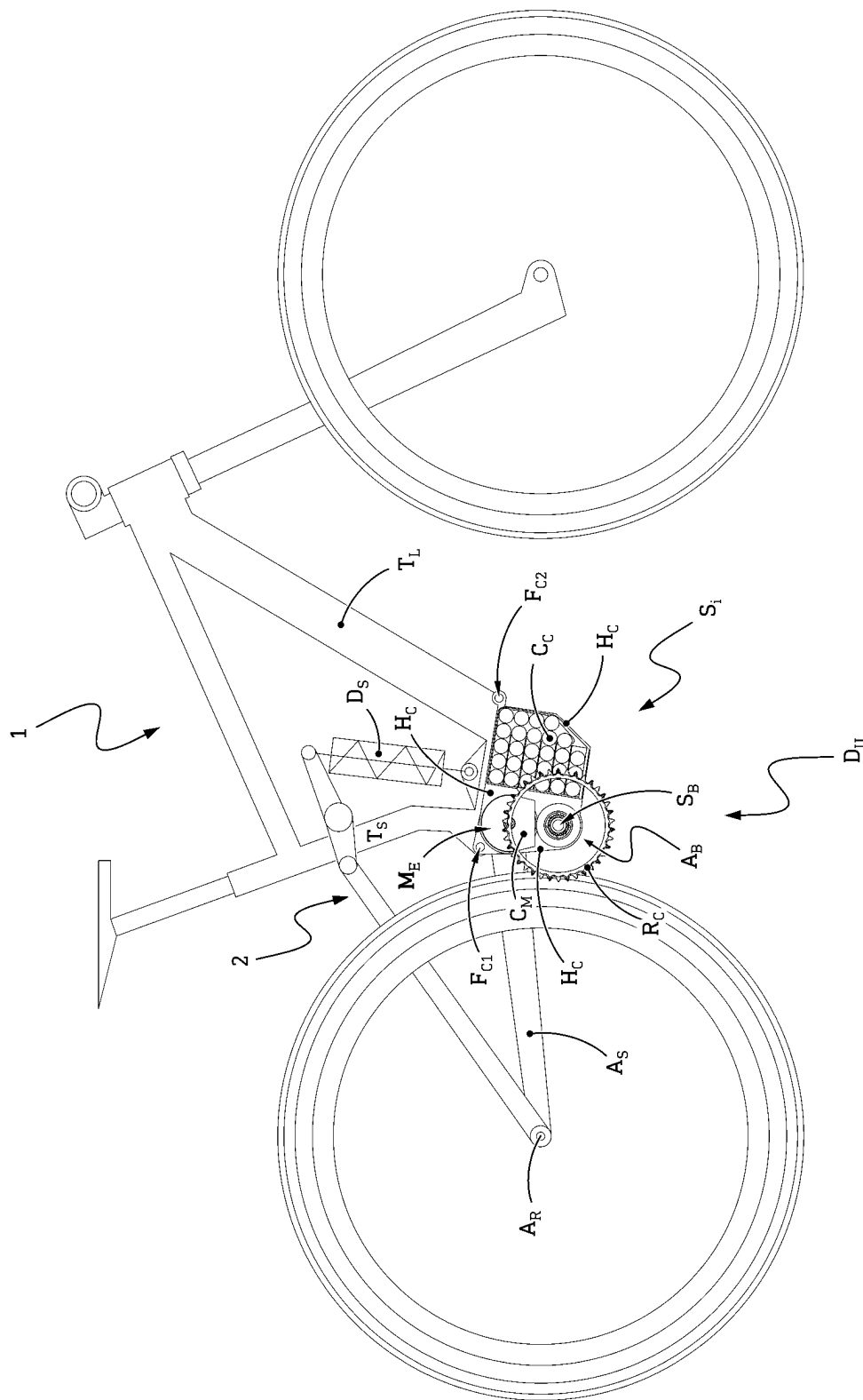


Fig. 6

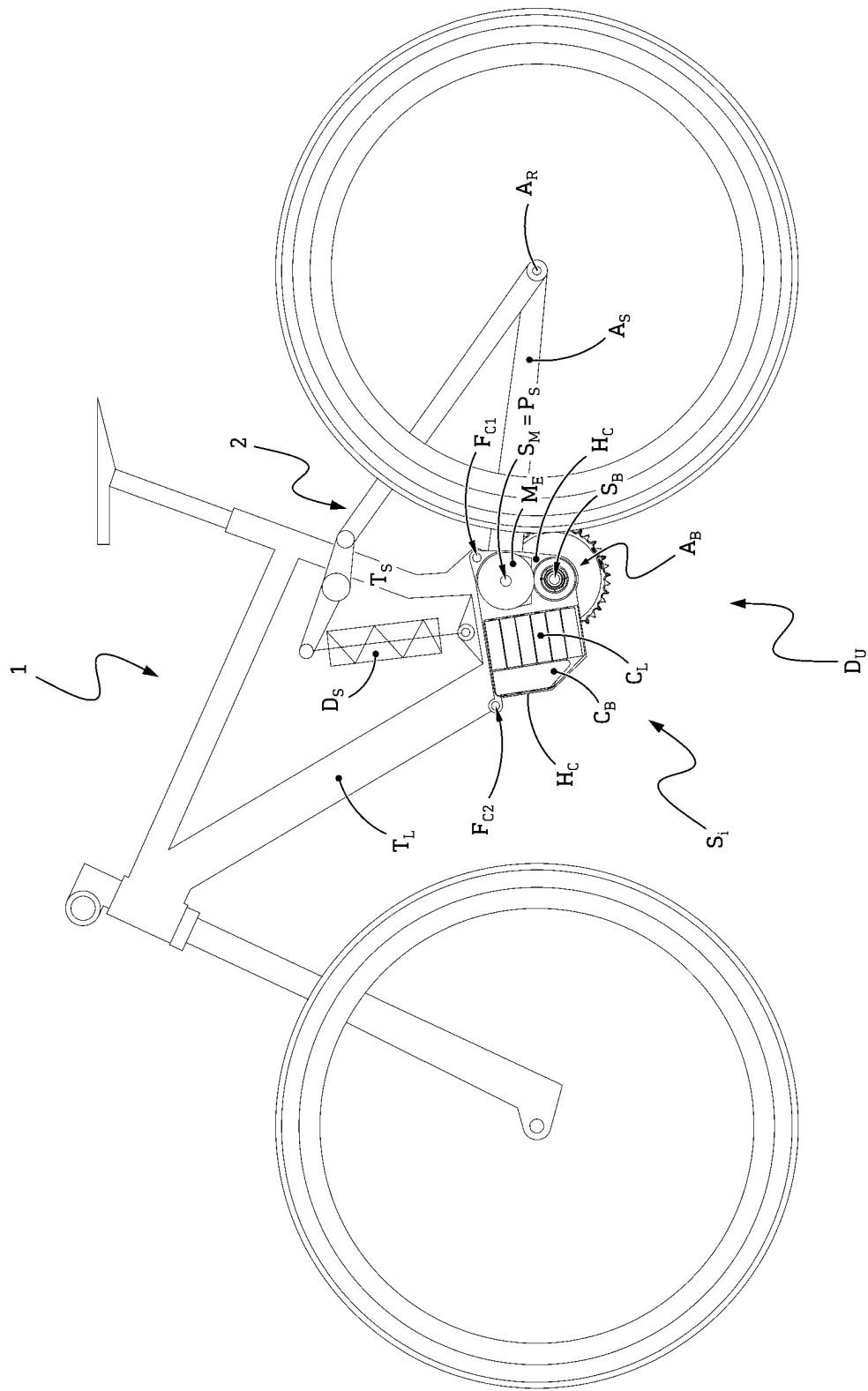


Fig. 7

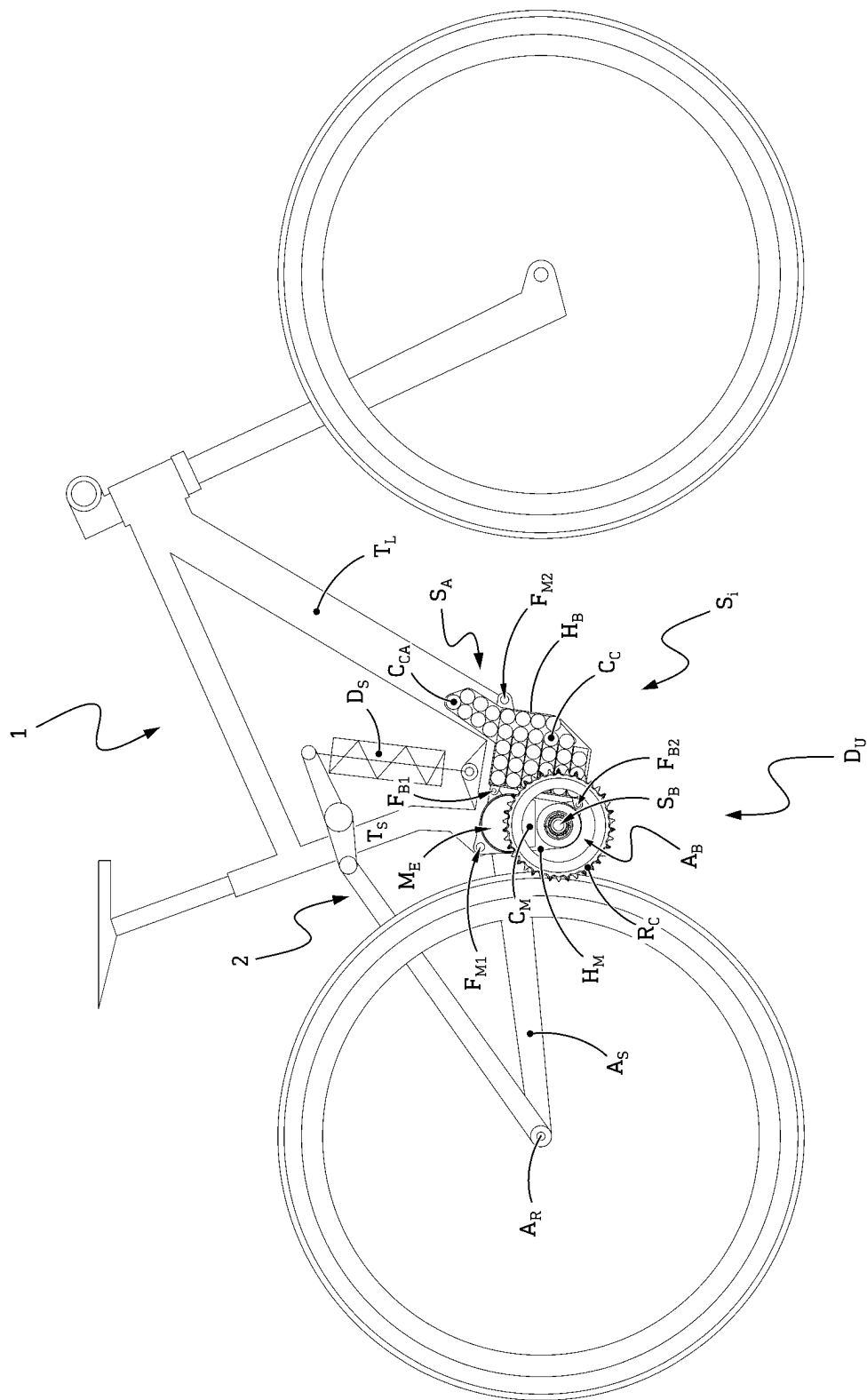


Fig. 8

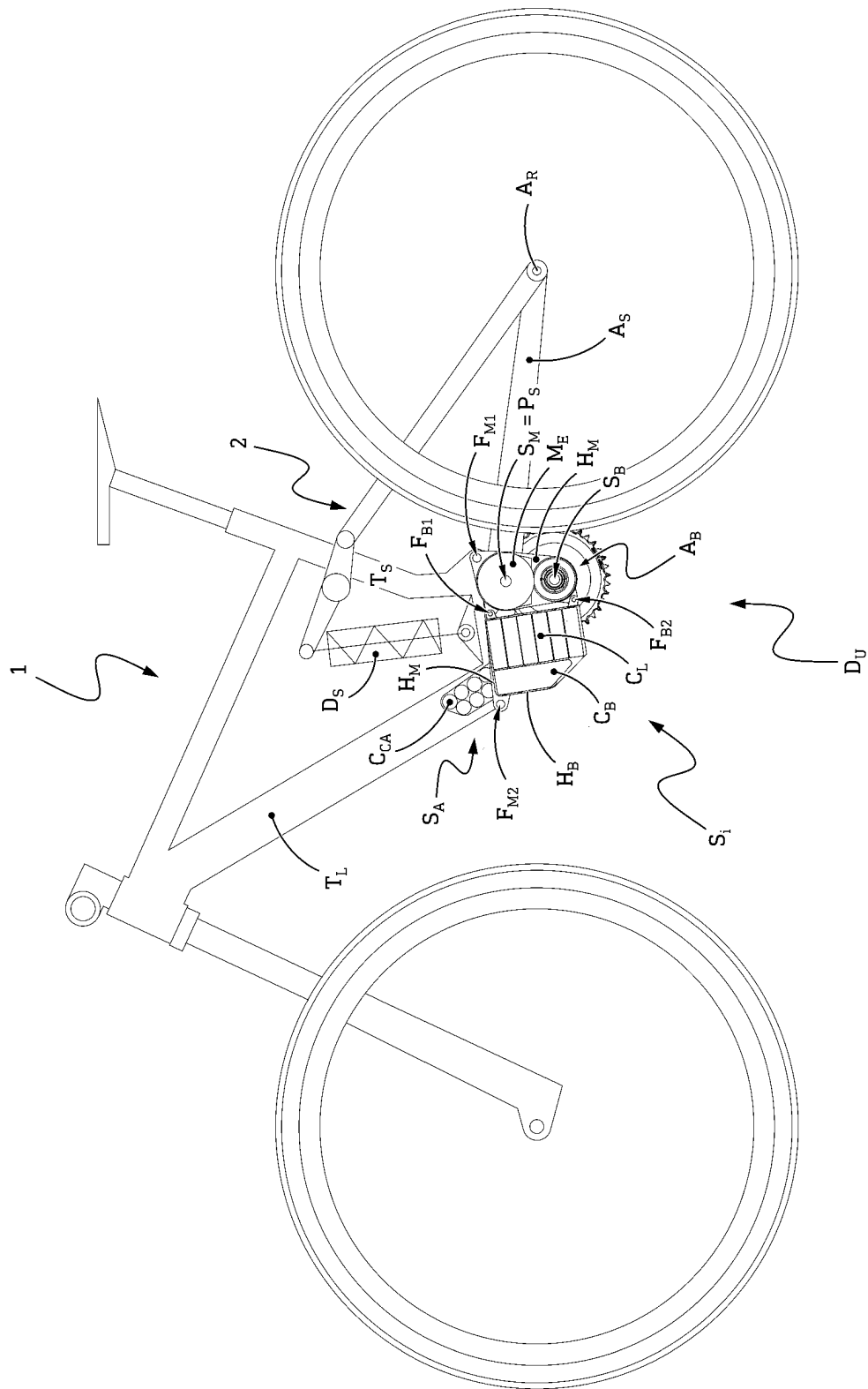


Fig. 9

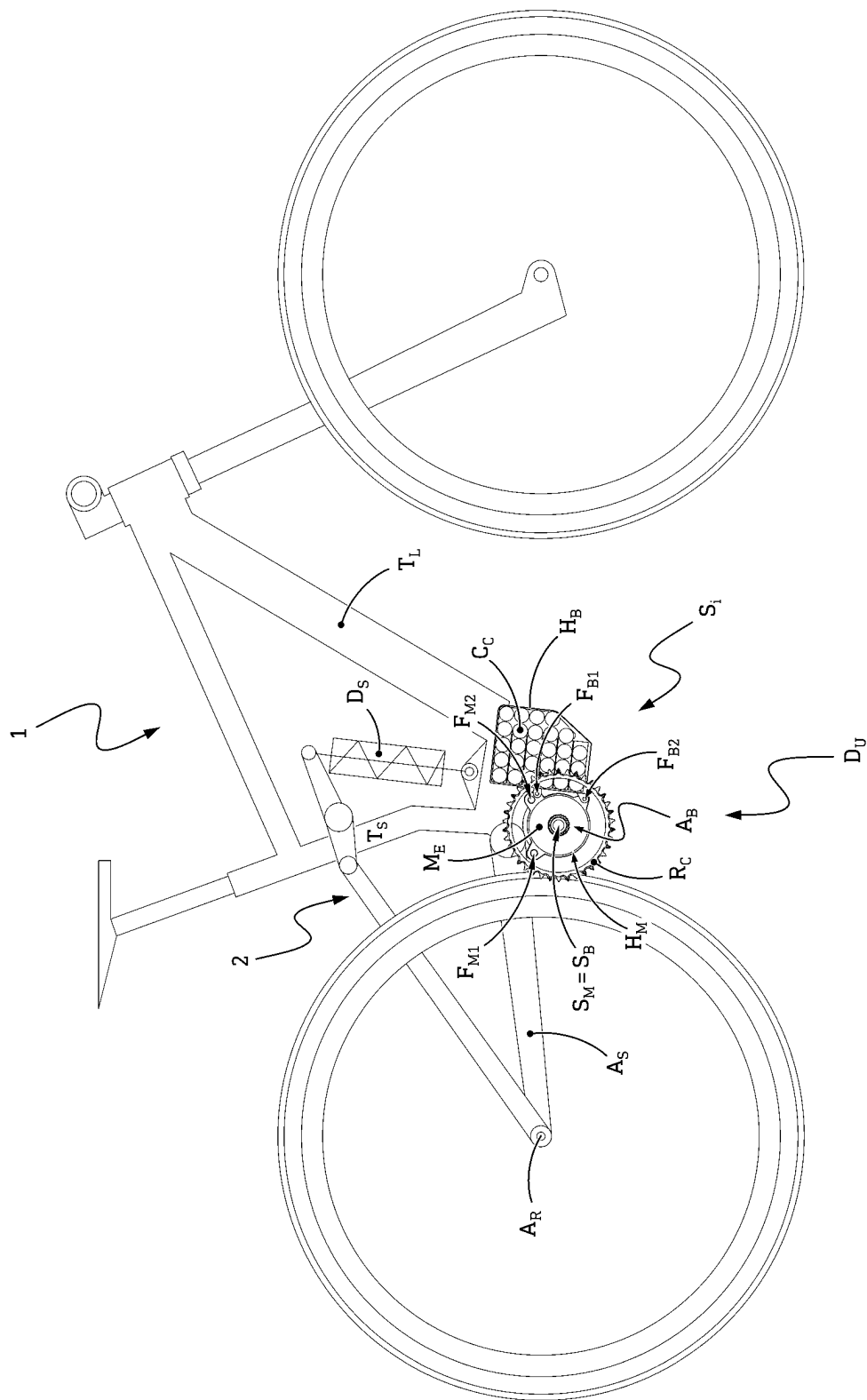


Fig. 10

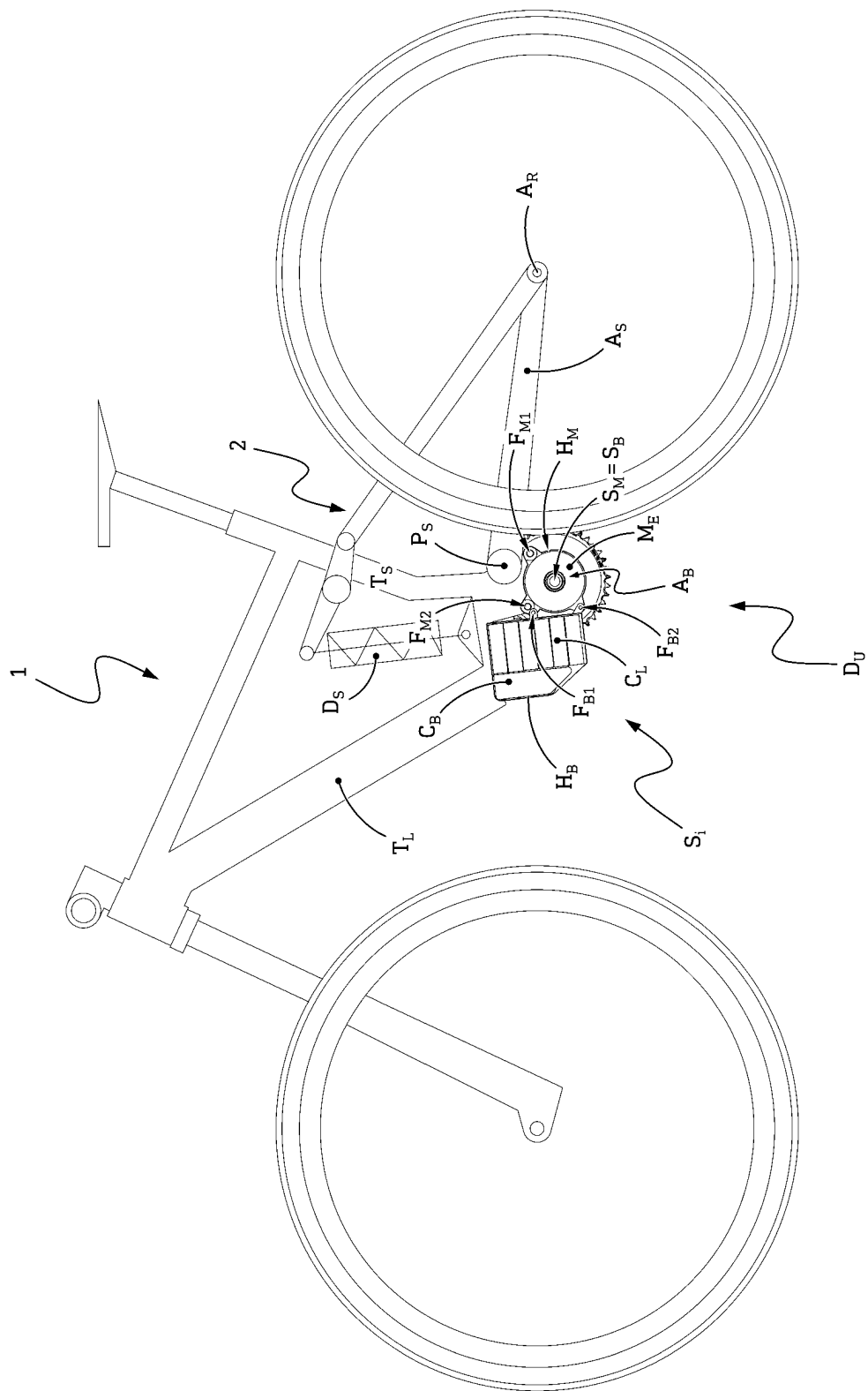


Fig. 11

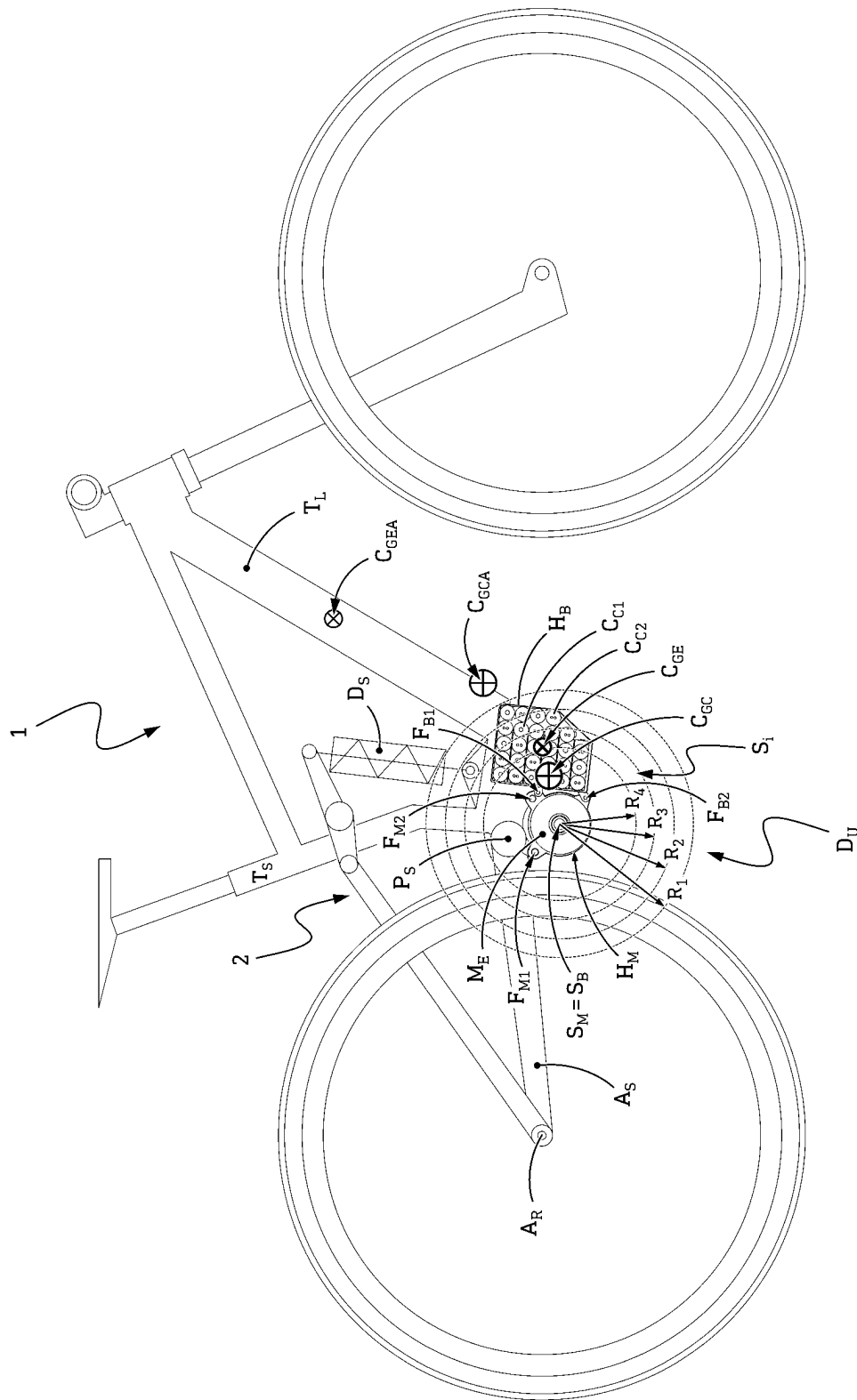


Fig. 12

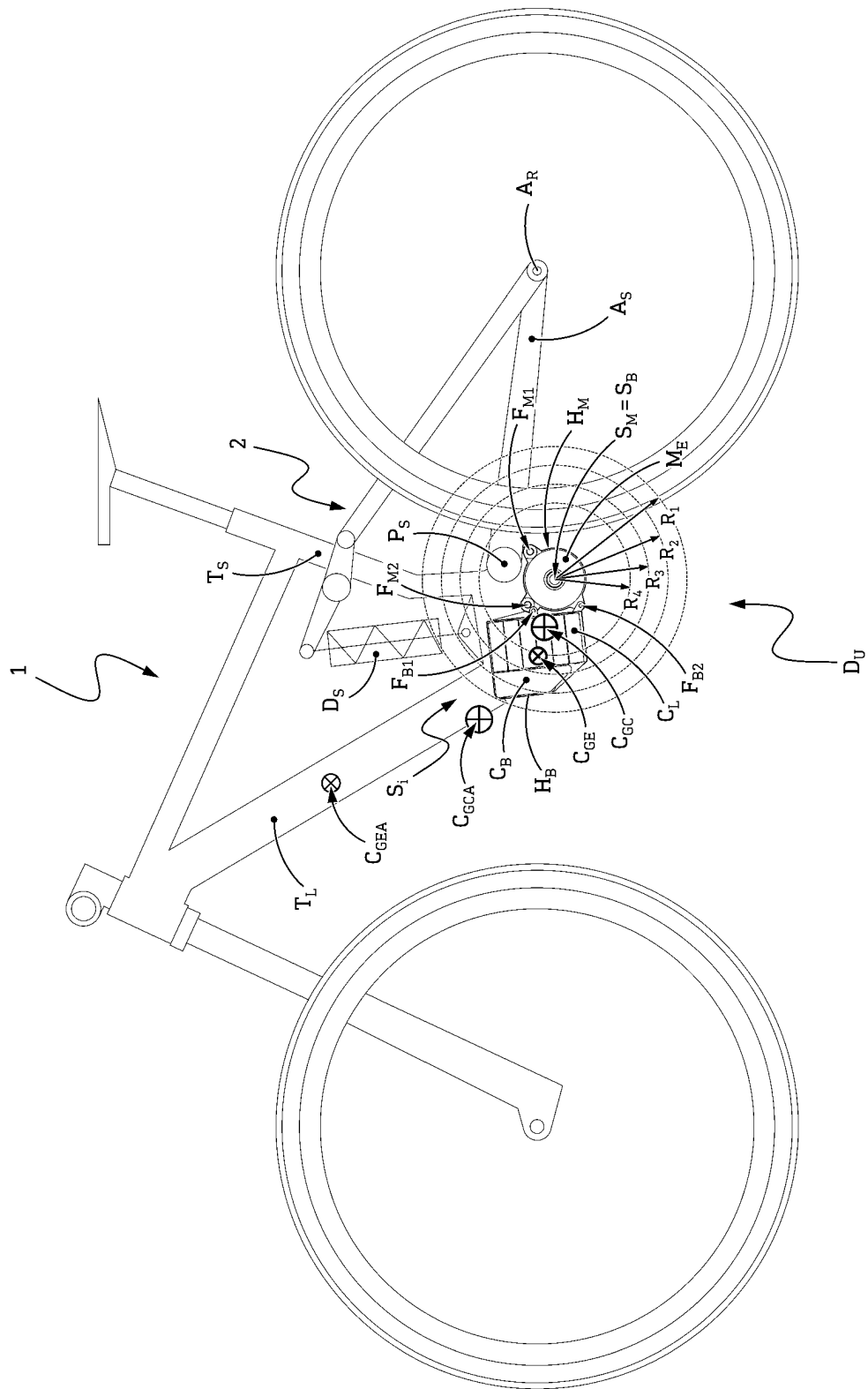


Fig. 13

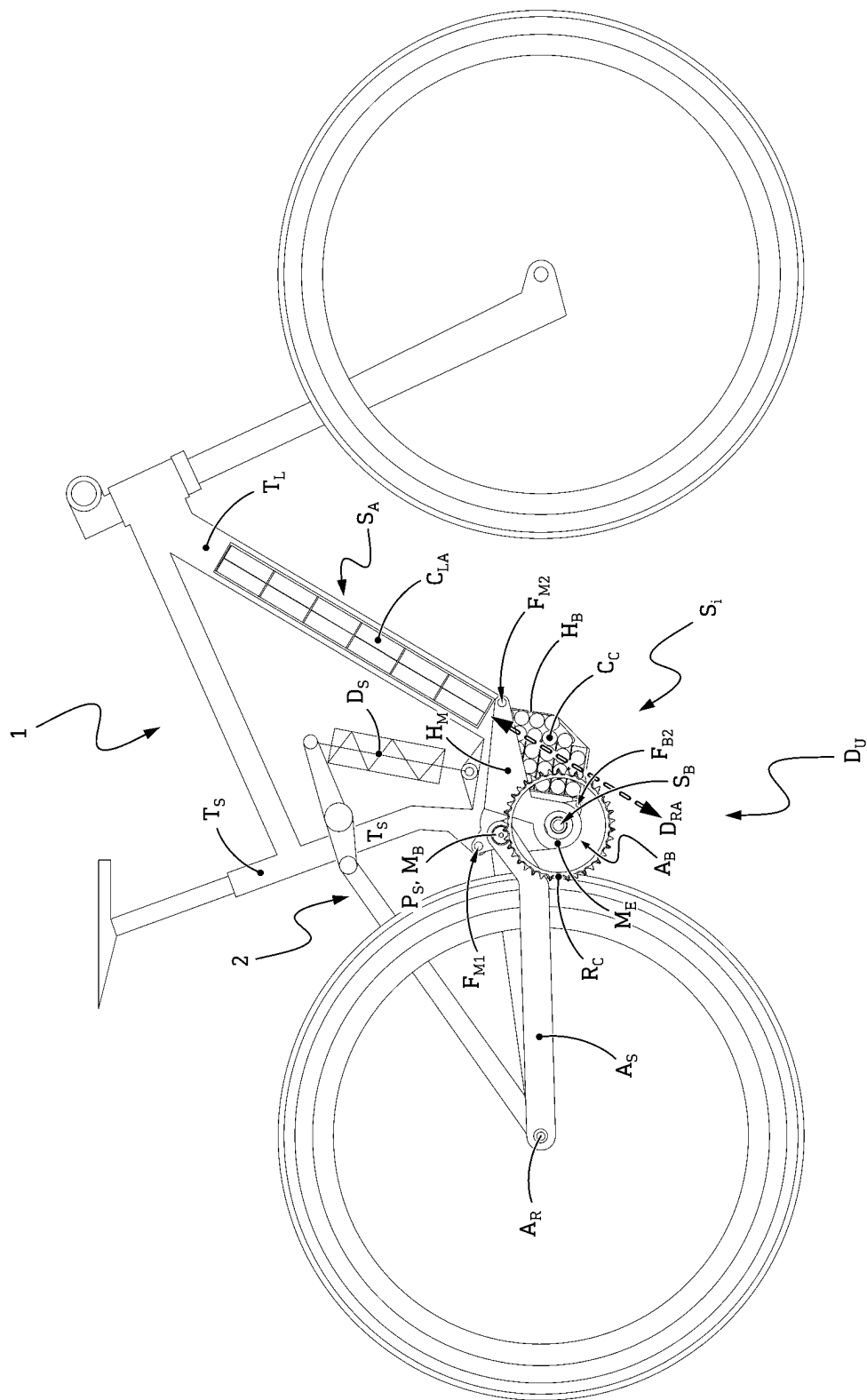


Fig. 14

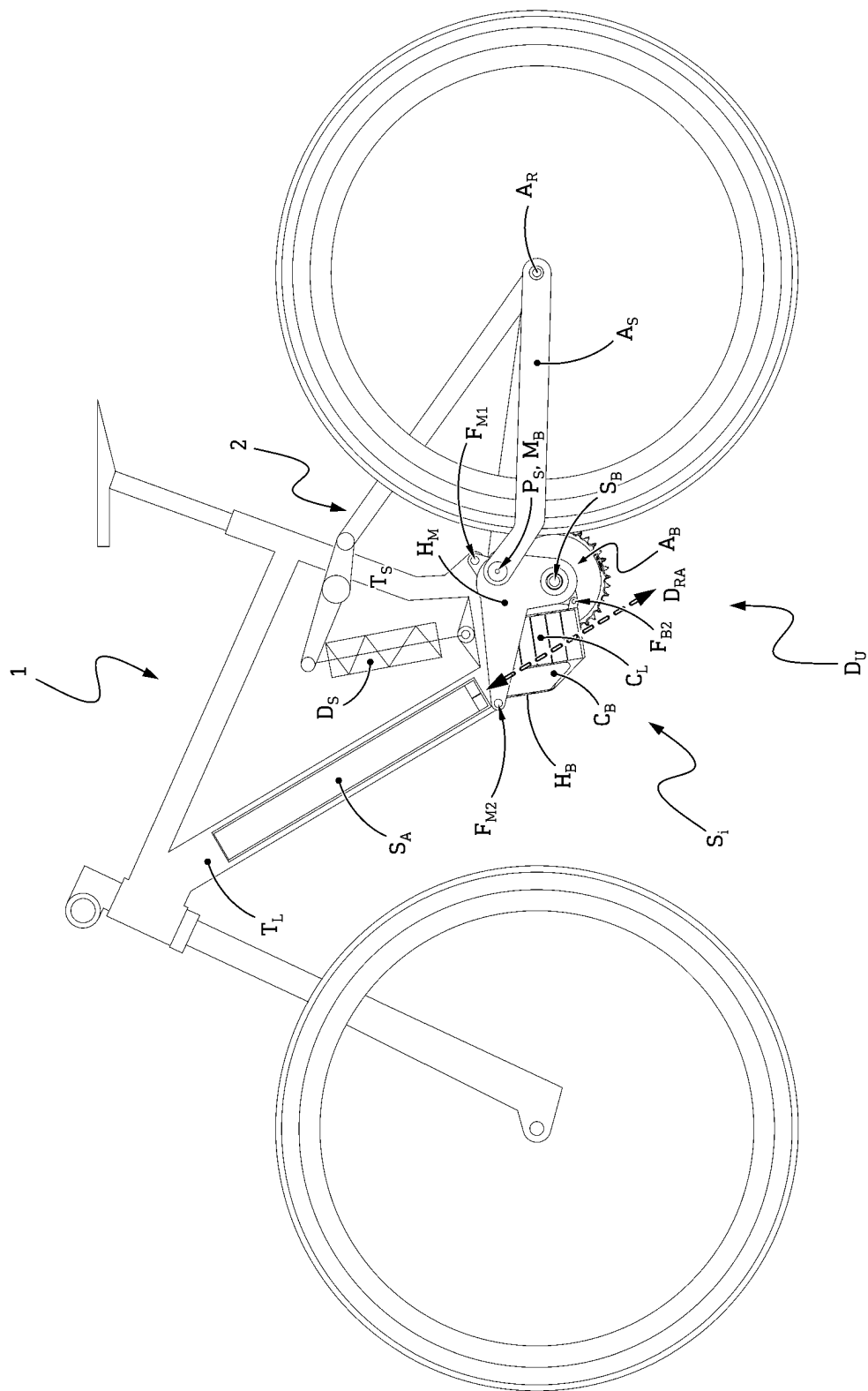


Fig. 15

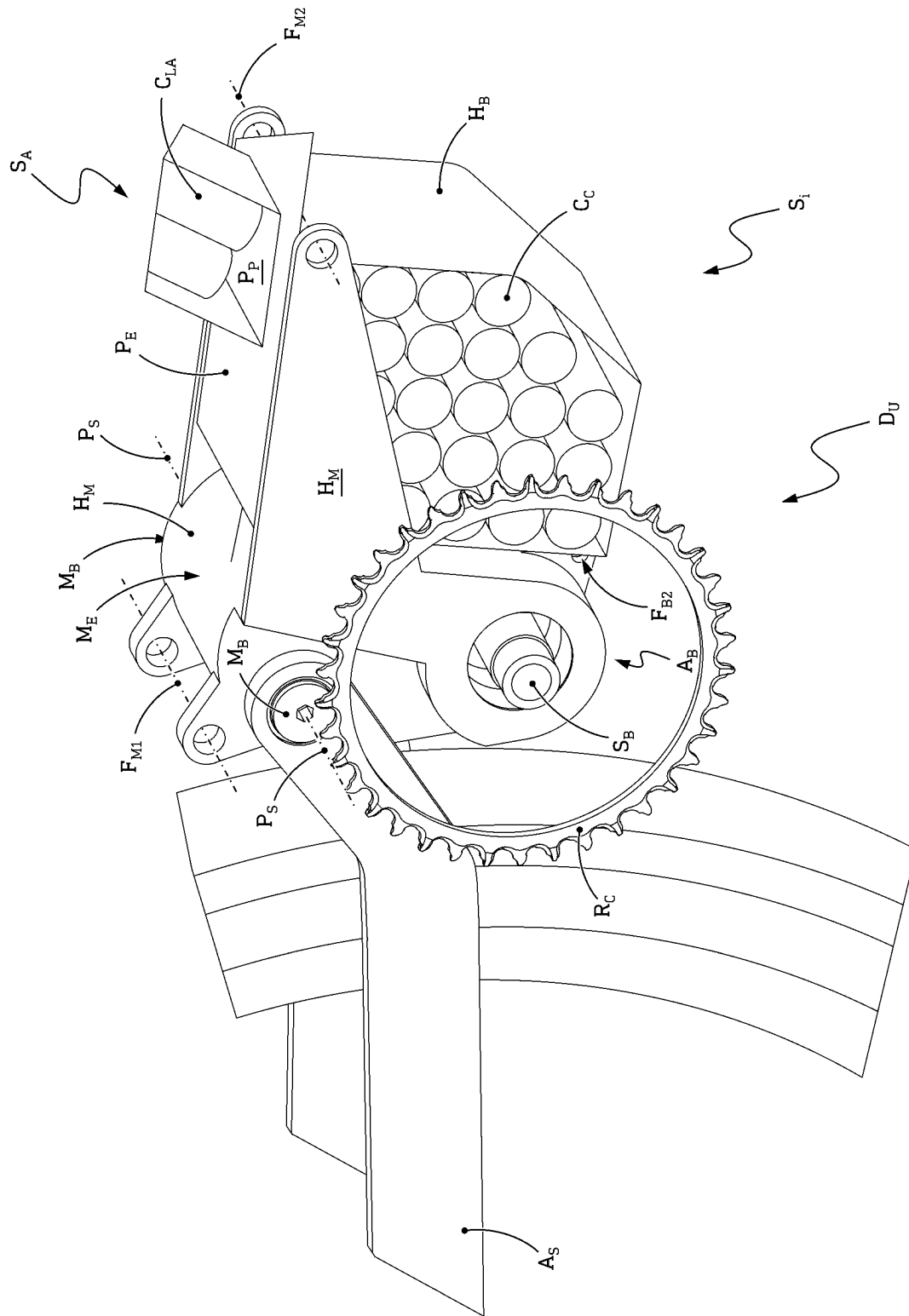


Fig. 16

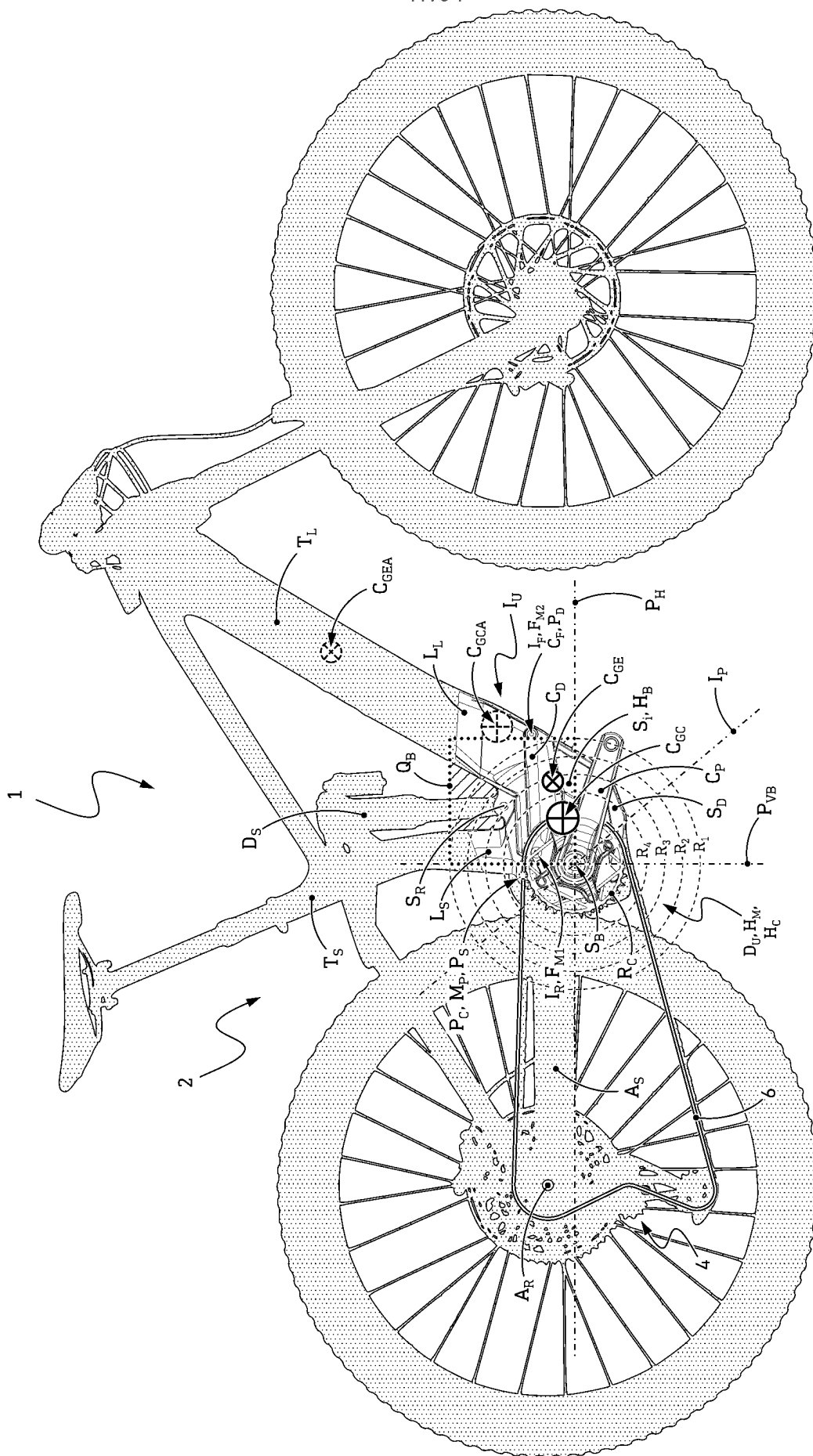


Fig. 17

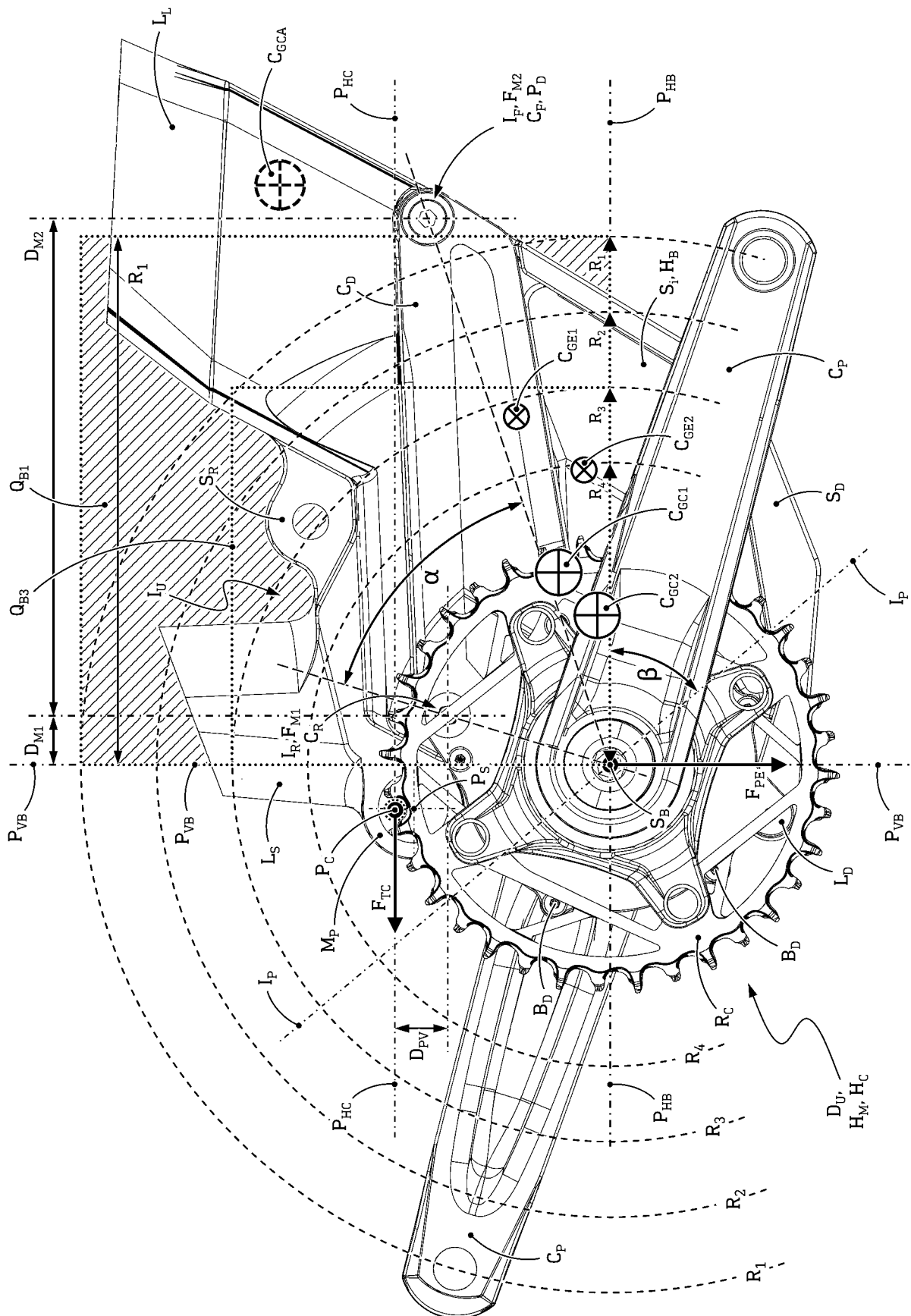


Fig. 18

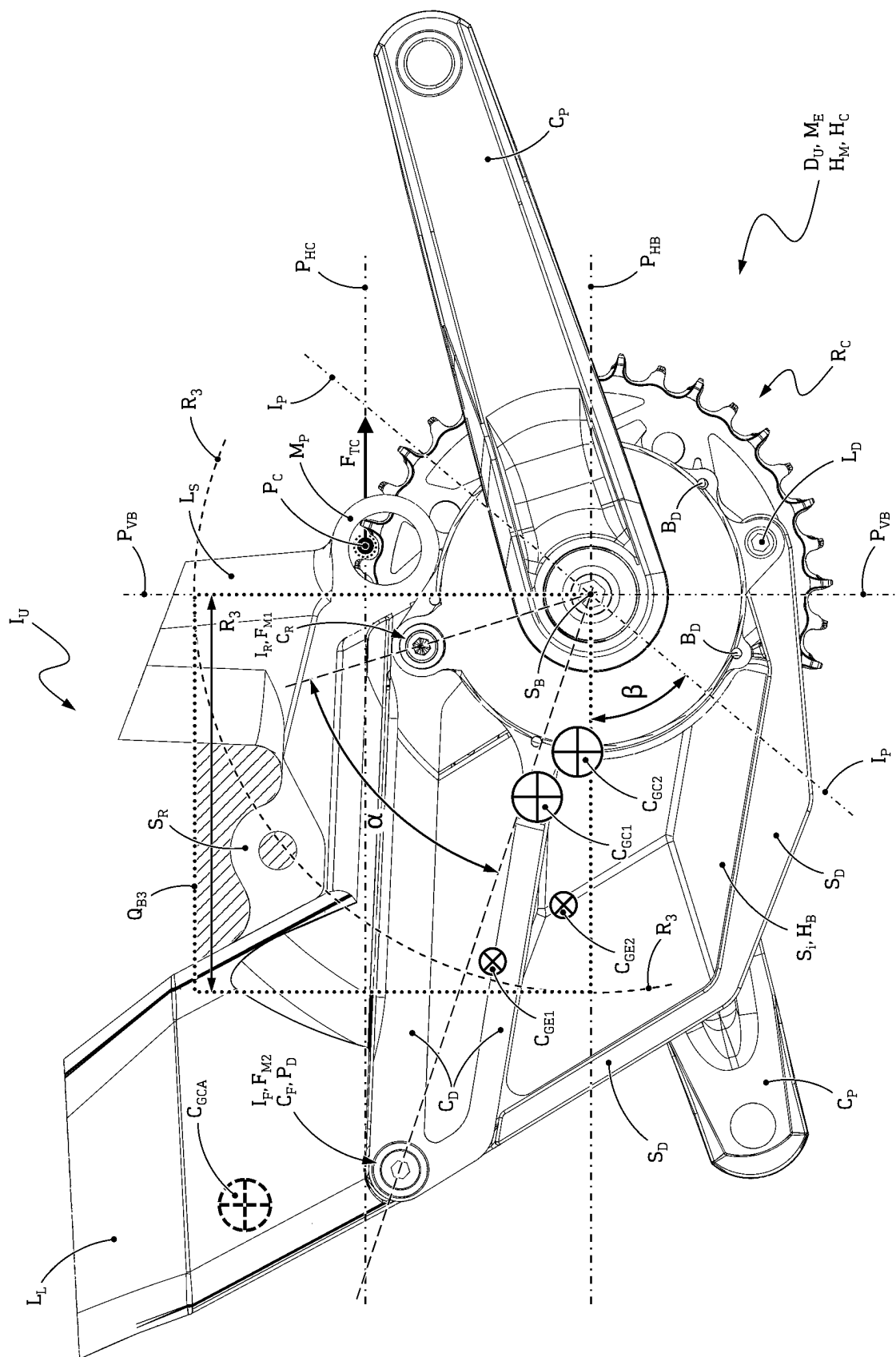


Fig. 19

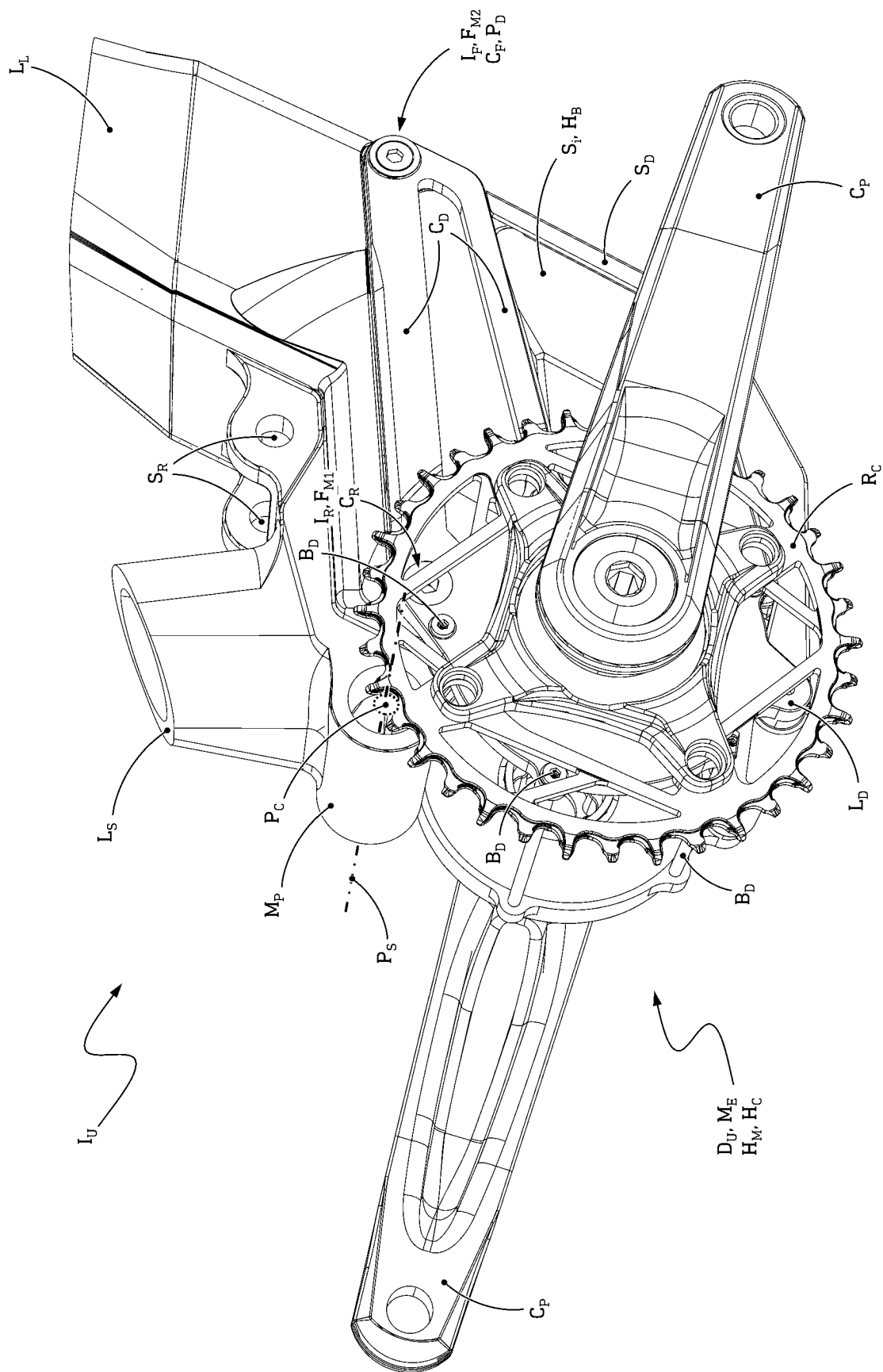


Fig. 20

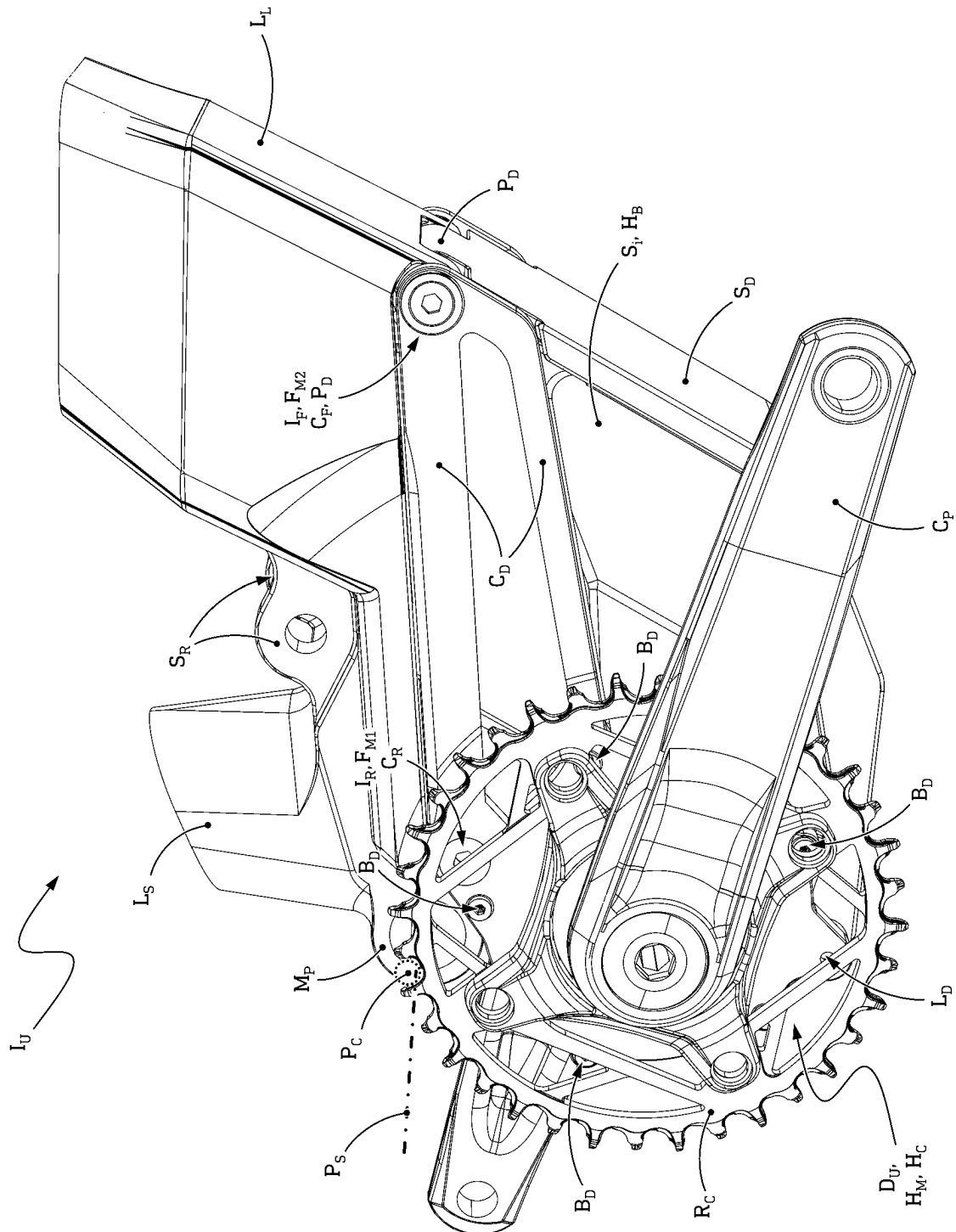
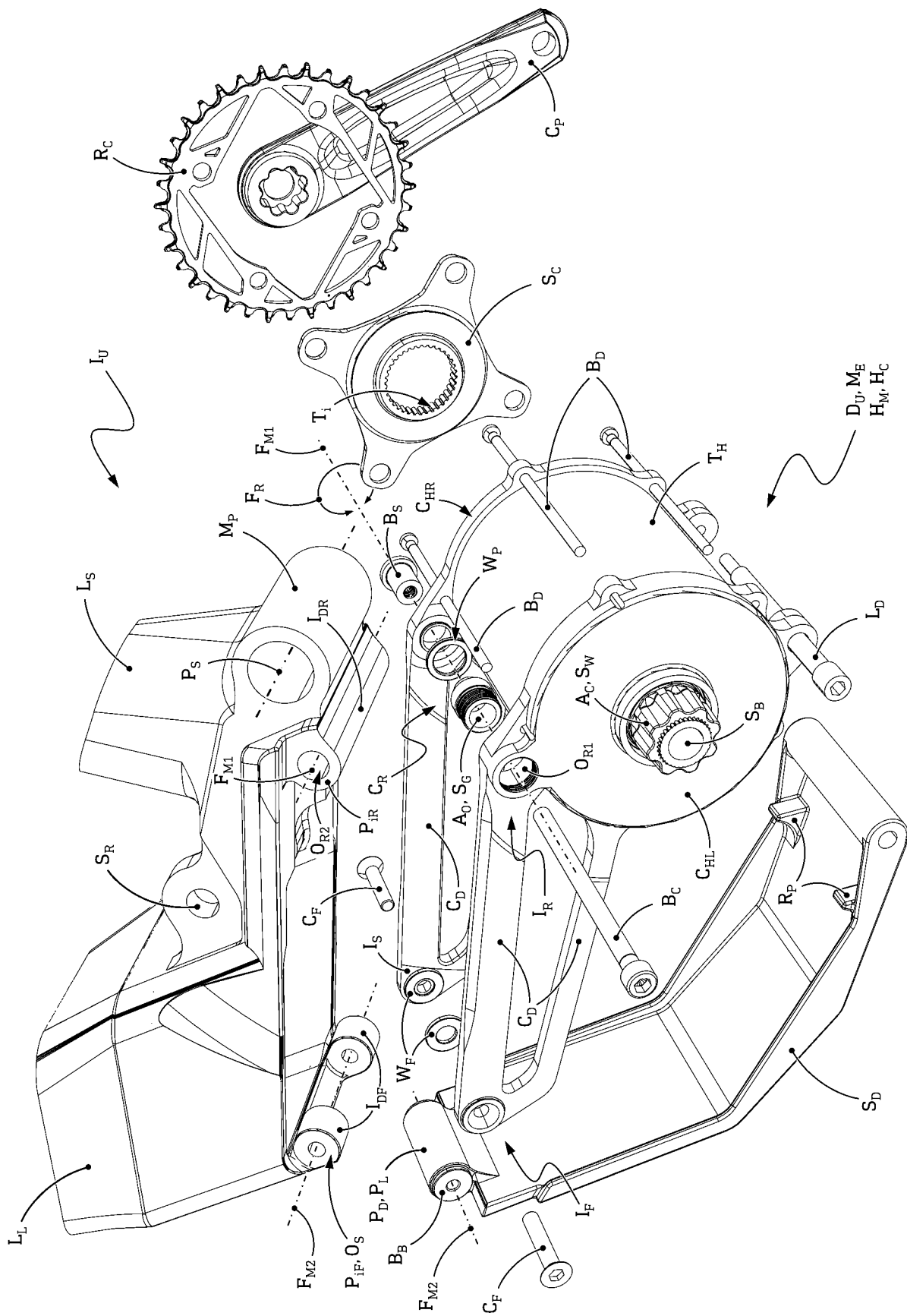


Fig. 21



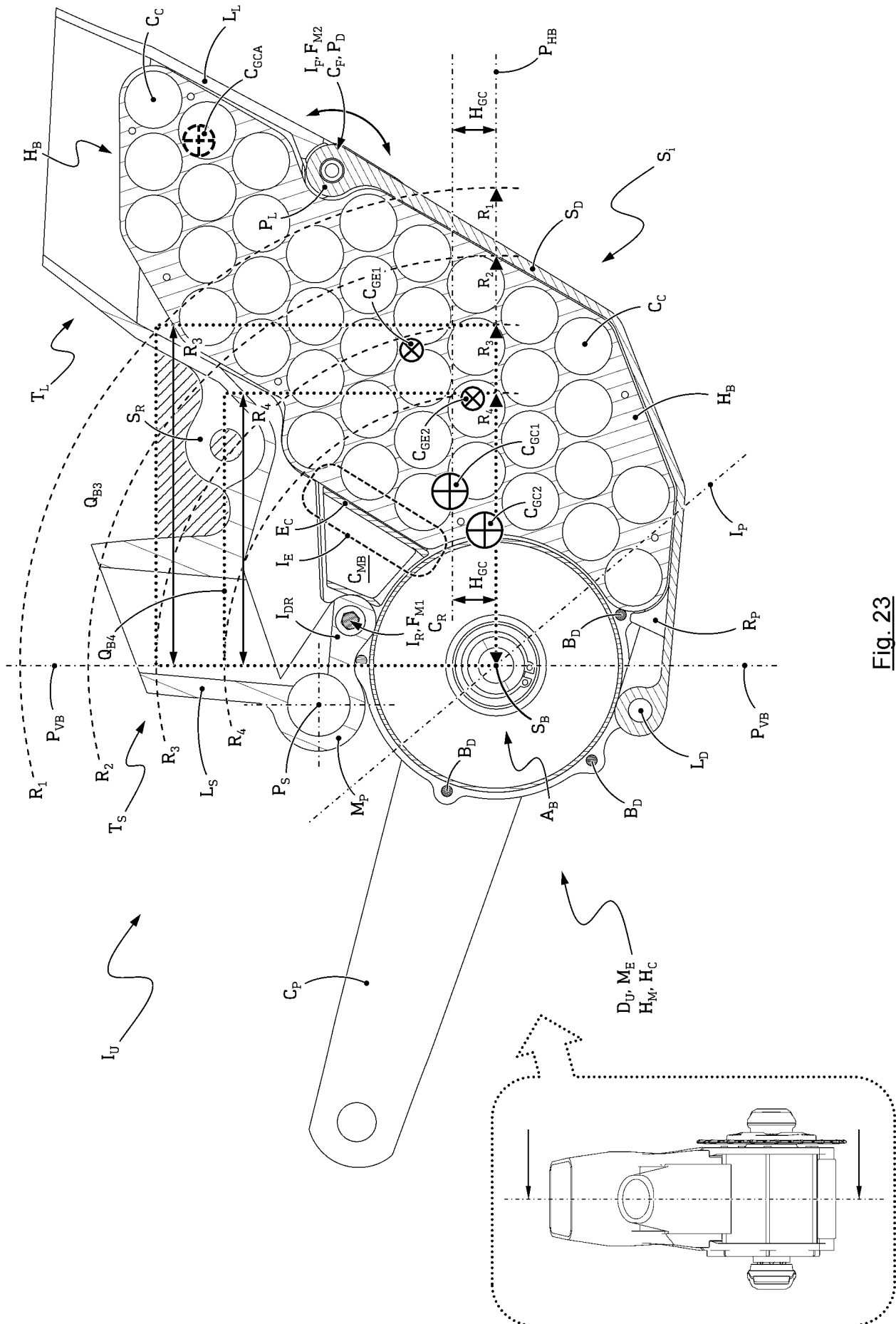
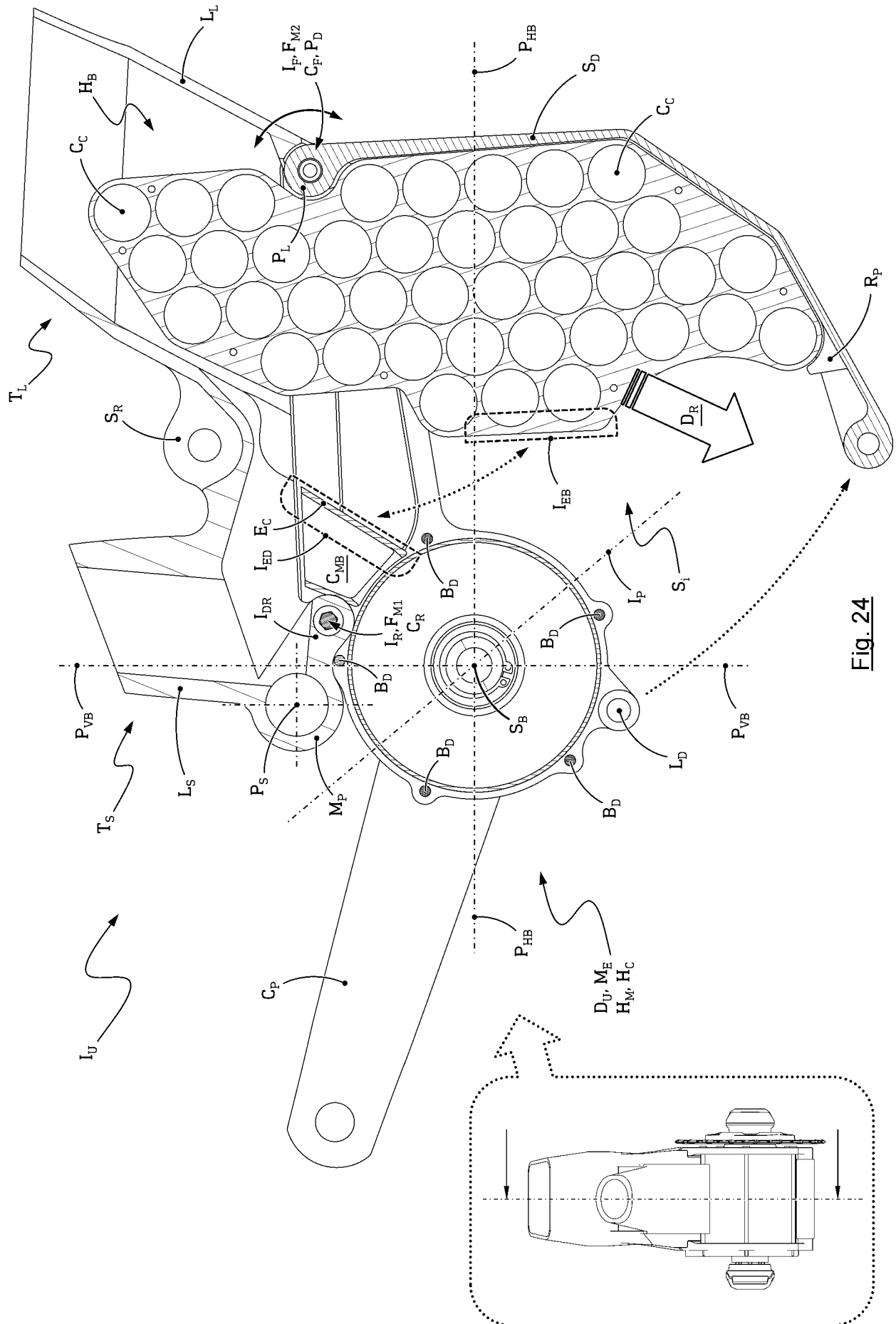


Fig. 23



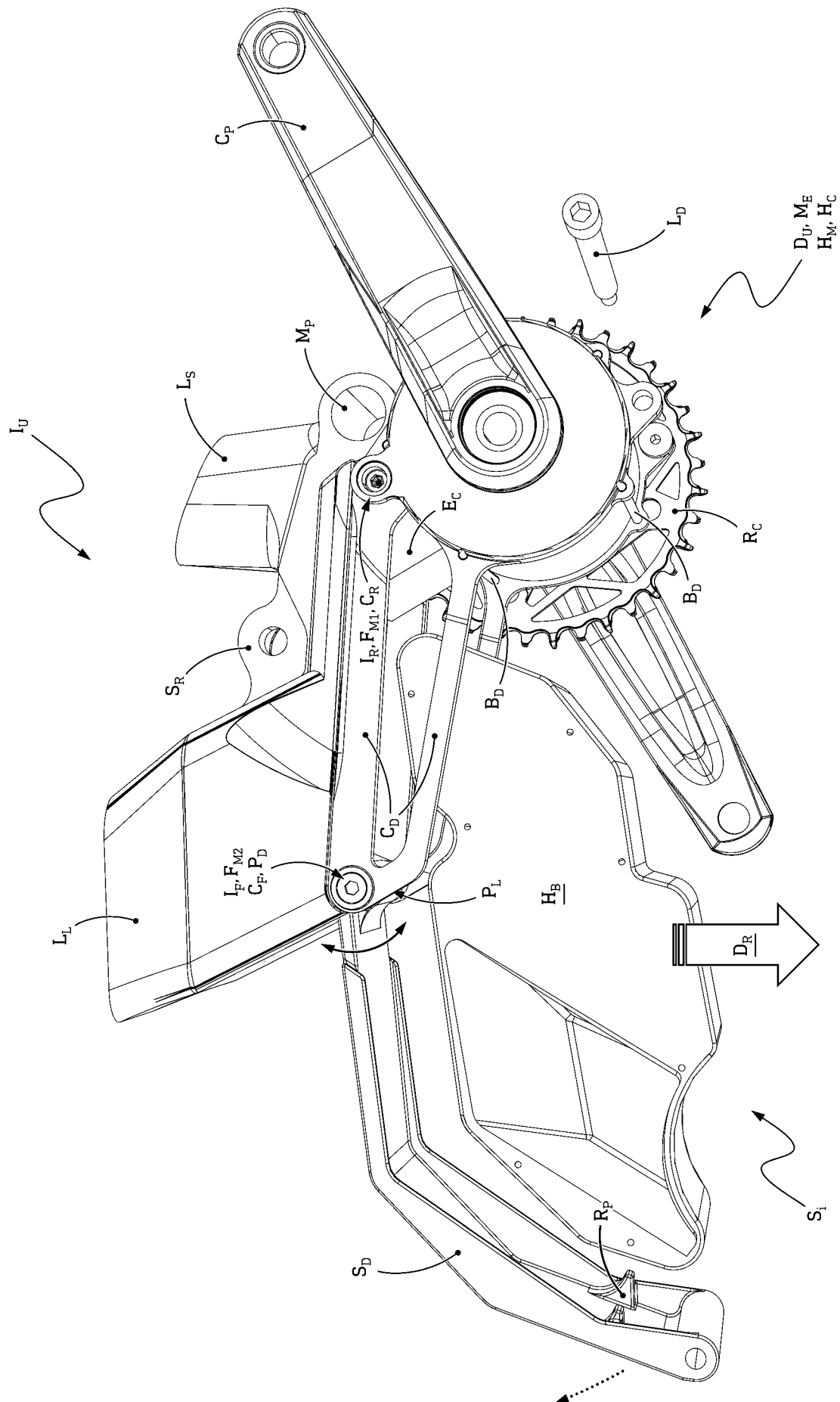
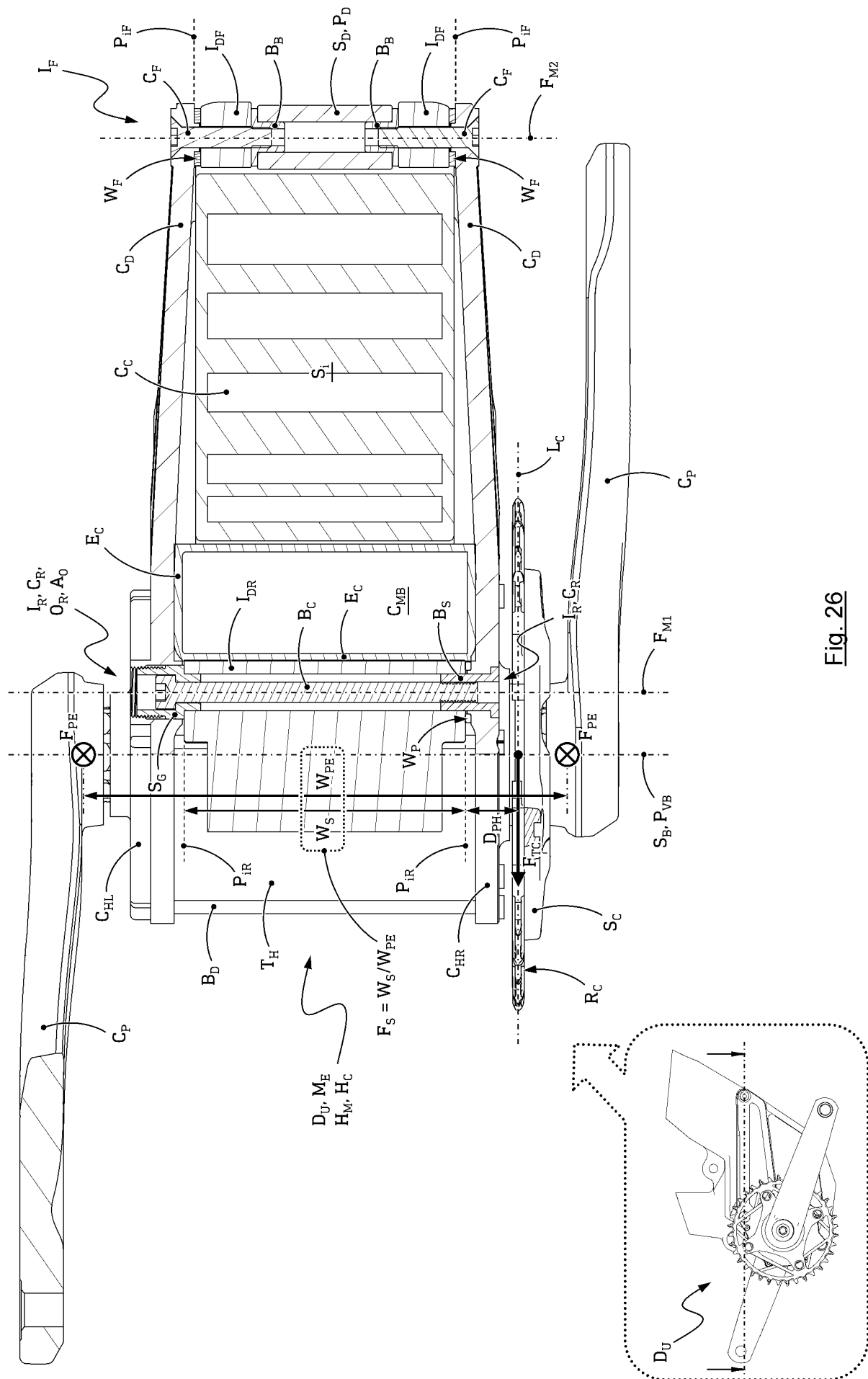
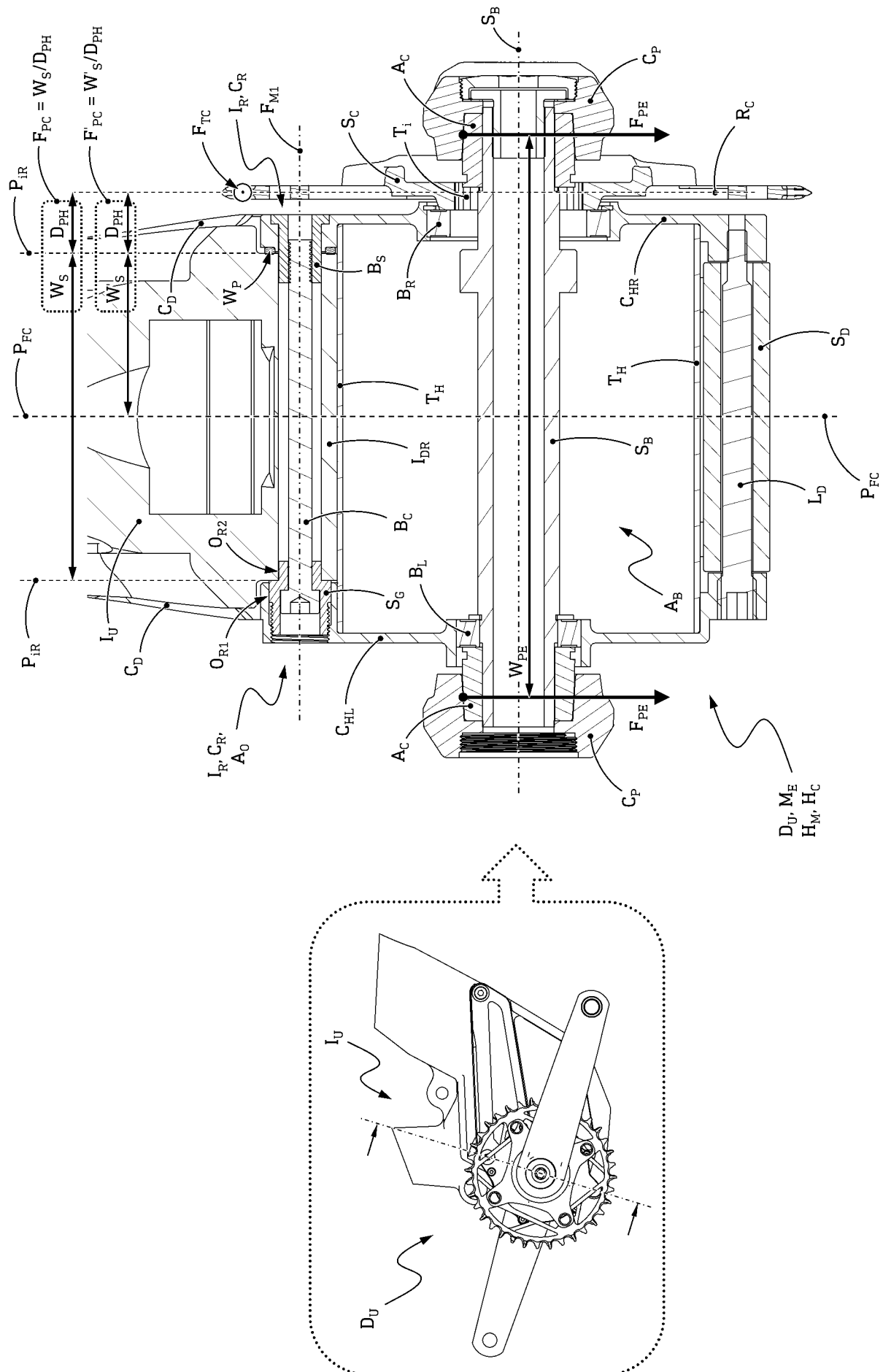


Fig. 25





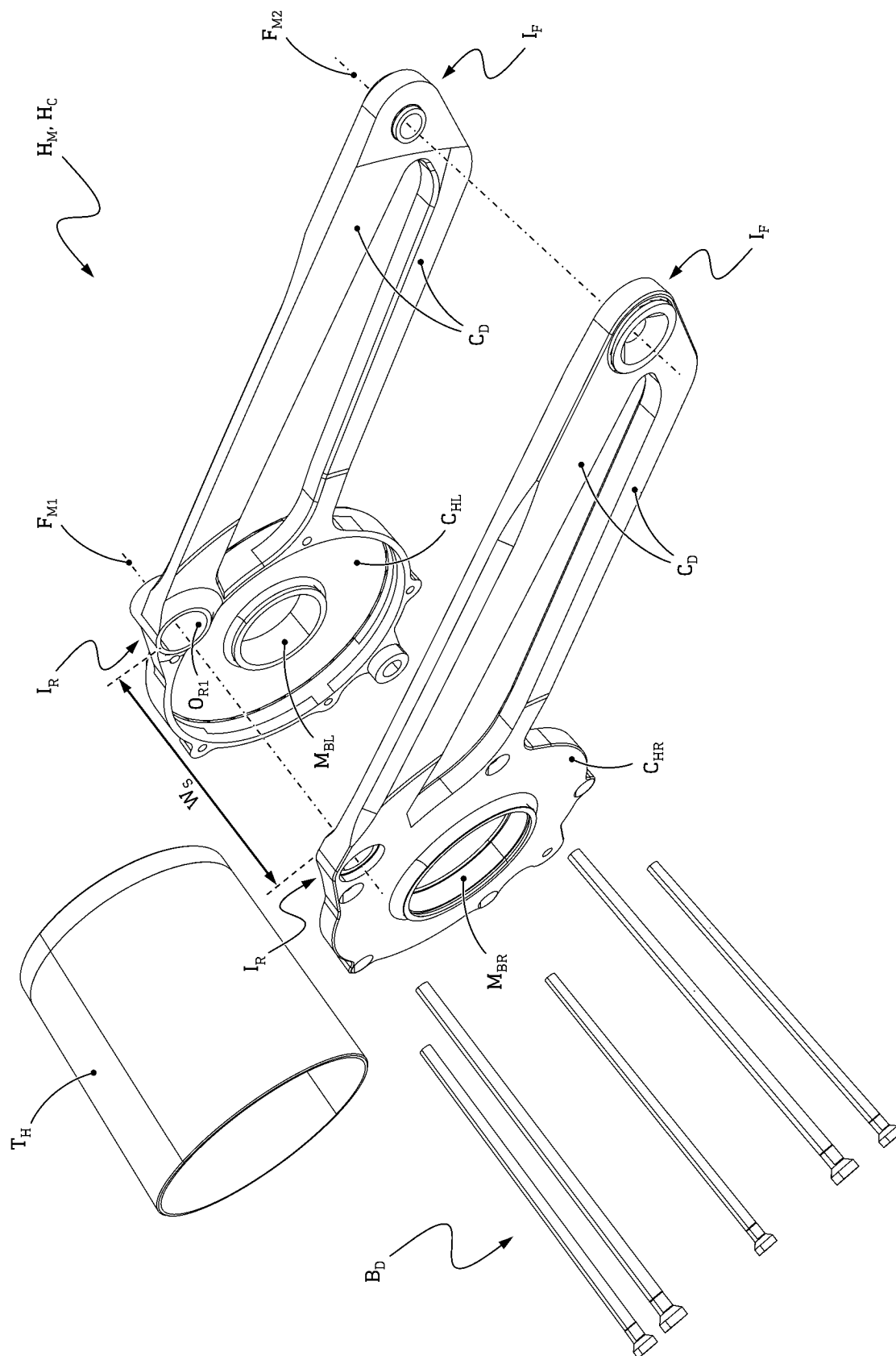


Fig. 28

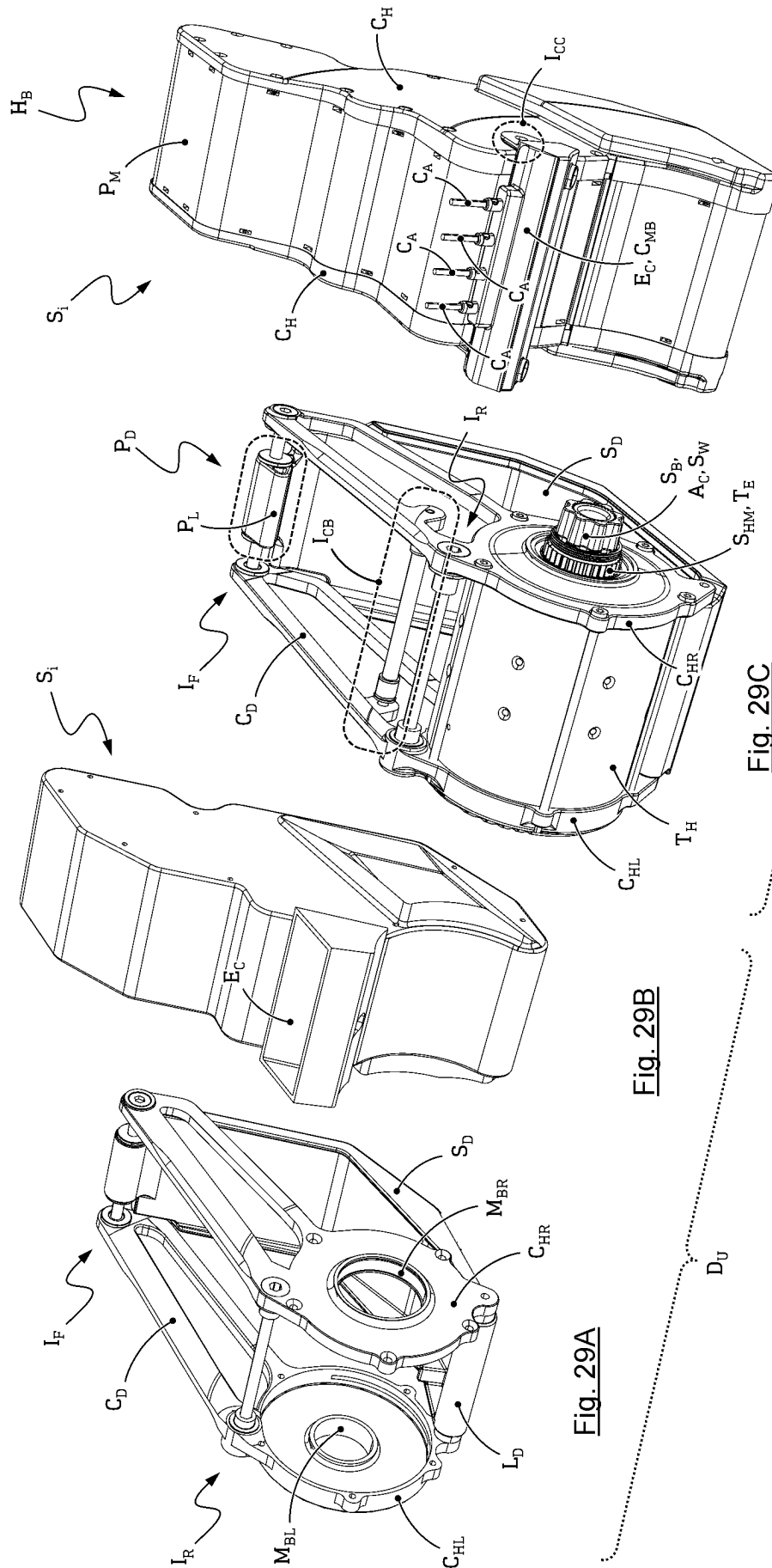


Fig. 29D

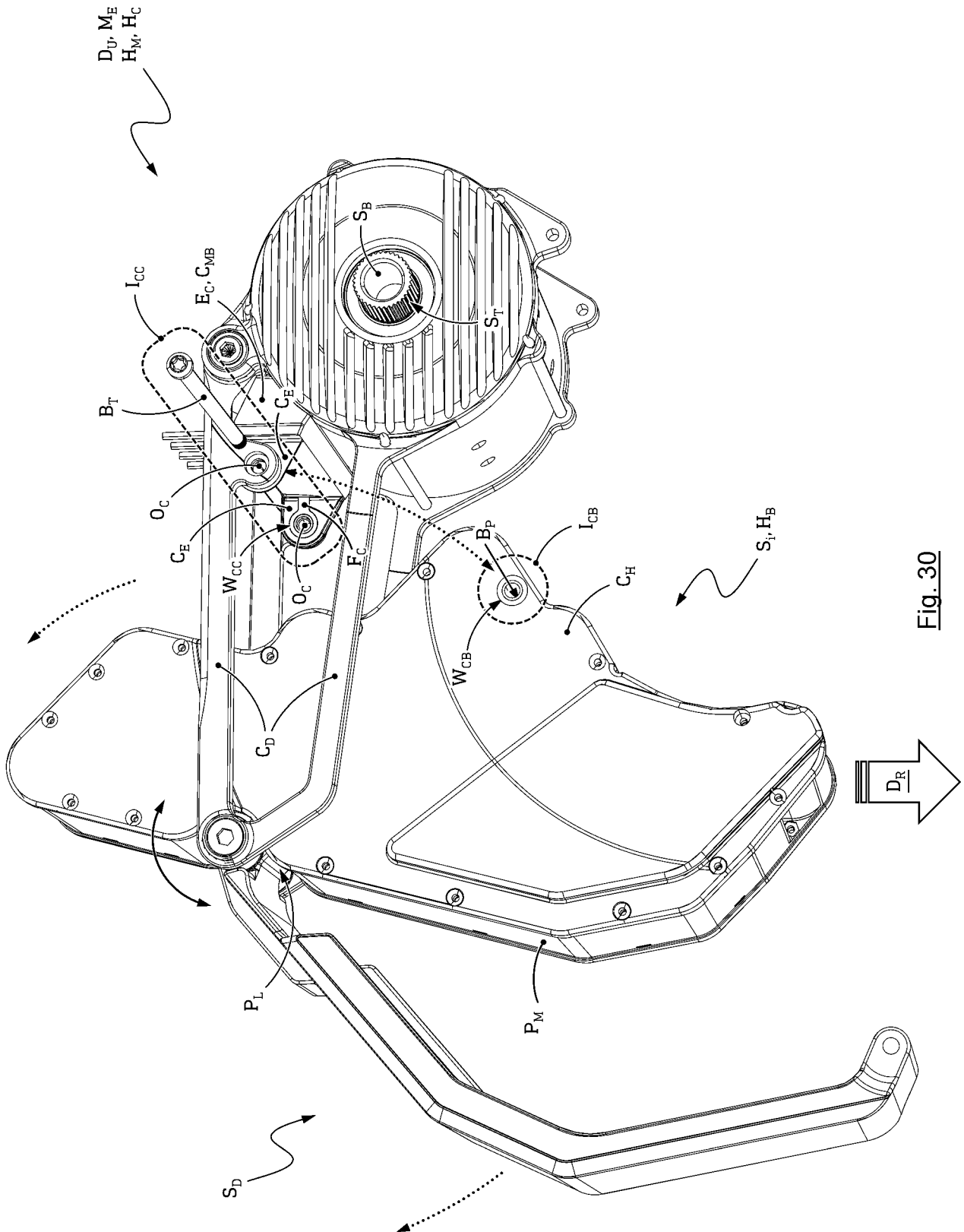


Fig. 30

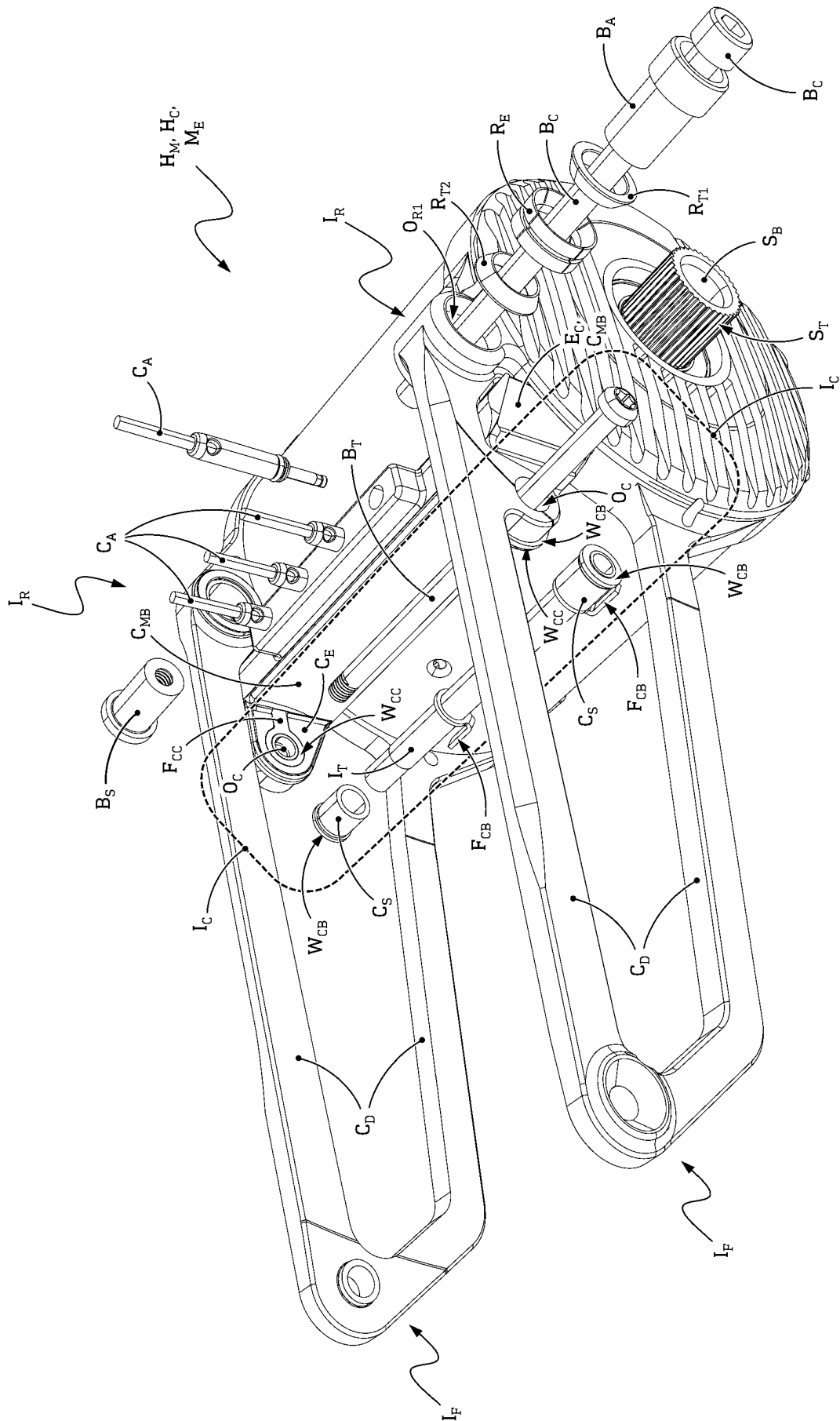


Fig. 31

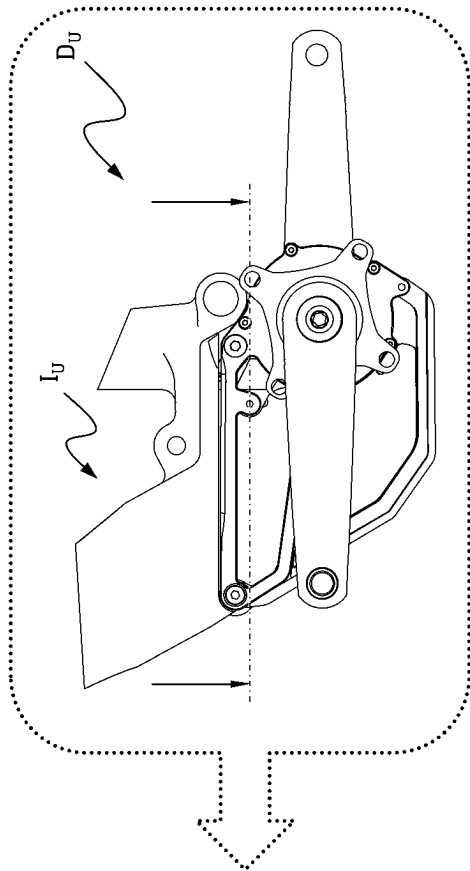


Fig. 32A

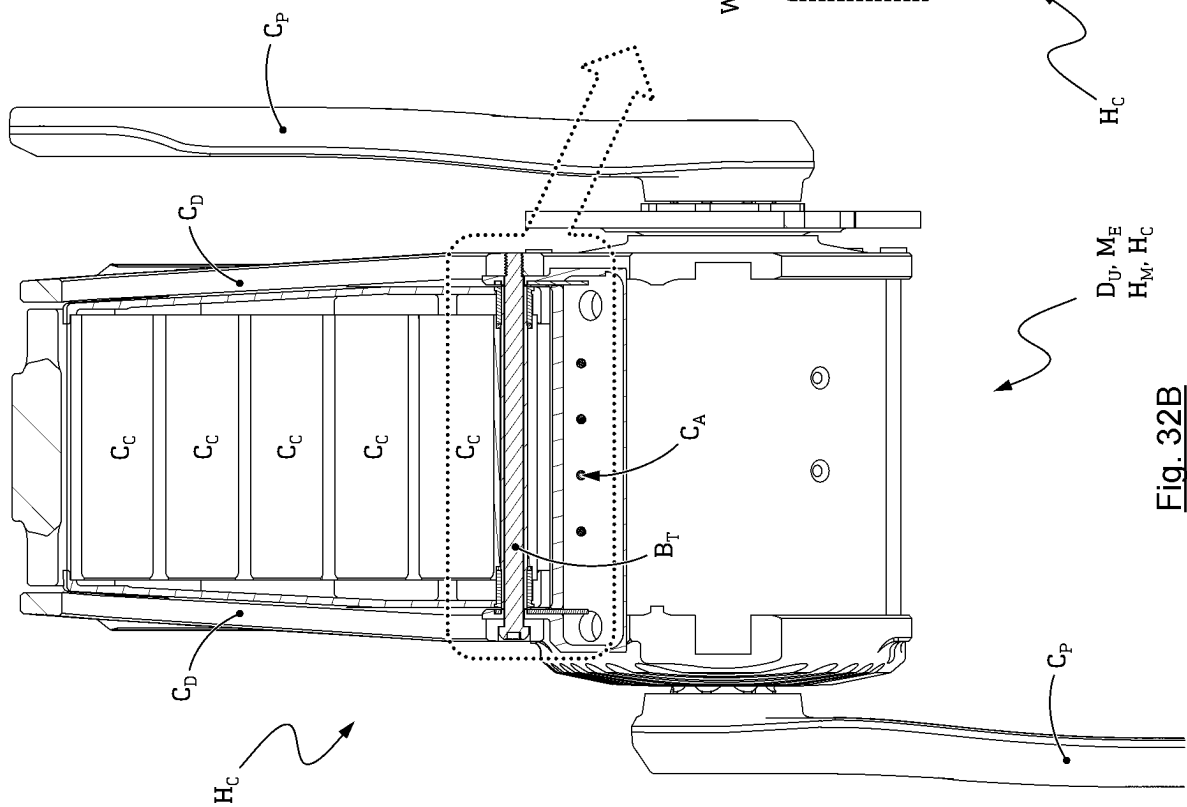


Fig. 32B

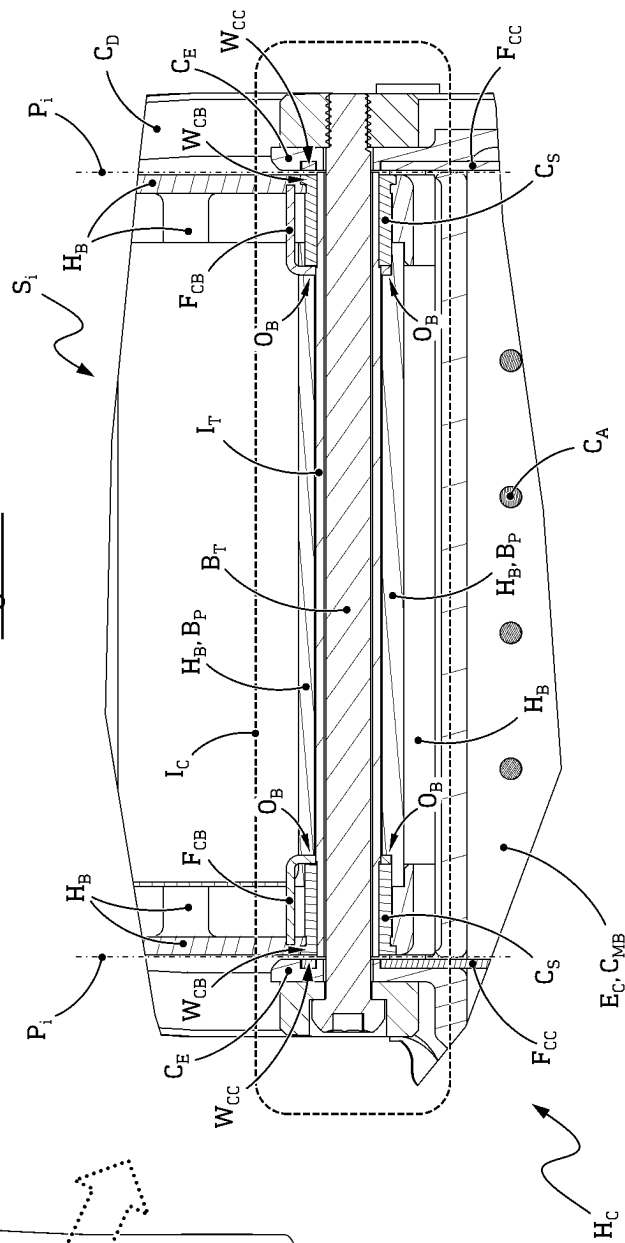


Fig. 32C

