

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50606/2022
(22) Anmeldetag: 09.08.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.11.2023

(51) Int. Cl.: **F16H 3/72** (2006.01)
B60K 6/365 (2007.10)
F16H 37/06 (2006.01)
F16H 37/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102011085199 A1
DE 102006059591 A1
DE 102018222023 A1
EP 3106337 A1

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Davydov Vitaly
8301 Laßnitzhöhe (AT)
Fuckar Gernot Dipl.-Ing. (FH)
8045 Graz (AT)
Gruber Manuel
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.-Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) Antriebseinheit für ein Kraftfahrzeug

(57) Eine Antriebseinheit (12) für ein Kraftfahrzeug weist eine Primärantriebsmaschine (ICE), eine Sekundärntriebsmaschine (EM) und ein Getriebe (13) mit einem Planetenradsatz (PGS) und einer Zahnradpaaranordnung (20) auf. Über ein erstes Schaltelement (C1L) können zwei Glieder (P1, P3) des Planetenradsatzes (PGS) miteinander drehfest und die Primärntriebsmaschine (ICE) und/oder die zweite Eingangswelle (15) mit einem Gehäuse (H) des Getriebes (13) verbunden werden. Zwei Losräder (2L, 6L) einer ersten Gruppe (A) an Zahnradpaaren (1/2, 4/6) sind auf einer Zwischenwelle (16) drehbar gelagert und über ein zweites Schaltelement (C2) aktivier- oder deaktivierbar, zwei Festräder (2L, 6L) der ersten Gruppe (A) sind auf der ersten Eingangswelle (14) drehfest angeordnet. Zwei Losräder (3L, 5L) einer zweiten Gruppe (B) an Zahnradpaaren (3, 5) sind auf der Zwischenwelle (16) drehbar gelagert und über ein drittes Schaltelement (C3) aktivier- oder deaktivierbar, wobei zwei Festräder (2L, 6L) dieser zweiten Gruppe (B) auf der zweiten Eingangswelle (15) drehfest angeordnet sind.

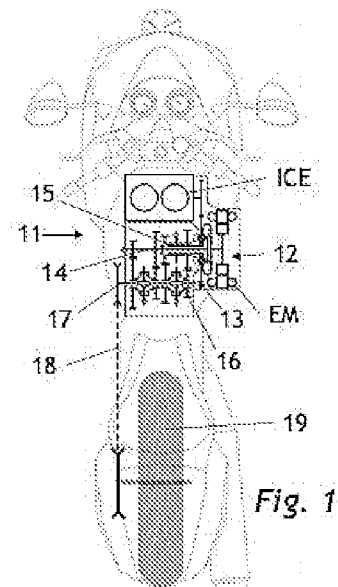


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antriebseinheit für ein Kraftfahrzeug, insbesondere für ein Motorrad, mit einer Primärantriebsmaschine, einer Sekundärantriebsmaschine und einem Getriebe, welche Antriebseinheit aufweist:

- eine erste Eingangswelle und eine zweite Eingangswelle, wobei die zweite Eingangswelle koaxial zur ersten Eingangswelle angeordnet und drehfest mit der Primärantriebsmaschine verbunden ist;
- eine Ausgangswelle;
- eine Zwischenwelle, die parallel zu der ersten und der zweiten Eingangswelle angeordnet und mit der Ausgangswelle verbunden ist;
- einen Planetenradsatz mit einem ersten, zweiten und dritten Glied, wobei das erste Glied mit der Primärantriebsmaschine, das zweite Glied mit der Sekundärantriebsmaschine und das dritte Glied mit der ersten Eingangswelle verbunden sind;
- zumindest ein erstes Schaltelement, welches ausgebildet ist, um in einer Schaltstellung zwei Glieder des Planetenradsatzes und/oder die erste Eingangswelle und die zweite Eingangswelle miteinander drehfest zu verbinden und einer weiteren Schaltstellung die Antriebsmaschine und/oder die zweite Eingangswelle mit dem Gehäuse zu verbinden und zu blockieren;
- einer Zahnradpaaranordnung mit mehreren Zahnradpaaren, wobei jedes Zahnradpaar ein Festrاد und ein Losrad aufweist, wobei jedes Losrad über ein Schaltelement aktivier- oder deaktivierbar ist, und wobei
- zwei Losräder einer aus zwei Zahnradpaaren bestehenden ersten Gruppe der Zahnradpaare auf der Zwischenwelle drehbar gelagert und über ein zweites Schaltelement aktivier- oder deaktivierbar sind, und zwei Festräder dieser ersten Gruppe an Zahnradpaaren auf der ersten Eingangswelle drehfest angeordnet sind,
- wobei die Zahnräder auf der ersten Eingangswelle mit den Zahnrädern auf der Zwischenwelle die Übersetzungsverhältnisse i_{G2} und i_{G6} aufweisen.

[0002] Weiters betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug, insbesondere ein Motorrad, mit einer solchen Antriebseinheit.

[0003] Aus der EP 3 106 337 A1 ist ein Getriebe bekannt, welches über eine Eingangswelle mit einer Brennkraftmaschine und einer weiteren Eingangswelle mit einer elektrischen Maschine verbunden ist. Die beiden Eingangswellen sind koaxial angeordnet und wirken über eine Zwischenwelle auf eine Abtriebswelle ein, wobei zwischen den Eingangswellen und der Zwischenwelle eine Zahnradpaaranordnung mit mehreren Zahnradpaaren vorgesehen ist, deren Losräder über Schaltelemente mittels durch eine Schaltwalze betätigbaren Schaltgabeln schaltbar sind. Das Übersetzungsverhältnis i_{PGS} zwischen dem zweiten Glied und dem dritten Glied bei angehaltenem ersten Glied ist kleiner als Null. Mit diesem negativen Übersetzungsverhältnis, welches auf die Anbindung der Brennkraftmaschine an den Steg des Planetenradsatzes zurückzuführen ist, sind die meisten der Gangstellungen durch die elektrische Maschine nur passiv drehmomentgestützt, wobei das Drehmoment der elektrischen Maschine - insbesondere während den Schaltvorgängen, beim Laden der Batterie und beim Verbrauch von elektrischer Energie - positiv und die Drehzahl negativ ist. Fig. 8 zeigt ein Leistungsflussdiagramm aus der EP 3 106 337 A1 für Schaltvorgänge zwischen den Schaltstufen S1 bis S4 bei weit geöffneter Drosselklappe. Die Positionen PTF S1-S2, PFT S3-S4, PFT G4-G5 zeigen passiv drehmomentgestützte Schaltvorgänge. Die Position ATF G2-G3 zeigt einen aktiv drehmomentgestützten Schaltvorgang. Mit PDL ist die generierte elektrische Leistung der elektrischen Maschine und mit TF ist das Drehmomentfüllniveau bezeichnet. Das Bezugszeichen LA bezeichnet den Start des Fahrzeuges. Deutlich ist zu erkennen, dass passive drehmomentgestützte Schaltvorgänge überwiegen.

[0004] Weitere Antriebseinheiten für ein Kraftfahrzeug der eingangs genannten Art sind aus den Veröffentlichungen DE 10 2011 085 199 A1, DE 10 2006 059 591 A1 und DE 10 2018 222 023 A1 bekannt.

[0005] Der Schaltkomfort bei passiv drehmomentgestützten Schaltvorgängen ist wesentlich schlechter als der Schaltkomfort bei aktiv drehmomentgestützten Schaltvorgängen.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, den Schaltkomfort von Schaltvorgängen bei einem Getriebe der eingangs genannten Art zu verbessern.

[0007] Die Aufgabe wird mit einem Getriebe der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zwei Losräder einer aus zwei Zahnradpaaren bestehenden zweiten Gruppe der Zahnradpaaren ebenfalls auf der Zwischenwelle drehbar gelagert und über ein drittes Schaltelement aktivier- oder deaktivierbar sind, und zwei Festräder dieser zweiten Gruppe an Zahnradpaaren auf der zweiten Eingangswelle drehfest angeordnet sind, wobei bei den Zahnradpaaren der zweiten Gruppe die Zahnräder auf der zweiten Eingangswelle mit den Zahnrädern auf der Zwischenwelle die Übersetzungsverhältnisse i_{G3} und i_{G5} aufweisen, und dass gilt:

- $i_{1PGS} > 1$,
wobei i_{1PGS} ein Übersetzungsverhältnis des Planetenradsatzes von der zweiten Eingangswelle zur ersten Eingangswelle mit angehaltener Sekundärtriebsmaschine ist, und dass
- die Übersetzungsverhältnisse i_{G2} , i_{G3} , i_{G6} , i_{1PGS} mindestens eine der folgenden Ungleichungen - vorzugsweise beide folgende Ungleichungen - erfüllen:
 - $i_{G2} \leq i_{G3} \times i_{1PGS}$
 - $i_{G3}^2 \leq i_{G2} \times i_{G6} \times i_{1PGS}$

[0008] Eine weitere Verbesserung der Schaltqualität lässt sich erzielen, wenn zusätzlich die Übersetzungsverhältnisse i_{G3} , i_{G5} , i_{G6} , i_{1PGS} folgende Ungleichung erfüllen:

$$i_{G6}^2 \times i_{1PGS}^2 \leq i_{G3} \times i_{G5}$$

[0009] In einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass zusätzlich die Übersetzungsverhältnisse i_{G5} , i_{G6} , i_{1PGS} folgende Ungleichung erfüllen:

$$i_{G5}^2 \leq i_{G6}^2 \times i_{1PGS}$$

[0010] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Getriebe eine progressive Gangabstufung aufweist, wobei für die Übersetzungen i_{G1} , i_{G2} , i_{G3} , i_{G4} , i_{G5} , i_6 gilt:

$$\frac{i_{G5}}{i_{G6}} \leq \frac{i_{G4}}{i_{G5}} \leq \frac{i_{G3}}{i_{G4}} \leq \frac{i_{G2}}{i_{G3}} \leq \frac{i_{G1}}{i_{G2}}$$

[0011] Günstiger Weise ist vorgesehen, dass für die Übersetzungen i_{1PGS} , i_{G1} , i_{G2} gilt:

$$i_{1PGS} = \frac{i_{G1}}{i_{G2}}$$

[0012] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass das erste Glied des Planetenradsatzes als Hohlrad, das zweite Glied des Planetenradsatzes als Sonnenrad und das dritte Glied des Planetenradsatzes als Steg ausgebildet ist.

[0013] Dabei gilt bevorzugt:

$$i_{1PGS} = \frac{z_1 + z_2}{z_2},$$

wobei z_1 die Anzahl der Zähne des Sonnenrades und z_2 die Anzahl der Zähne des Hohlrades ist.

[0014] Eine erste Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass der Planetenradsatz zwischen der Zahnradpaaranordnung und der Sekundärtriebsmaschine angeordnet ist.

[0015] Eine zweite Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass die Sekundärtriebsmaschine zwischen der Zahnradpaaranordnung und dem Planetenradsatz angeordnet ist.

[0016] Eine dritte Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass die Zahnradpaaranordnung zwischen der Sekundärtriebsmaschine und dem Planetenradsatz angeordnet ist, wobei die Sekundärtriebsmaschine und der Planetenradsatz an einander abgewandten Stirnseiten des

Getriebes angeordnet sind.

[0017] Eine vierte Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass die Primärtriebsmaschine koaxial mit dem Planetenradsatz und die Sekundärtriebsmaschine parallel und distanziert zur ersten und zweiten Eingangswelle angeordnet ist.

[0018] Die Sekundärtriebsmaschine kann gemäß einer Ausbildung der Erfindung koaxial mit dem Planetenradsatz angeordnet sein.

[0019] Gemäß einer Variante der Erfindung ist die Primärtriebsmaschine koaxial mit der Sekundärtriebsmaschine angeordnet.

[0020] In Ausführungen für Motorräder kann jeweils auf eine Parksperre verzichtet werden. Bei Anwendungen für Kraftfahrzeuge ist es vorteilhaft, wenn eine Parksperrvorrichtung vorgesehen ist, wobei die Parksperrvorrichtung ein auf der Zwischenwelle angeordnetes Parksperrrad aufweist.

[0021] In einer äußerst kompakten Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass zumindest ein Schaltelement durch eine axial verschiebbare Schalthülse gebildet ist. Zumindest ein Schaltelement weist günstigerweise zwei Schaltstellungen und vorzugsweise zwischen einer ersten und einer zweiten Schaltstellung eine Neutralstellung auf.

[0022] Durch das zweite Schaltelement können die Losräder der zweiten Gruppe an Zahnradpaaren und durch das dritte Schaltelement die Losräder der zweiten Gruppe an Zahnradpaaren geschaltet, also aktiviert bzw. deaktiviert werden. Dabei ist in jeder der Schaltstellungen zumindest ein Losrad aktiviert und das andere deaktiviert. In der Neutralstellung sind beide Losräder der benachbarten Zahnradpaare deaktiviert. Aktiviert bedeutet dabei, dass das Losrad mit der Zwischenwelle drehfest verbunden wird. Deaktiviert bedeutet, dass das entsprechende Losrad von der Zwischenwelle entkoppelt wird, also auf dieser frei drehbar ist.

[0023] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das erste Schaltelement einstückig mit den Festrädern der beiden benachbarten Zahnradpaare der zweiten Gruppe ausgebildet ist. Dadurch kann Bauraum und die Teileanzahl gespart werden. Die beiden Festräder werden beim Schaltvorgang mit dem ersten Schaltelement axial mitverschoben. Diese Ausführung bedingt eine Gradverzahnung der betroffenen Zahnradpaare.

[0024] Alternativ dazu kann - insbesondere bei Getrieben mit schrägverzahnten Zahnrädern - vorgesehen sein, dass das erste Schaltelement relativ zu den Festrädern von benachbarten Zahnradpaaren axial verschiebbar, aber drehfest mit den Festrädern verbunden ist.

[0025] Günstigerweise ist die Primärtriebsmaschine durch eine Brennkraftmaschine und die Sekundärtriebsmaschine durch eine elektrische Maschine gebildet.

[0026] Die Aufgabe kann weiters mit einem Kraftfahrzeug, beispielsweise einem Motorrad, mit einer Antriebseinheit gelöst werden, bei dem erfindungsgemäß das Getriebe ausgebildet ist, um zumindest die Mehrzahl aller Gangwechsel mit aktiver Drehmomentauffüllung durch die Sekundärtriebsmaschine durchzuführen.

[0027] Dadurch kann der Schaltkomfort von Schaltvorgängen wesentlich verbessert werden.

[0028] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Figuren gezeigten nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen näher erläutert. Darin zeigen schematisch:

[0029] Fig. 1 ein Kraftfahrzeug mit einer erfindungsgemäßen Antriebseinheit,

[0030] Fig. 2 eine erfindungsgemäße Antriebseinheit in einer ersten Ausführungsvariante,

[0031] Fig. 3 eine erfindungsgemäße Antriebseinheit in einer zweiten Ausführungsvariante,

[0032] Fig. 4 eine erfindungsgemäße Antriebseinheit in einer dritten Ausführungsvariante,

[0033] Fig. 5 eine erfindungsgemäße Antriebseinheit in einer vierten Ausführungsvariante,

[0034] Fig. 6 eine erfindungsgemäße Antriebseinheit in einer fünften Ausführungsvariante,

- [0035]** Fig. 7 ein Gangwechselkennfeld der erfindungsgemäßen Antriebseinheit,
- [0036]** Fig. 8 ein Leistungsflussdiagramm einer bekannten Getriebeanordnung für verschiedene Schaltvorgänge,
- [0037]** Fig. 9 ein Leistungsflussdiagramm der erfindungsgemäßen Antriebseinheit für verschiedene Schaltvorgänge, und
- [0038]** Fig. 10 ein Drehzahl-/Drehmoment-Diagramm der erfindungsgemäßen Antriebseinheit für verschiedene Schaltvorgänge.

[0039] Fig. 1 zeigt ein Motorrad 11 mit einer erfindungsgemäßen Antriebseinheit 12, bestehend aus einer Primärtriebsmaschine ICE, einer Sekundärtriebsmaschine EM und einem Getriebe 13 mit quer angeordneten parallelen Eingangs- 14, 15, Zwischen- 16 und Ausgangswellen 17. Die Ausgangswelle 17 ist über einen im dargestellten Ausführungsbeispiel durch ein Zugmittelgetriebe gebildeten Finaltrieb FD beispielsweise über eine Antriebskette 18 mit einem Hinterrad 19 des Motorrades 1 antriebsverbunden. Die Primärtriebsmaschine ICE ist in den Ausführungsbeispielen durch eine Brennkraftmaschine und die Sekundärtriebseinheit EM durch eine elektrische Maschine gebildet.

[0040] In Fig. 2 ist die Antriebseinheit 12 aus Fig. 1 im Detail dargestellt. Das Getriebe 13 der Antriebseinheit 12 ist in jeder der Ausführungsvarianten ausgebildet, um zumindest zwei Gangwechsel mit aktiver Drehmomentstützung durch die Sekundärtriebsmaschine EM durchzuführen.

[0041] Das Getriebe 13 weist eine erste Eingangswelle 14 und eine zweite Eingangswelle 15 auf, wobei die zweite Eingangswelle 15 koaxial zur ersten Eingangswelle 14 angeordnet und drehfest mit der Primärtriebsmaschine ICE verbunden ist. Die Ausgangswelle 17 ist mit der ersten Zwischenwelle 16 drehfest verbunden oder mit dieser einstückig ausgeführt. Die Zwischenwelle 16 ist parallel zu der ersten 14 und der zweiten Eingangswelle 15 angeordnet. Das Getriebe 13 weist einen Planetenradsatz PGS mit einem ersten P1, zweiten P2 und dritten Glied P3 auf, wobei das erste Glied P1 mit der Primärtriebsmaschine ICE, das zweite Glied P2 mit der Sekundärtriebsmaschine EM und das dritte Glied P3 mit der ersten Eingangswelle 14 verbunden sind. Im in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsbeispiel ist die Primärtriebsmaschine über einen durch eine Stirnradstufe gebildeten Primärtrieb PD mit dem ersten Glied P1 des Planetenradsatzes PGS antriebsverbunden.

[0042] Zu Durchführung von Gangwechseln sind ein erstes Schaltelement C1, ein zweites Schaltelement C2 und ein drittes Schaltelement C3 vorgesehen. Jedes der Schaltelemente C1, C2, C3 weist zwei Schaltstellungen und eine mittlere Neutralposition auf. In den Schaltstellungen werden drehende Getriebeelemente wie beispielsweise Losräder 2L, 3L, 5L, 6L oder axial verschiebbare Festräder 3F, 5F von im Folgenden noch näher erläuterten Zahnradpaaren 1/2, 3, 5, 4/6 in drehfester Verbindung mit einem drehmomentübertragenden oder -abstützenden Partner, beispielsweise der ersten Eingangswelle 14 oder mit dem Gehäuse H des Getriebes 13 oder der tragenden Zwischenwelle 16 gebracht. In der Neutralposition ist die drehfeste Verbindung mit dem drehmomentübertragenden oder -abstützenden Partner unterbrochen und beispielsweise das Losrad 2L, 3L, 5L, 6L des geschalteten Zahnradpaares 1/2, 3, 5, 4/6 frei auf der tragenden Zwischenwelle 16 drehbar.

[0043] Das erste Glied P1 und das dritte Glied P3 des Planetenradsatzes PGS und/oder die erste Eingangswelle 14 und die zweite Eingangswelle 15 können mittels des ersten Schaltelementes C1 in der ersten Schaltstellung miteinander drehfest verbunden werden.

[0044] In der zweiten Schaltstellung des ersten Schaltelementes C1 können die Primärtriebsmaschine ICE und/oder die zweite Eingangswelle 15 mit dem Gehäuse H verbunden und blockiert werden.

[0045] Das Getriebe 13 weist eine Zahnradpaaranordnung 20 mit vier Zahnradpaaren 1/2, 3, 5, 4/6 - nämlich einer ersten Gruppe A von Zahnradpaaren 1/2, 4/6 und einer zweiten Gruppe B von Zahnradpaaren 3, 5 - auf, wobei jedes Zahnradpaar 1/2, 3, 4/6, 5 ein Festräderpaar 2F, 3F, 5F, 6F und

ein Losrad 2L, 3L, 5L, 6L aufweist, welche miteinander korrespondieren und im Zahneingriff stehen. Festräder sind Zahnräder, welche drehfest mit der jeweils tragenden Welle - der ersten Eingangswelle 14 oder der zweiten Eingangswelle 15 - verbunden sind. Losräder sind Zahnräder, welche drehbar auf der tragenden Welle - der Zwischenwelle 16 - gelagert sind. Das Losrad 2L, 3L, 5L, 6L und das Festräd 2F, 3F, 5F, 6F jedes Zahnradpaares 1/2, 3, 5, 4/6 sind also auf verschiedenen tragenden Wellen angeordnet, wobei die tragenden Wellen parallel und voneinander beabstandet im Getriebe 13 angeordnet sind.

[0046] Die vier Losräder 2L, 3L, 5L, 6L der vier Zahnradpaare 1/2, 3, 5, 4/6 sind auf der Zwischenwelle 16 drehbar angeordnet. Zwei jeweils durch ein Festräd 2F, 6F gebildete Zahnräder von zwei Zahnradpaaren 1/2, 4/6 sind auf und drehfest mit der ersten Eingangswelle 14 und zwei jeweils durch ein Festräd 3F, 5F gebildete Zahnräder von zwei weiteren Zahnradpaaren 3, 5 sind auf und drehfest mit der zweiten Eingangswelle 15 angeordnet.

[0047] Jedes Losrad 2L, 3L, 5L, 6L ist über ein entsprechendes zweites Schaltelement C2 oder drittes Schaltelement C3 mit der jeweiligen tragenden Welle - beispielsweise der Zwischenwelle 16 - drehfest verbindbar.

[0048] Die Zahnräder auf der ersten Eingangswelle 14 weisen mit den Zahnrädern auf der Zwischenwelle 16 Übersetzungsverhältnisse i_{G2} - für das Zahnradpaar 1/2 - und i_{G6} - für das Zahnradpaar 4/6 - auf. Die Zahnräder auf der zweiten Eingangswelle 15 weisen mit den Zahnrädern auf der Zwischenwelle 16 Übersetzungsverhältnisse i_{G3} - für das Zahnradpaar 3 - und i_{G5} - für das Zahnradpaar 5 - auf.

[0049] Mit i_{1PGS} ist ein Übersetzungsverhältnis des Planetenradsatzes PGS von der zweiten Eingangswelle 15 zur ersten Eingangswelle 14 bei angehaltener Sekundärtriebsmaschine EM bezeichnet. Dieses Übersetzungsverhältnis i_{1PGS} ist in allen erfindungsgemäßen Ausführungsvarianten größer als 1 ausgebildet.

[0050] Weiters ist vorgesehen, dass die Übersetzungsverhältnisse i_{G2} , i_{G3} , i_{G5} , i_{G6} , i_{1PGS} mindestens eine der folgenden Ungleichungen erfüllen:

$$\bullet \quad i_{G2} \leq i_{G3} \times i_{1PGS} \quad (1)$$

$$\bullet \quad i_{G3}^2 \leq i_{G2} \times i_{G6} \times i_{1PGS} \quad (2)$$

$$\bullet \quad i_{G6}^2 \times i_{1PGS}^2 \leq i_{G3} \times i_{G5} \quad (3)$$

$$\bullet \quad i_{G5}^2 \leq i_{G6}^2 \times i_{1PGS} \quad (4)$$

[0051] Das Getriebe 13 weist in allen Ausführungsvarianten der Erfindung eine progressive Gangabstufung der Gänge G1, G2, G3, G4, G5, G6 auf, wobei für die Übersetzungen i_{G1} , i_{G2} , i_{G3} , i_{G4} , i_{G5} , i_{G6} gilt:

$$\bullet \quad \frac{i_{G5}}{i_{G6}} \leq \frac{i_{G4}}{i_{G5}} \leq \frac{i_{G3}}{i_{G4}} \leq \frac{i_{G2}}{i_{G3}} \leq \frac{i_{G1}}{i_{G2}} \quad (5)$$

für die Übersetzungen i_{1PGS} , i_{G1} , i_{G2} gilt:

$$\bullet \quad i_{1PGS} = \frac{i_{G1}}{i_{G2}} \quad (6)$$

[0052] Fig. 7 zeigt ein Gangwechselkennfeld der erfindungsgemäßen Antriebseinheit 12. Die progressive Gangabstufung ist durch die strichlierten Linien deutlich zu erkennen.

[0053] In allen in Fig. 2 bis 6 gezeigten Ausführungsvarianten ist das erste Glied P1 des Planetenradsatzes PGS als Hohlräd, das zweite Glied P2 des Planetenradsatzes PGS als Sonnenräd und das dritte Glied P3 des Planetenradsatzes PGS als Planetenträger ausgebildet ist. Dabei gilt:

$$\bullet \quad i_{1PGS} = \frac{z_1 + z_2}{z_2}, \quad (7)$$

wobei z_1 die Anzahl der Zähne des Sonnenrades und z_2 die Anzahl der Zähne des Hohlrades ist.

[0054] Das Getriebe 13 weist insgesamt 6 Gänge G1, G2, G3, G4, G5, G6 für ICE- oder Hybrid-

Betriebsweise auf. ICE- oder Hybrid-Betriebsweisen sind Betriebsweisen der Antriebseinheit 12 mit der Primärtriebsmaschine ICE allein oder mit der Primärtriebsmaschine ICE und der Sekundärtriebsmaschine EM in Kombination. Dabei kann in vier festen Gängen G2, G3, G5, G6 die Primärtriebsmaschine ICE mit Drehmomentunterstützung der Sekundärtriebsmaschine EM betrieben werden. Zwei weitere „virtuelle“ Gänge G1 und G4 können mit elektrisch blockiertem Rotor der die Sekundärtriebsmaschine EM bildenden elektrischen Maschine oder mit deren Drehzahlunterstützung gefahren werden. Alle diese Gangwechsel für ICE- oder Hybrid-Betriebsweise erfolgen drehmomentgefüllt, also ohne Drehmomentunterbrechung.

[0055] Das Getriebe 13 weist weiters zwei Gänge E1, E2 für EV-Betriebsweise auf. EV-Betriebsweisen sind Betriebsweisen mit der Sekundärtriebsmaschine EV allein. Die Gangwechsel für EV-Betriebsweise erfolgen mit Drehmomentunterbrechung.

[0056] Ein Start der Primärtriebsmaschine ICE kann durch die Sekundärtriebsmaschine EM erfolgen. Im Stillstand des Kraftfahrzeuges kann die Primärtriebsmaschine kalt - also ungefeuert - geschleppt werden. Ein warmes - also gefeuertes - Schleppen der Primärtriebsmaschine ICE kann ebenfalls bei stillstehendem Kraftfahrzeug oder im Segelbetrieb des Kraftfahrzeuges erfolgen.

[0057] Weiters ist es möglich im Stillstand die Sekundärmaschine EM durch die Primärtriebsmaschine ICE generatorisch - beispielsweise zum Laden L der Fahrzeugbatterie - zu betreiben.

[0058] Vorteilhafterweise weist das Getriebe 13 eine vollständig progressive Gangabstufung auf. Die Gangabstufungen zwischen dem ersten Gang 1 und dem zweiten Gang 2 und auch zwischen dem vierten Gang 4 und dem sechsten Gang 6 sind gleich und werden jeweils durch dasselbe Zahnradpaar 22, 26 gebildet.

[0059] Die vier Zahnradpaare 1/2, 3, 5, 4/6 sind in vier parallelen Getriebeebenen ε_2 , ε_3 , ε_5 , ε_6 des Getriebes 13 angeordnet.

[0060] Die drei Schaltelemente C1, C2, C3 sind durch Schalthülsen gebildet und weisen jeweils zwei Schaltpositionen zur Aktivierung von Drehverbindungen und eine Neutralposition zur Deaktivierung der Drehverbindungen auf. Die Schaltelemente C1, C2 und C3 können als einfache Klauenkupplungen ausgeführt sein. Damit kommt das Getriebe 13 völlig ohne Reibungskupplungen aus.

[0061] Die Fig. 2, 3 und 4 zeigen Ausführungsvarianten von erfindungsgemäßen Antriebseinheiten 11, welche besonders für einspurige Kraftfahrzeuge - insbesondere Motorräder 11 - geeignet sind. Bei Anwendung der Antriebseinheit 12 für ein einspuriges Kraftfahrzeug kann im Allgemeinen auf eine Parksperre und einen Rückwärtsgang verzichtet werden.

[0062] In den Fig. 2 bis 4 und 6 ist jeweils die Sekundärtriebsmaschine EM koaxial mit dem Planetenradsatz PGS angeordnet. Fig. 5 zeigt eine Ausführungsvariante, bei der die Primärtriebsmaschine ICE koaxial mit der Sekundärtriebsmaschine EM angeordnet ist.

[0063] Bei den in den Fig. 2 bis 4 dargestellten Ausführungsvarianten sind die Zahnräder der Zahnradanordnung 20 gerade verzahnt. Dies ermöglicht es, das erste Schaltelement C1 durch eine axial verschiebbare Schalthülseneinheit auszubilden, welche fest mit den angrenzenden Festrädern 3F und 5F der benachbarten Zahnradpaare 3, 5 verbunden, beispielsweise einstückig mit diesen ausgebildet sind.

[0064] Bei der in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsvariante ist der Planetenradsatz PGS zwischen der Zahnradpaaranordnung 20 und der Sekundärtriebsmaschine EM angeordnet. Die Primärtriebsmaschine ist über einen beispielsweise durch eine Zahnradstufe gebildeten Primärtrieb PD und einen Drehschwingungsdämpfer D der zweiten Eingangswelle 15 des Getriebes 13 antriebsverbunden. Alle Zahnräder können geradeverzahnt ausgeführt werden, sodass keine axialen Kräfte auftreten.

[0065] Das erste Schaltelement C1 ist als Gleithülseneinheit ausgeführt, die auch die Festräder 3F und 5F antreibt, und beispielsweise einstückig mit diesen ausgebildet ist.

[0066] Die erste Eingangswelle 14, welche mit dem durch einen Planetenträger gebildeten dritten Glied P3 des Planetenradsatzes PGS drehfest verbunden ist, ist als innere Welle ausgebildet. Die zweite Eingangswelle 15, welche mit dem durch ein Hohlrad gebildeten ersten Glied P1 des Planetenradsatzes PGS drehfest verbunden ist, ist als die innere Welle aufnehmende Hohlwelle ausgebildet.

[0067] Das Getriebe 13 weist in der in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsvariante (und in der in Fig. 4 gezeigten dritten Ausführungsvariante) folgendes Schaltschema auf:

[0068] Stationäre Modi:

Mode	Gang	ICE	EM	C1	C2	C3
vollkommen neutral	N	aus	aus			
Laden im Stillstand	SC	antreibend	Generatorbetrieb	L		
elektrische Modi	E1	blockiert	Motorbetrieb	R	L	
	E2	blockiert	Motorbetrieb	R	R	
ICE- und Hybrid-Modi	G1	antreibend	Rotorstillstand oder Drehzahlerhöhung		L	
	G2	antreibend	Drehmomentsteigerung	L	L	
	G3A	antreibend	Drehmomentsteigerung		L	L
	G3B	antreibend	Drehmomentsteigerung		R	L
	G4	antreibend	Rotorstillstand oder Drehzahlerhöhung		R	
	G5	antreibend	Drehmomentsteigerung		R	R
G6	antreibend	Drehmomentsteigerung		L	R	

[0069] Transiente Modi:

Mode	ICE	EM	C1	C2	C3	Bemerkung
Kaltstart	kurbelnd	antreibend		R		Hinterradbremse muss angezogen sein, hohes Kurbeldrehmoment
Warmstart	kurbelnd	antreibend	L			Fahren möglich, geringes Kurbeldrehmoment
Abschalthilfe	Herunterfahren	bremsend	L			schnelleres Abschalten der ICE vor dem Wechsel in den Elektromodus
elektrischer Betrieb, Gangwechsel	blockiert	Synchronisieren von Schaltelement C2	R			Drehmomentunterbrechung
ICE Start	antreibend	bremsend		L		Passive Drehmomentauffüllung PTF (Batterieladung)
40..100% drehmoment-aufgefüllte G1-G2 Schaltung	antreibend	antreibend		L		aktive Drehmomentauffüllung ATF (Batterieentladung)
25..60% drehmoment-aufgefüllte G2-G3 Schaltung	antreibend	antreibend		L		aktive Drehmomentauffüllung

Gangvorwahl bei G3	antreibend	Synchronisieren von Schaltelement C2			L	während der Gangvorwahl ist kein Boost verfügbar
35..70% drehmoment-aufgefüllte G3-G4 Schaltung	antreibend	bremsend			R	passive Drehmomentauffüllung PTF (Batterieladung)
60..100% drehmoment-aufgefüllte G4-G5 Schaltung	antreibend	antreibend			R	aktive Drehmomentauffüllung ATF (Batterieentladung)
35..80% drehmoment-aufgefüllte G5-G6 Schaltung	antreibend	antreibend			R	aktive Drehmomentauffüllung ATF (Batterieentladung)

[0070] In der Schalttabelle bedeutet

L	Schaltung nach links (bezogen auf Fig. 2 oder Fig. 4)
R	Schaltung nach rechts (bezogen auf Fig. 2 oder Fig. 4)
N	neutral
SC	Laden der Fahrzeugbatterie
E1	erster Gang im EV-Modus
E2	zweiter Gang im EV-Modus
G1	erster Gang im ICE- und Hybridmodus
G2	zweiter Gang im ICE- und Hybridmodus
G3	dritter Gang im ICE- und Hybridmodus
G3A, G3B, G3C	Varianten des dritten Ganges im ICE- und Hybridmodus
G4	vierter Gang im ICE- und Hybridmodus
G5	fünfter Gang im ICE- und Hybridmodus
G6	sechster Gang im ICE- und Hybridmodus

[0071] Im Folgenden wird ein konkretes Ausführungsbeispiel der ersten Ausführungsvariante gezeigt. Das Getriebe 13 weist folgende Parameter auf:

$$z_1 = 30$$

$$z_2 = 75$$

$$i_{G2} = 2.83$$

$$i_{G3} = 2.16$$

$$i_{G5} = 1.45$$

$$i_{G6} = 1.24$$

mit

z_1	Anzahl der Zähne des Sonnenrades des Planetenradsatzes PGS;
z_2	Anzahl der Zähne des Hohlrades des Planetenradsatzes PGS;
i_{G2}	Übersetzungsverhältnis für das Zahnradpaar 1/2;
i_{G5}	Übersetzungsverhältnis für das Zahnradpaar 5;
i_{G6}	Übersetzungsverhältnis für das Zahnradpaar 4/6.

BERECHNUNG:

$$i_{1PGS} = \frac{z_1 + z_2}{z_2} = \frac{30 + 75}{75} = 1.4$$

$$i_{G1} = i_{G2} \cdot i_{1PGS} = 3.96$$

$$i_{G4} = i_{G6} \cdot i_{1PGS} = 1.73$$

[0072] Prüfen der progressiven Getriebeabstufung des beispielhaften Getriebedesign anhand der durch die Ungleichungen (1) bis (5) definierten Kriterien:

- $i_{G2} \leq i_{G3} \times i_{1PGS}$ (1)
2.83 ≤ 3.03 ✓
- $i_{G3}^2 \leq i_{G2} \times i_{G6} \times i_{1PGS}$ (2)
4.685 ≤ 4.919 ✓
- $i_{G6}^2 \times i_{1PGS}^2 \leq i_{G3} \times i_{G5}$ (3)
3.017 ≤ 3.128 ✓
- $i_{G5}^2 \leq i_{G6}^2 \times i_{1PGS}$ (4)
2.089 ≤ 2.155 ✓
- $\frac{i_{G5}}{i_{G6}} \leq \frac{i_{G4}}{i_{G5}} \leq \frac{i_{G3}}{i_{G4}} \leq \frac{i_{G2}}{i_{G3}} \leq \frac{i_{G1}}{i_{G2}}$ (5)
 $\frac{1.45}{1.24} \leq \frac{1.73}{1.45} \leq \frac{2.16}{1.73} \leq \frac{2.83}{2.16} \leq \frac{3.96}{2.83}$
1.17 ≤ 1.19 ≤ 1.25 ≤ 1.31 ≤ 1.4 ✓

[0073] Somit werden die Ungleichungen (1) bis (5) erfüllt.

[0074] Bei der in Fig. 3 dargestellten zweiten Ausführungsvariante ist die Sekundärtriebsmaschine EM zwischen der Zahnradpaaranordnung 20 und dem Planetenradsatz PGS angeordnet. Diese Anordnung ist insbesondere für Motorräder geeignet, bei denen die Primärtriebsmaschine ICE eine relativ große axiale Erstreckung aufweist, und beispielsweise durch eine Brennkraftmaschine mit zumindest drei Zylinder gebildet ist. Im Vergleich zu der in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsvariante sind die Eingangswellen 14, 15 und die Getriebeebenen ε_2 , ε_3 , ε_5 , ε_6 des Getriebes 13 vertauscht. Die erste Eingangswelle 14, welche mit dem durch einen Planetenträger gebildeten dritten Glied P3 des Planetenradsatzes PGS drehfest verbunden ist, ist also als Hohlwelle ausgebildet. Die zweite Eingangswelle 15, welche mit dem durch ein Hohlrad gebildeten ersten Glied P1 des Planetenradsatzes PGS drehfest verbunden ist, ist hier innerhalb der Hohlwelle ausgebildet.

[0075] Das Getriebe 13 weist in der in Fig. 3 gezeigten zweiten Ausführungsvariante folgendes Schaltschema auf:

[0076] Stationäre Modi:

Mode	Gang	ICE	EM	C1	C2	C3
vollkommen neutral	N	aus	aus			
Laden im Stillstand	SC	antreibend	Generatorbetrieb	R		
Elektrische Modi	E1	blockiert	Motorbetrieb	L	R	
	E2	blockiert	Motorbetrieb	L	L	
ICE- und Hybrid-Modi	G1	antreibend	Rotorstillstand oder Drehzahlerhöhung		R	
	G2	antreibend	Drehmomentsteigerung	R	R	
	G3A	antreibend	Drehmomentsteigerung		R	R
	G3C	antreibend	Drehmomentsteigerung		L	R
	G4	antreibend	Rotorstillstand oder Drehzahlerhöhung		L	
	G5	antreibend	Drehmomentsteigerung		L	L
G6	antreibend	Drehmomentsteigerung	R	L		

[0077] Transiente Modi:

Mode	ICE	EM	C1	C2	C3	Bemerkung
Kaltstart	kurbelnd	antreibend		L		Hinterradbremse muss angezogen sein, hohes Kurbeldrehmoment
Warmstart	kurbelnd	antreibend	R			Fahren möglich, geringes Kurbeldrehmoment
Abschalthilfe	Herunterfahren	bremsend	R			schnelles Abschalten der ICE vor dem Wechsel in den Elektromodus
elektrischer Betrieb, Gangwechsel	blockiert	Synchronisieren von Schaltelement C2	L			Drehmomentunterbrechung
ICE Start	antreibend	bremsend		R		passive Drehmomentauffüllung PTF (Batterieladung)
40..100% drehmomentaufgefüllte G1-G2 Schaltung	antreibend	antreibend		R		aktive Drehmomentauffüllung ATF (Batterieentladung)
25..60% drehmomentaufgefüllte G2-G3 Schaltung	antreibend	antreibend		R		aktive Drehmomentauffüllung ATF
Gangvorwahl bei G3	antreibend	Synchronisieren von Schaltelement C2			R	während der Gangvorwahl ist kein Boost verfügbar
35..70% drehmomentaufgefüllte G3-G4 Schaltung	antreibend	bremsend		L		passive Drehmomentauffüllung PTF (Batterieladung)
60..100% drehmomentaufgefüllte G4-G5 Schaltung	antreibend	antreibend		L		aktive Drehmomentauffüllung ATF (Batterieentladung)
35..80% drehmomentaufgefüllte G5-G6 Schaltung	antreibend	antreibend		L		aktive Drehmomentauffüllung ATF (Batterieentladung)

[0078] In der Schalttabelle bedeutet

L	Schaltung nach links (bezogen auf Fig. 3)
R	Schaltung nach rechts (bezogen auf Fig. 3)
N	neutral
SC	Laden der Fahrzeugbatterie
E1	erster Gang im EV-Modus
E2	zweiter Gang im EV-Modus
G1	erster Gang im ICE- und Hybridmodus
G2	zweiter Gang im ICE- und Hybridmodus
G3	dritter Gang im ICE- und Hybridmodus

G3A, G3B, G3C	Varianten des dritten Ganges im ICE- und Hybridmodus
G4	vierter Gang im ICE- und Hybridmodus
G5	fünfter Gang im ICE- und Hybridmodus
G6	sechster Gang im ICE- und Hybridmodus

[0079] Fig. 4 zeigt eine dritte Ausführungsvariante der Erfindung, bei der die Zahnradpaaranordnung 20 zwischen der Sekundärtriebsmaschine EM und dem Planetenradsatz PGS angeordnet ist, wobei die Sekundärtriebsmaschine EM und der Planetenradsatz PGS an einander abgewandten Stirnseiten des Getriebes 13 angeordnet sind. Auch diese Anordnung ist insbesondere für Motorräder geeignet, bei denen die Primärtriebsmaschine ICE eine relativ große axiale Erstreckung aufweist, und beispielsweise durch eine Brennkraftmaschine mit zumindest drei Zylinder gebildet ist. Im Vergleich zu der in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsvariante sind die Eingangswellen 14, 15 und im Vergleich zu der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsvariante die Getriebeebenen ε_2 , ε_3 , ε_5 , ε_6 des Getriebes 13 vertauscht. Die erste Eingangswelle 14, welche mit dem durch einen Planetenträger gebildeten dritten Glied P3 des Planetenradsatzes PGS drehfest verbunden ist, ist - wie in Fig. 3 - also als Hohlwelle ausgebildet. Die zweite Eingangswelle 15, welche mit dem durch ein Hohlrads gebildeten ersten Glied P1 des Planetenradsatzes PGS drehfest verbunden ist, ist innerhalb der Hohlwelle ausgebildet.

[0080] Das Schaltschema entspricht dem der in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsvariante.

[0081] Fig. 5 zeigt eine vierte Ausführungsvariante, bei der die Primärtriebsmaschine ICE koaxial mit dem Planetenradsatz PGS und die Sekundärtriebsmaschine EM parallel und distanziert zur ersten 14 und zweiten Eingangswelle 15 angeordnet ist.

[0082] Fig. 6 zeigt eine fünfte Ausführungsvariante der Erfindung, die sich von der vierten Ausführungsvariante dadurch unterscheidet, dass die Primärtriebsmaschine ICE und die Sekundärtriebsmaschine EM koaxial mit dem Planetenradsatz PGS und koaxial zur ersten Eingangswelle 14 und zweiten Eingangswelle 15 angeordnet sind.

[0083] Die vierte Ausführungsvariante und die fünfte Ausführungsvariante sind insbesondere für Personenkraftfahrzeuge geeignet, wobei die Antriebseinheit 12 beispielsweise für Vorderradantrieb quer verbaut wird. Mit Bezugszeichen 30 ist bei jeder der beiden vierten und fünften Ausführungsvarianten ein Differential bezeichnet. Auf der Zwischenwelle 16 ist ein Parksperrrad P einer Parksperrvorrichtung angeordnet. Die Antriebseinheit 12 weist eine durch elektrischen Betrieb durch die Sekundärtriebsmaschine EM gebildete Rückwärtsfahrfunktion auf. Die Sekundärtriebsmaschine EM ist als schnelllaufende Offset-Elektromaschine ausgebildet und mit dem beispielsweise als Sonnenrad ausgebildeten zweiten Glied P2 des Planetenradsatzes PGS über ein Stirnradgetriebe antriebsverbunden.

[0084] Im Vergleich zu der in Fig. 2 gezeigten ersten Ausführungsvariante sind die Eingangswellen 14, 15 und auch die Getriebeebenen ε_2 , ε_3 , ε_5 , ε_6 des Getriebes 13 vertauscht. Die erste Eingangswelle 14, welche mit dem durch einen Planetenträger gebildeten dritten Glied P3 des Planetenradsatzes PGS drehfest verbunden ist, ist - wie in Fig. 3 - als Hohlwelle ausgebildet und die zweite Eingangswelle 15, welche mit dem durch ein Hohlrads gebildeten ersten Glied P1 des Planetenradsatzes PGS drehfest verbunden ist, ist innerhalb der Hohlwelle angeordnet.

[0085] Die Zahnradpaare 1/2, 3, 5, 4/6 der Zahnradpaaranordnung 20 sind als Schrägverzahnung ausgeführt. Die dadurch auftretenden Axialkräfte lassen die Ausführung des ersten Schaltelementes C1 als Gleithülseneinheit mit kombinierten Festrädern 3F und 5F nicht zu. Das in Fig. 5 in der rechten Position dargestellte erste Schaltelement C1 ist daher als einfache Schalthülse ausgeführt, die im Raum zwischen den Festrädern 3F und 5F axial verschiebbar ist. Die Festräder 3F, 5F weisen dabei in der Zahnradscheibe Öffnungen 23, 25 auf, durch welche axiale Stege der ersten Schalthülse durchdringen. Somit ist das erste Schaltelement C1 mit den Festrädern 3F und 5F drehfest verbunden, aber relativ zu diesen axial verschiebbar.

[0086] Mit Bezugszeichen 28 ist ein Reibungsmomentbegrenzer bezeichnet.

[0087] Das Getriebe 13 weist in der in Fig. 5 gezeigten vierten Ausführungsvariante und in der in

Fig. 6 gezeigten fünften Ausführungsvariante folgendes Schaltschema auf:

[0088] Stationäre Modi:

Mode	Gang	ICE	EM	C1	C2	C3	P
vollkommen neutral	N	aus	aus				
Parken/Laden im Stillstand	SC	antreibend	Generatorbetrieb	R			X
elektrische Modi	E1	blockiert	Motorbetrieb	L	R		
	E2	blockiert	Motorbetrieb	L	L		
ICE- und Hybrid-Modi	G1	antreibend	Rotorstillstand oder Drehzahlerhöhung		R		
	G2	antreibend	Drehmomentsteigerung	R	R		
	G3A	antreibend	Drehmomentsteigerung		R	L	
	G3C	antreibend	Drehmomentsteigerung		L	L	
	G4	antreibend	Rotorstillstand oder Drehzahlerhöhung		L		
	G5	antreibend	Drehmomentsteigerung		L	R	
G6	antreibend	Drehmomentsteigerung	R	L			

[0089] Transiente Modi:

Mode	ICE	EM	C1	C2	C3	P	Bemerkung
Kaltstart	kurbelnd	antreibend	R			X	Hinterradbremse muss angezogen sein, hohes Kurbeldrehmoment
Warmstart	kurbelnd	antreibend	R				in Bewegung möglich, geringeres Kurbeldrehmoment
Abschalthilfe	Herunterfahren	bremsend	R				Schnelleres Abschalten des Motors vor dem Wechsel in den Elektromodus
elektrischer Betrieb, Gangwechsel	blockiert	Synchronisieren von Schaltelement C2	L				Drehmomentunterbrechung
ICE Start	antreibend	bremsend		R			passive Drehmomentauffüllung PTF (Batterieladung)
40..100% drehmoment-aufgefüllte G1-G2 Schaltung	antreibend	antreibend		R			aktive Drehmomentauffüllung ATF (Batterieentladung)
25..60% drehmoment-aufgefüllte G2-G3 Schaltung	antreibend	antreibend		R			aktive Drehmomentauffüllung ATF
Gangvorwahl bei G3	antreibend	Synchronisieren von Schaltelement C2			L		während der Gangvorwahl ist kein Boost verfügbar

35..70% drehmoment- aufgefüllte G3-G4 Schaltung	antreibend	bremsend		L			passive Drehmoment- auffüllung PTF (Batterieladung)
60..100% drehmoment- aufgefüllte G4-G5 Schaltung	antreibend	antreibend		L			aktive Drehmoment- auffüllung ATF (Batterieentladung)
35..80% drehmoment- aufgefüllte G5-G6 Schaltung	antreibend	antreibend		L			aktive Drehmoment- auffüllung ATF (Batterieentladung)

[0090] In der Schalttafel bedeutet

L	Schaltung nach links (bezogen auf Fig. 5 oder Fig. 6)
R	Schaltung nach rechts (bezogen auf Fig. 5 oder Fig. 6)
X	aktiviert
N	neutral
SC	Laden der Fahrzeugbatterie
E1	erster Gang im EV-Modus
E2	zweiter Gang im EV-Modus
G1	erster Gang im ICE- und Hybridmodus
G2	zweiter Gang im ICE- und Hybridmodus
G3	dritter Gang im ICE- und Hybridmodus
G3A, G3B, G3C	Varianten des dritten Ganges im ICE- und Hybridmodus
G4	vierter Gang im ICE- und Hybridmodus
G5	fünfter Gang im ICE- und Hybridmodus
G6	sechster Gang im ICE- und Hybridmodus

[0091] Alle Ausführungsvarianten der Erfindung weisen folgende Eigenschaften auf:

- Sechs Gänge G1 bis G6 mit progressiver Gangabstufung über nur 4 Zahneingriffe
- Keine Reibungskupplungen und Synchronisierungen
- Kurze Bauweise
- Geringe Anzahl von Komponenten
- Geringes Gewicht
- Die Gänge G5 und G6 bilden Reiseübersetzungen mit hohem Wirkungsgrad aus. Dabei ist keine Drehmomentstützung der Sekundärtriebsmaschine EM wie bei den Gängen G1 und G4 erforderlich.
- In allen ICE-Betriebsweisen erfolgt mittels der Sekundärtriebsmaschine EM eine Drehmomentauffüllung bei Gangwechsel;
- Es lässt sich ein energieeffizienter Start der Primärtriebsmaschine ICE auch bei niedrigem Batterie-Ladezustand durchführen. Dabei wird die Sekundärtriebsmaschine EM im Generatormodus betrieben;
- Es ist ein Kaltstart der Primärtriebsmaschine ICE mit hohem Drehmoment (im Stillstand) möglich;
- Es ist ein Warmstart der Primärtriebsmaschine ICE während der Fahrt (Umschalten von Elektro- auf Hybridbetrieb) möglich;

- 48 V Mildhybrid ist möglich. Die Sekundärtriebsmaschine EM mit einer Leistung von 10..15% der ICE-Leistung ermöglicht den vollen Funktionsumfang (Kalt-/Warmstart, Start der Primärtriebsmaschine ICE, Boost/Regeneratives Bremsen, EV-Fahren im Stau);

[0092] Fig. 8 zeigt ein Leistungsflussdiagramm eines aus der EP 3 106 337 A1 bekannten Getriebes für Schaltvorgänge zwischen den Schaltstufen S1 bis S4 bei weit geöffneter Drosselklappe. Bei diesem Getriebe ist eine Eingangswelle mit einer Brennkraftmaschine und eine weitere Eingangswelle mit einer elektrischen Maschine verbunden. Die beiden Eingangswellen sind coaxial angeordnet und wirken über eine Zwischenwelle auf eine Abtriebswelle ein, wobei zwischen den Eingangswellen und der Zwischenwelle eine Zahnradpaaranordnung mit mehreren Zahnradpaaren vorgesehen ist, deren Losräder über Schaltelemente mittels durch eine Schaltwalze betätigbaren Schaltgabeln schaltbar sind. Das Übersetzungsverhältnis i_{PGS} zwischen dem zweiten Glied und dem dritten Glied bei angehaltenem ersten Glied ist kleiner als Null. Mit diesem Übersetzungsverhältnis n , welche auf die Anbindung der Brennkraftmaschine an den Steg des Planetenradsatzes zurückzuführen ist, sind die meisten der Gangstellungen durch die elektrische Maschine nur passiv drehmomentgestützt, wobei das Drehmoment der elektrischen Maschine - insbesondere während den Schaltvorgängen, beim Laden der Batterie und beim Verbrauchen von elektrischer Energie - positiv und die Drehzahl negativ ist. In Fig. 8 zeigen die Positionen PTF S1-S2, PFT S3-S4, PFT G4- G5 passiv drehmomentaufgefüllte Schaltvorgänge. Die Position ATF G2-G3 zeigt einen aktiv drehmomentaufgefüllte Schaltvorgang. Mit PDL ist die generierte elektrische Leistung der elektrischen Maschine und mit TF ist das Drehmomentauffüllniveau bezeichnet. Das Bezugszeichen LA bezeichnet den Start des Fahrzeuges. Deutlich ist zu erkennen, dass passive drehmomentgestützte Schaltvorgänge PTF überwiegen.

[0093] Fig. 9 zeigt ein Leistungsflussdiagramm der erfindungsgemäßen Antriebseinheit für verschiedene Schaltvorgänge und Fig. 10 ein Drehzahl-/Drehmoment-Diagramm der erfindungsgemäßen Antriebseinheit für verschiedene Schaltvorgänge.

[0094] Bei der vorliegenden Erfindung ist in jeder dargestellten Ausführungsvariante die Primärtriebsmaschine ICE mit dem Hohlrad des Planetenradsatzes PGS verbunden, so dass die meisten Schaltvorgänge mit aktiver Drehmomentauffüllung ATF erfolgen können (positives Drehmoment der Sekundärtriebsmaschine EM, positive Drehzahl der Sekundärtriebsmaschine EM während des Schaltvorgangs, Batterie wird geladen und/oder elektrische Energie wird abgeführt). Aktiv drehmomentaufgefüllte Schaltvorgänge ATF liefern mehr Leistung am Ausgang und der Prozentsatz der Drehmomentauffüllung ist höher als bei passiver Drehmomentauffüllung PTF.

Patentansprüche

1. Antriebseinheit (12) für ein Kraftfahrzeug, insbesondere für ein Motorrad (11), mit einer Primärtriebsmaschine (ICE), einer Sekundärtriebsmaschine (EM) und einem Getriebe (13), welche Antriebseinheit (12) aufweist:

- eine erste Eingangswelle (14) und eine zweite Eingangswelle (15), wobei die zweite Eingangswelle (15) koaxial zur ersten Eingangswelle (14) angeordnet und drehfest mit der Primärtriebsmaschine (ICE) verbunden ist;
- eine Ausgangswelle (17);
- eine Zwischenwelle (16), die parallel zu der ersten (14) und der zweiten Eingangswelle (15) angeordnet und mit der Ausgangswelle (17) verbunden ist;
- einen Planetenradsatz (PGS) mit einem ersten (P1), zweiten (P2) und dritten Glied (P3), wobei das erste Glied (P1) mit der Primärtriebsmaschine (ICE), das zweite Glied (P2) mit der Sekundärtriebsmaschine (EM) und das dritte Glied (P3) mit der ersten Eingangswelle (14) verbunden sind;
- zumindest ein erstes Schaltelement (C1L), welches ausgebildet ist, um in einer Schaltstellung zwei Glieder (P1, P3) des Planetenradsatzes (PGS) und/oder die erste Eingangswelle (14) und die zweite Eingangswelle (15) miteinander drehfest zu verbinden und in einer weiteren Schaltstellung die Primärtriebsmaschine (ICE) und/oder die zweite Eingangswelle (15) mit einem Gehäuse (H) des Getriebes (13) zu verbinden und zu blockieren;
- einer Zahnradpaaranordnung (20) mit mehreren Zahnradpaaren (1/2, 3, 5, 4/6) wobei jedes Zahnradpaar (20) ein Festräder (2F, 3F, 5F, 6F) und ein Losräder (2L, 3L, 5L, 6L) aufweist, wobei jedes Losräder (2L, 3L, 5L, 6L) über ein Schaltelement (C2, C3) aktivier- oder deaktivierbar ist, und wobei
- zwei Losräder (2L, 6L) einer aus zwei Zahnradpaaren (1/2, 4/6) bestehenden ersten Gruppe (A) der Zahnradpaare (1/2, 3, 5, 4/6) auf der Zwischenwelle (16) drehbar gelagert und über ein zweites Schaltelement (C2) aktivier- oder deaktivierbar sind, und zwei Festräder (2L, 6L) dieser ersten Gruppe (A) an Zahnradpaaren (1/2, 4/6) auf der ersten Eingangswelle (14) drehfest angeordnet sind;
- wobei bei den Zahnradpaaren (1/2, 4/6) der ersten Gruppe (A) an Zahnradpaaren (1/2, 4/6) die Zahnräder auf der ersten Eingangswelle (14) mit den Zahnrädern auf der Zwischenwelle (16) die Übersetzungsverhältnisse i_{G2} und i_{G6} aufweisen,

dadurch gekennzeichnet, dass zwei Losräder (3L, 5L) einer aus zwei Zahnradpaaren (3, 5) bestehenden zweiten Gruppe (B) der Zahnradpaare (1/2, 3, 5, 4/6) ebenfalls auf der Zwischenwelle (16) drehbar gelagert und über ein drittes Schaltelement (C3) aktivier- oder deaktivierbar sind, und zwei Festräder (2L, 6L) dieser zweiten Gruppe (B) an Zahnradpaaren auf der zweiten Eingangswelle (15) drehfest angeordnet sind, wobei bei den Zahnradpaaren (3, 5) der zweiten Gruppe (B) die Zahnräder auf der zweiten Eingangswelle (15) mit den Zahnrädern auf der Zwischenwelle (16) die Übersetzungsverhältnisse i_{G3} und i_{G5} aufweisen, und dass gilt:

- $i_{1PGS} > 1$,

wobei i_{1PGS} ein Übersetzungsverhältnis des Planetenradsatzes (PGS) von der zweiten Eingangswelle (15) zur ersten Eingangswelle (14) mit angehaltener Sekundärtriebsmaschine (EM) ist, und dass

- die Übersetzungsverhältnisse i_{G2} , i_{G5} , i_{G6} , i_{1PGS} mindestens eine der folgenden Ungleichungen erfüllen:

- $i_{G2} \leq i_{G3} \times i_{1PGS}$

- $i_{G3}^2 \leq i_{G2} \times i_{G6} \times i_{1PGS}$

2. Antriebseinheit (12) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übersetzungsverhältnisse i_{G3} , i_{G5} , i_{G6} , i_{1PGS} folgende Ungleichung erfüllen:

- $i_{G6}^2 \times i_{1PGS}^2 \leq i_{G3} \times i_{G5}$

3. Antriebseinheit (12) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übersetzungsverhältnisse i_{G5} , i_{G6} , i_{1PGS} folgende Ungleichung erfüllen:

$$\bullet \quad i_{G5}^2 \leq i_{G6}^2 \times i_{1PGS}$$

4. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Getriebe (13) eine progressive Gangabstufung aufweist, wobei für die Übersetzungen i_{G1} , i_{G2} , i_{G3} , i_{G4} , i_{G5} , i_6 gilt:

$$\bullet \quad \frac{i_{G5}}{i_{G6}} \leq \frac{i_{G4}}{i_{G5}} \leq \frac{i_{G3}}{i_{G4}} \leq \frac{i_{G2}}{i_{G3}} \leq \frac{i_{G1}}{i_{G2}}$$

5. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Übersetzungen i_{1PGS} , i_{G1} , i_{G2} gilt:

$$\bullet \quad i_{1PGS} = \frac{i_{G1}}{i_{G2}}$$

6. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Glied (P1) des Planetenradsatzes (PGS) als Hohlrads, das zweite Glied (P2) des Planetenradsatzes (PGS) als Sonnenrad und das dritte Glied (P3) des Planetenradsatzes (PGS) als Steg ausgebildet ist.

7. Antriebseinheit (12) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass gilt

$$\bullet \quad i_{1PGS} = \frac{z_1 + z_2}{z_2}$$

wobei z_1 die Anzahl der Zähne des Sonnenrades und z_2 die Anzahl der Zähne des Hohlrades ist.

8. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Planetenradsatz (PGS) zwischen der Zahnradpaaranordnung (20) und der Sekundärtriebsmaschine (EM) angeordnet ist.
9. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sekundärtriebsmaschine (EM) zwischen der Zahnradpaaranordnung (20) und dem Planetenradsatz (PGS) angeordnet ist.
10. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnradpaaranordnung (20) zwischen der Sekundärtriebsmaschine (EM) und dem Planetenradsatz (PGS) angeordnet ist, wobei die Sekundärtriebsmaschine (EM) und der Planetenradsatz (PGS) an einander abgewandten Stirnseiten des Getriebes (13) angeordnet sind.
11. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Primärtriebsmaschine (ICE) koaxial mit dem Planetenradsatz (PGS) und die Sekundärtriebsmaschine (EM) parallel und distanziert zur ersten (14) und zweiten Eingangswelle (15) angeordnet ist.
12. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sekundärtriebsmaschine (EM) koaxial mit dem Planetenradsatz (PGM) angeordnet ist.
13. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Primärtriebsmaschine (ICE) koaxial mit der Sekundärtriebsmaschine (EM) angeordnet ist.
14. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebseinheit (12) eine Parksperrvorrichtung aufweist, wobei auf der Zwischenwelle ein Parksperrrad (P) der Parksperrvorrichtung angeordnet ist.
15. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Schaltelement (C1, C2, C3) durch eine axial verschiebbare Schalthülse gebildet ist.

16. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Schaltelement (C1) einstückig mit zwei Festrädern (2F, 5F) eines benachbarten Zahnradpaares (3, 5) der zweiten Gruppe (B) ausgebildet ist.
17. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Schaltelement (C1) relativ zu den Festrädern (3F, 5F) von benachbarten Zahnradpaaren (3, 5) der zweiten Gruppe (B) axial verschiebbar, aber drehfest mit den Festrädern (3F, 5F) verbunden ist.
18. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest ein Schaltelement (C1, C2, C3) zwei Schaltstellungen und eine - vorzugsweise zwischen einer ersten (L) und einer zweiten Schaltstellung (R) angeordneten - Neutralstellung aufweist.
19. Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Primärtriebsmaschine (ICE) eine Brennkraftmaschine und die Sekundärtriebsmaschine (EM) eine elektrische Maschine ist.
20. Kraftfahrzeug, insbesondere Motorrad (11), mit einer Antriebseinheit (12) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Getriebe (13) ausgebildet ist, um zumindest die Mehrzahl aller Gangwechsel mit aktiver Drehmomentauffüllung durch die Sekundärtriebsmaschine (EM) durchzuführen.

Hierzu 8 Blatt Zeichnungen

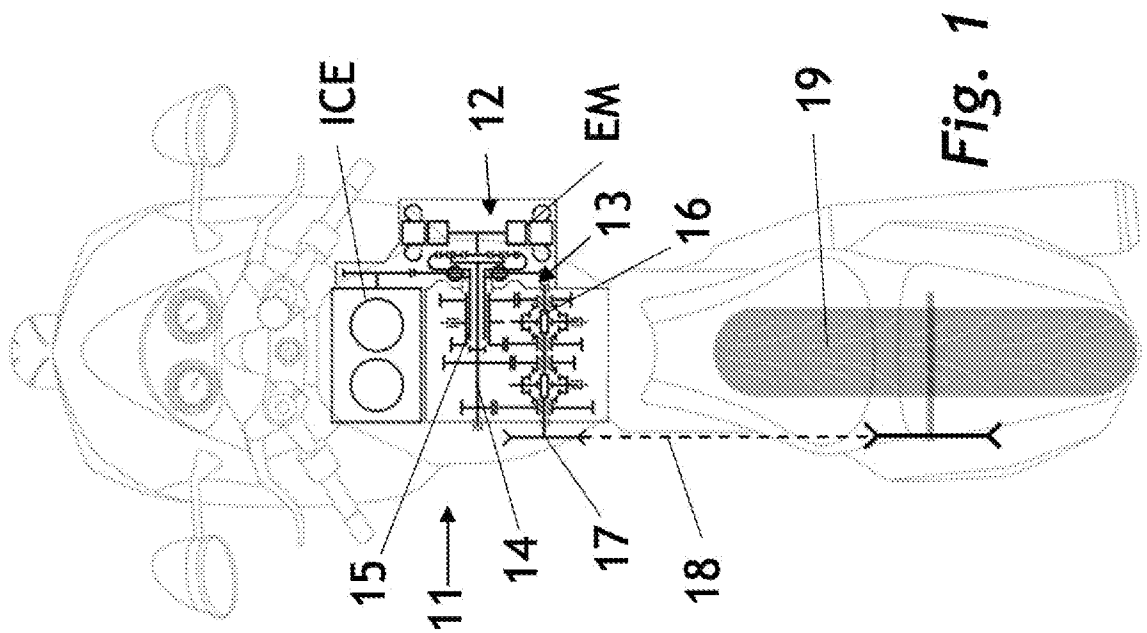


Fig. 1

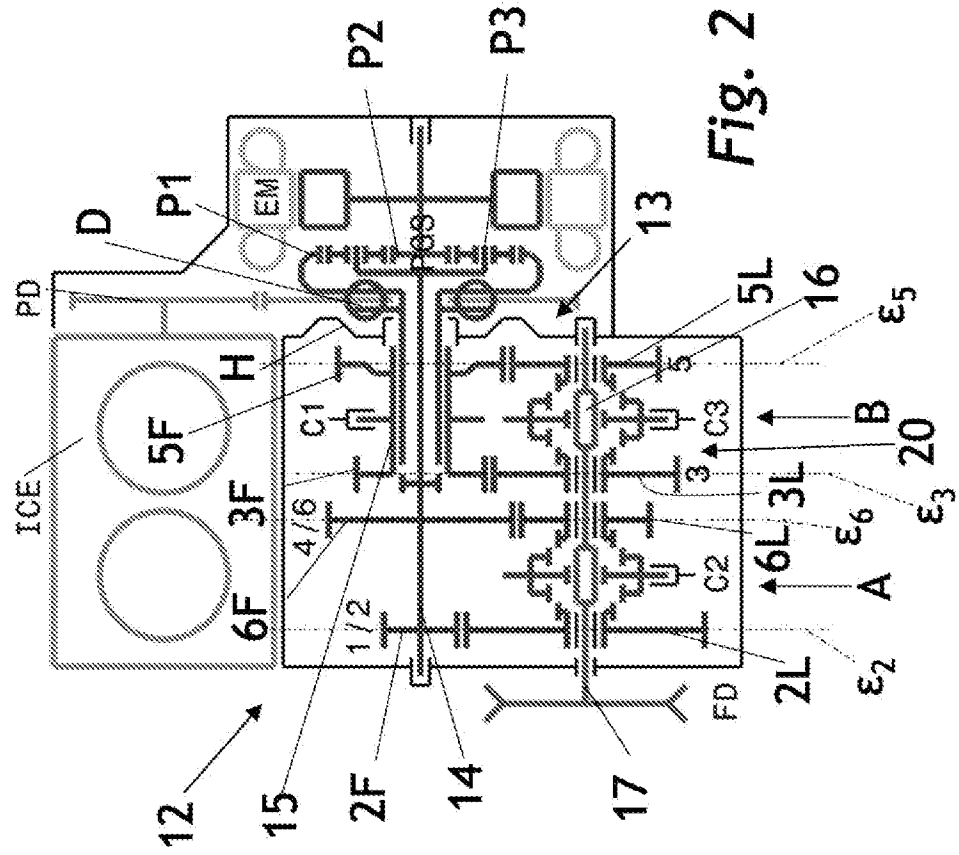


Fig. 2

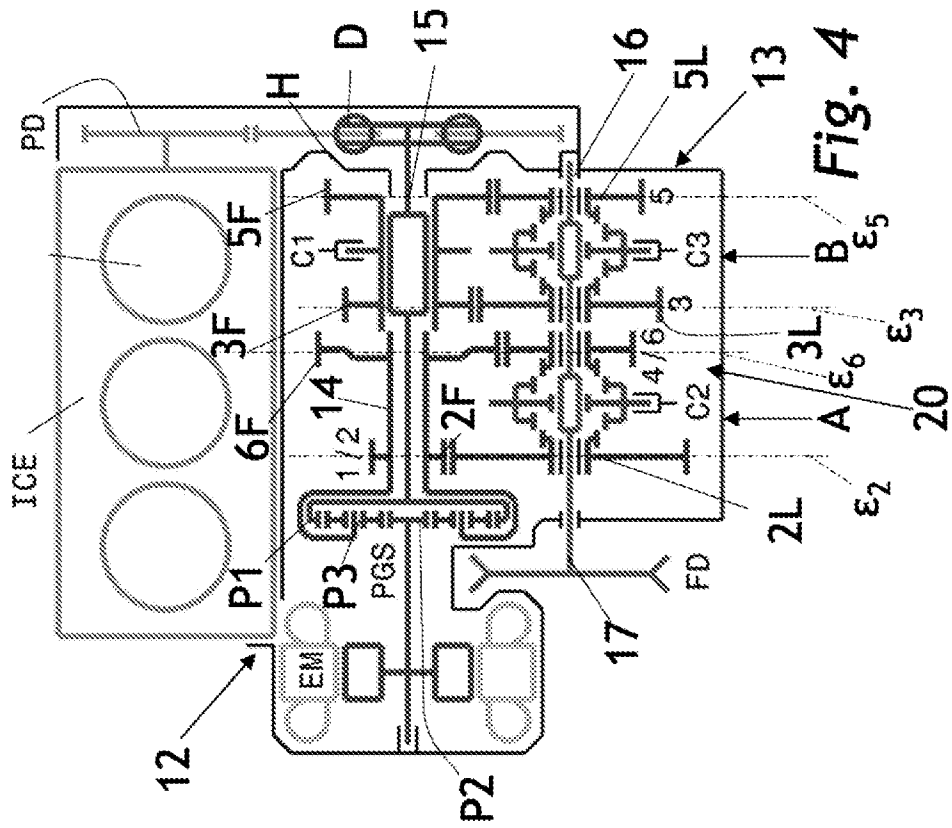


Fig. 4

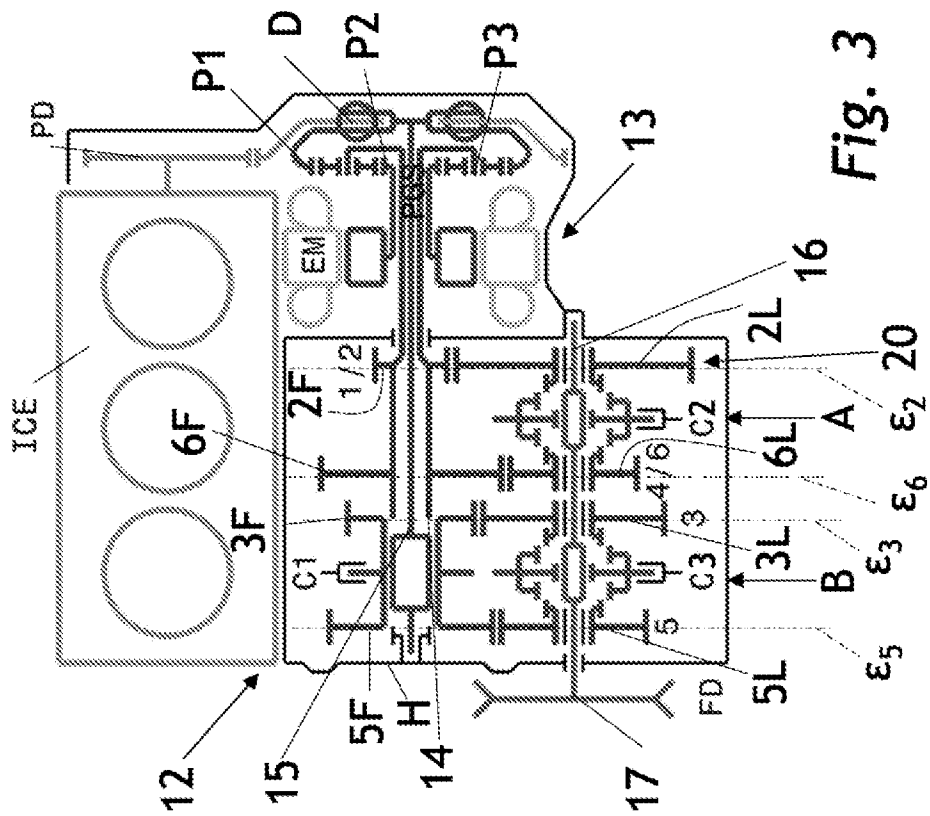
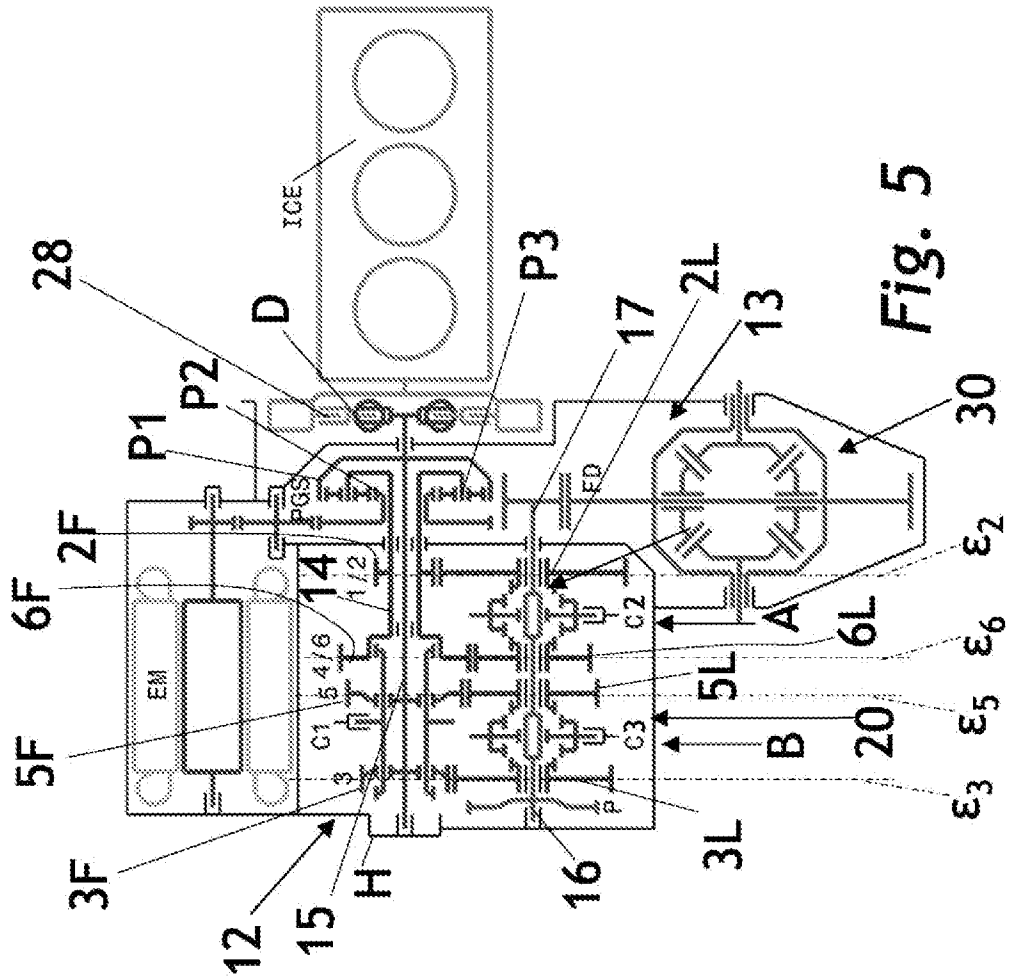
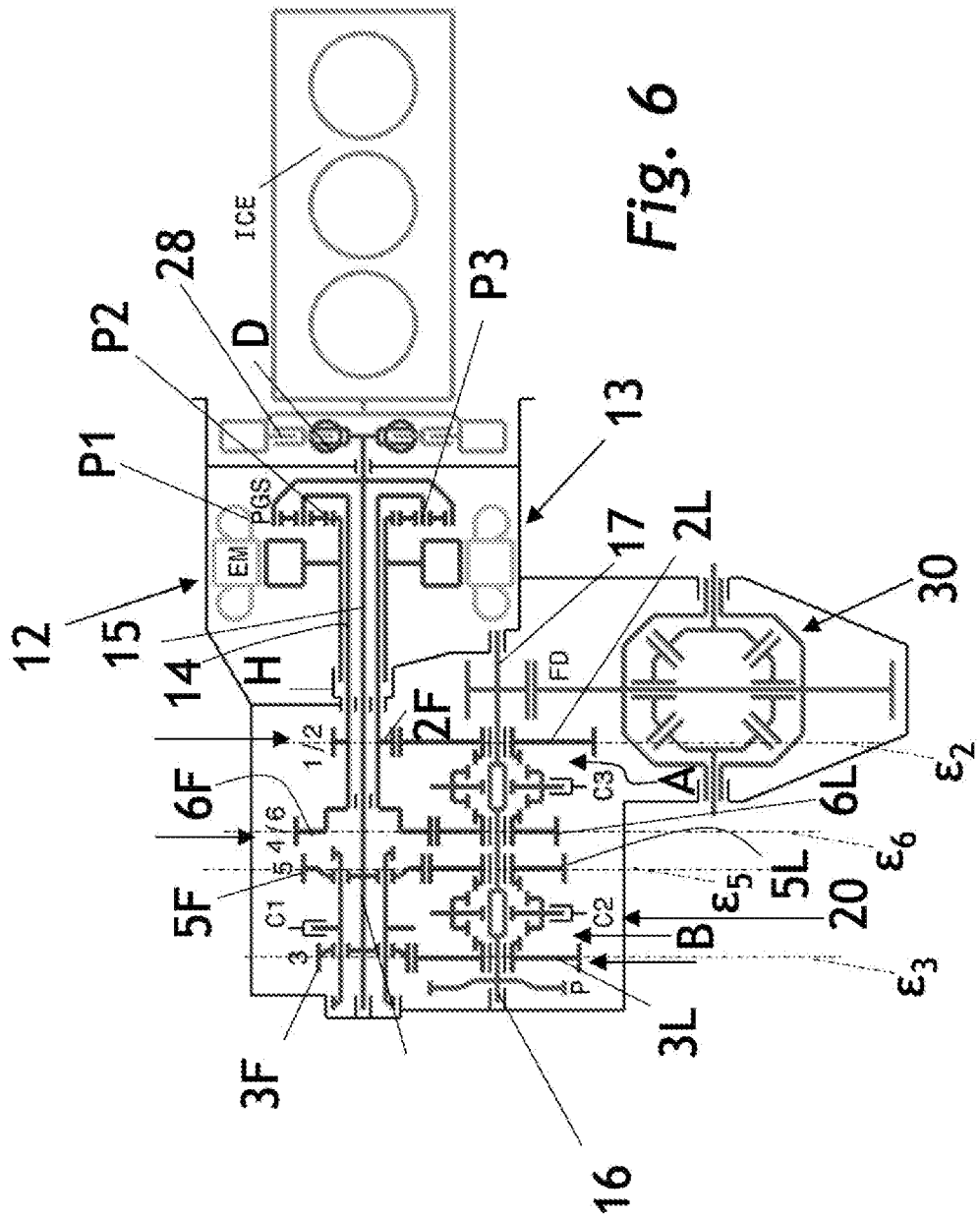


Fig. 3





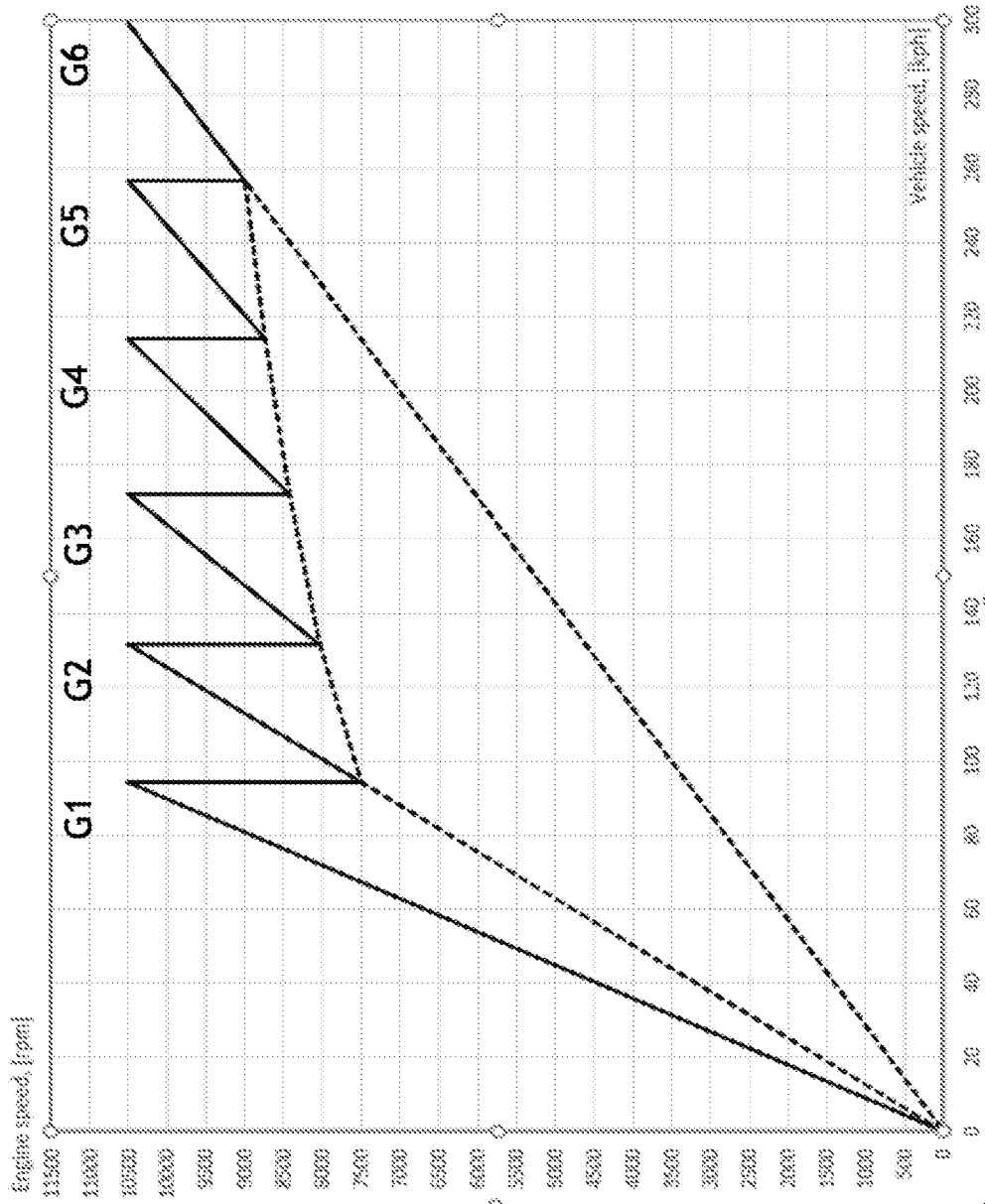


Fig. 7

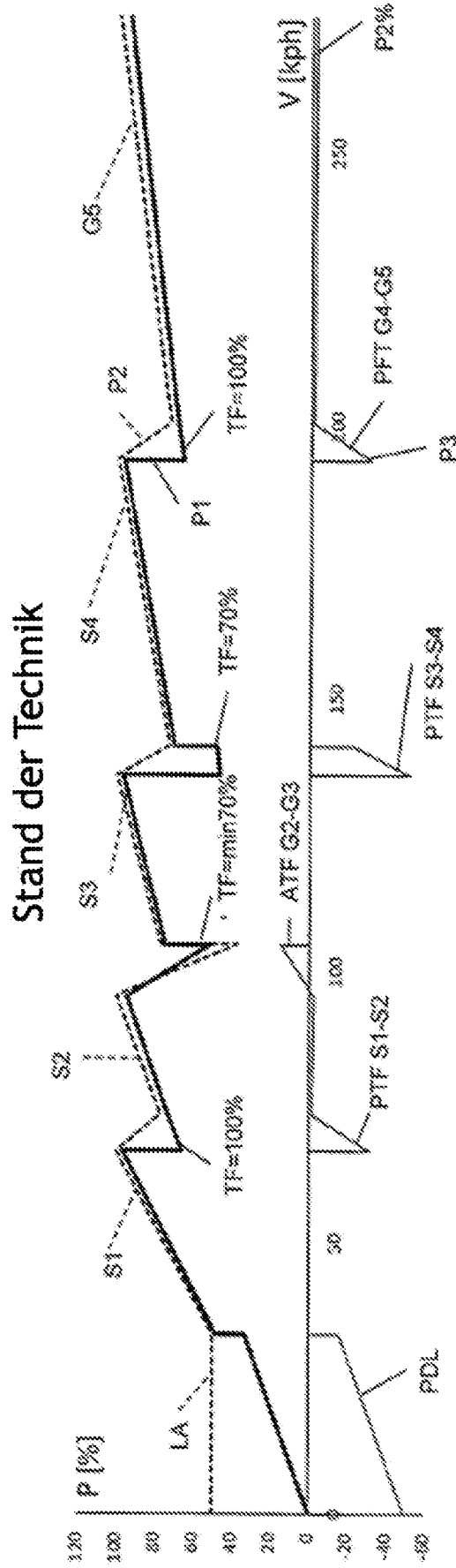


Fig. 8

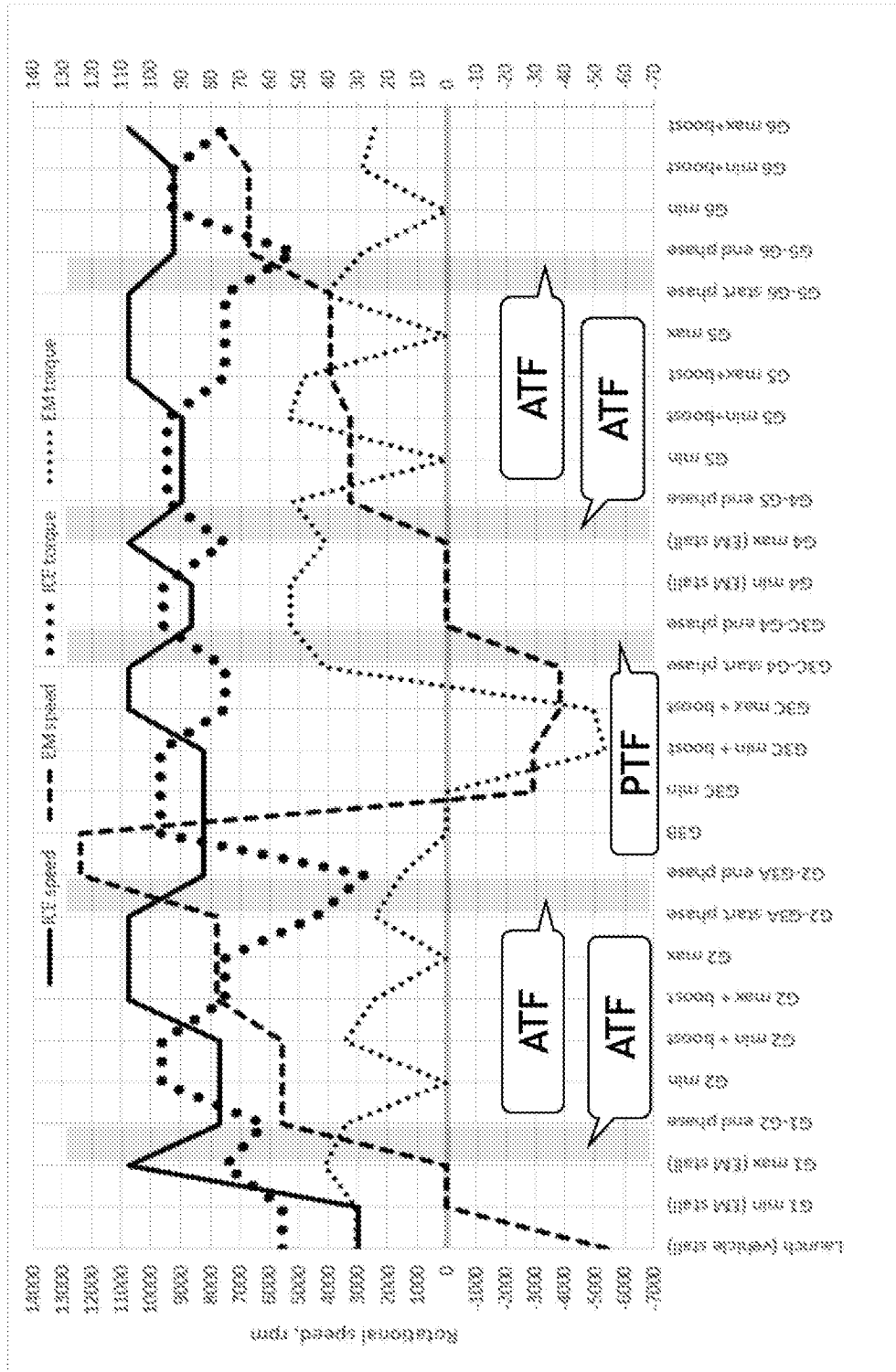


Fig. 10