



(10) **DE 10 2021 206 520 B4** 2024.02.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2021 206 520.1**
(22) Anmeldetag: **24.06.2021**
(43) Offenlegungstag: **29.12.2022**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **15.02.2024**

(51) Int Cl.: **B60K 6/36 (2007.10)**
B60K 6/547 (2007.10)
B60K 6/365 (2007.10)
B60K 6/50 (2007.10)
F16H 3/091 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

**Langenargen, DE; Pfannkuchen, Ingo, 88046
Friedrichshafen, DE; Michel, Christian, 88214
Ravensburg, DE; Schaudt, Oliver, 50931 Köln, DE**

(72) Erfinder:
**Beck, Stefan, 88097 Eriskirch, DE; Kutter, Fabian,
88079 Kressbronn, DE; Wechs, Michael, 88138
Weißenberg, DE; Martin, Thomas, 88138
Weißenberg, DE; Horn, Matthias, Dr.-Ing., 88069
Tettngang, DE; Brehmer, Martin, Dr.-Ing., 88069
Tettngang, DE; Ziemer, Peter, 88069 Tettngang, DE;
Kaltenbach, Johannes, Dr., 88048
Friedrichshafen, DE; Bachmann, Max, 88048
Friedrichshafen, DE; Radic, Mladjan, 88085**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	10 2011 005 562	A1
DE	10 2013 222 609	A1
DE	10 2017 003 194	A1
DE	10 2018 008 886	A1
DE	20 2016 103 126	U1
WO	2015/ 142 253	A1

(54) Bezeichnung: **Gangvorwählfrei lastschaltbares Hybridgetriebe mit einfachem Aufbau**

(57) Hauptanspruch: Hybridgetriebe (18) für einen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang (12) eines Kraftfahrzeugs (10), mit:

einer ersten Getriebeeingangswelle (24) zum Wirkverbinden des Hybridgetriebes mit einer Verbrennungsmaschine (16) des Kraftfahrzeugs;

einer zweiten Getriebeeingangswelle (26) zum Wirkverbinden des Hybridgetriebes mit einer ersten elektrischen Antriebsmaschine (14) des Kraftfahrzeugs;

einem Vier-Wellensystem (VWS), das mit der ersten Getriebeeingangswelle und der zweiten Getriebeeingangswelle verbunden ist;

einer ersten Getriebeantriebswelle (28) für ein erstes Teilgetriebe, die mit dem Vier-Wellensystem verbunden ist;

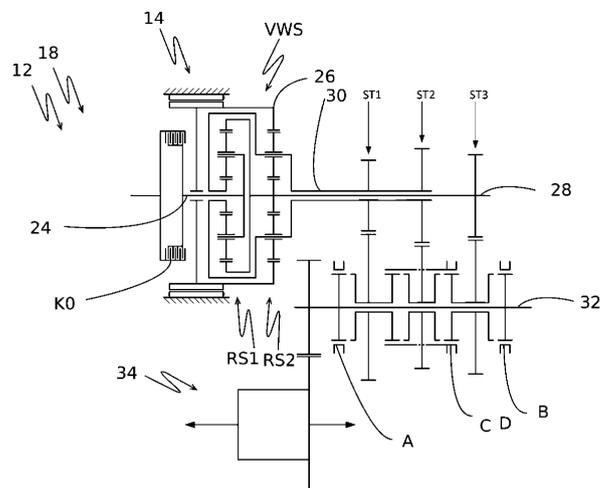
einer zweiten Getriebeantriebswelle (30) für ein zweites Teilgetriebe, die mit dem Vier-Wellensystem verbunden ist;

einer Vorgelegewelle (32);

in mehreren Radsatzebenen angeordneten Zahnradpaaren (ST1, ST2, ST3) aus Losrädern und Festrädern zum Bilden von Gangstufen; und

mehreren Gangschaltvorrichtungen mit Schaltelementen (A, B, C, D, R, K3) zum Einlegen der Gangstufen; wobei ein Losrad eines ersten Zahnradpaars (ST1) mit einem Losrad eines zweiten Zahnradpaars (ST2) verbindbar ist; und ein Losrad eines dritten Zahnradpaars (ST3) mit dem Losrad des zweiten Zahnradpaars verbindbar ist; und das zweite Zahnradpaar auf der gleichen Getriebean-

triebswelle wie das erste Zahnradpaar oder das dritte Zahnradpaar angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Hybridgetriebe, einen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang mit einem solchen Hybridgetriebe, ein Kraftfahrzeug mit einem solchen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang sowie ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Kraftfahrzeug-Antriebsstrangs.

[0002] Fahrzeuge werden zunehmend mit Hybridantrieben, d. h. mit wenigstens zwei verschiedenen Antriebsquellen ausgestattet. Hybridantriebe können zur Verminderung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen beitragen. Es haben sich weitgehend Antriebsstränge mit einem Verbrennungsmotor und einem oder mehreren Elektromotoren als Parallelhybrid oder als Mischhybrid durchgesetzt. Derartige Hybridantriebe weisen im Kraftfluss eine im Wesentlichen parallele Anordnung des Verbrennungsmotors und des Elektroantriebs auf. Hierbei können sowohl eine Überlagerung der Antriebsmomente als auch eine Ansteuerung mit rein verbrennungsmotorischem Antrieb oder rein elektromotorischem Antrieb ermöglicht werden. Da sich die Antriebsmomente des Elektroantriebs und des Verbrennungsmotors je nach Ansteuerung addieren können, ist eine vergleichsweise kleinere Auslegung des Verbrennungsmotors und/oder dessen zeitweise Abschaltung möglich. Hierdurch kann eine signifikante Reduzierung der CO₂-Emissionen ohne nennenswerte Leistungs- bzw. Komforteinbußen erreicht werden. Die Möglichkeiten und Vorteile eines Elektroantriebs können somit mit den Reichweiten-, Leistungs- und Kostenvorteilen von Brennkraftmaschinen verbunden werden.

[0003] Ein Nachteil der oben genannten Hybridantriebe besteht in einem im Allgemeinen komplexeren Aufbau, da beide Antriebsquellen vorzugsweise mit nur einem Getriebe Antriebsleistung auf eine Antriebswelle übertragen. Hierdurch sind derartige Getriebe meist aufwendig und kostenintensiv in der Produktion. Eine Reduzierung der Komplexität im Aufbau eines Hybridgetriebes geht meistens mit einer Einbuße an Variabilität einher.

[0004] Dieser Nachteil kann zumindest teilweise mittels dedizierter Hybridgetriebe oder „Dedicated Hybrid Transmissions“ (DHT) überwunden werden, bei denen eine elektrische Maschine in das Getriebe integriert wird, um den vollen Funktionsumfang darzustellen. Beispielsweise kann im Getriebe insbesondere der mechanische Getriebeteil vereinfacht werden, etwa durch Entfall des Rückwärtsgangs, wobei stattdessen mindestens eine elektrische Maschine genutzt wird.

[0005] Dedizierte Hybridgetriebe können aus bekannten Getriebekonzepten hervorgehen, also aus Doppelkupplungsgetrieben, Wandler-Planeten-

getrieben, stufenlosen Getrieben (CVT) oder automatisierten Schaltgetrieben. Die elektrische Maschine wird dabei zum Teil des Getriebes.

[0006] Die Offenlegungsschrift DE 10 2011 005 562 A1 betrifft ein Schaltgetriebe eines Hybridantriebs für ein Kraftfahrzeug, mit zwei Eingangswellen und einer gemeinsamen Ausgangswelle. Die erste Eingangswelle ist über eine steuerbare Trennkupplung mit der Triebwelle eines Verbrennungsmotors verbindbar und über eine erste Gruppe selektiv schaltbarer Gangradsätze mit der Ausgangswelle in Triebverbindung bringbar. Die zweite Eingangswelle steht über ein als Planetengetriebe ausgebildetes Überlagerungsgetriebe mit dem Rotor einer als Motor und als Generator betreibbaren Elektromaschine sowie mit der ersten Eingangswelle in Triebverbindung und ist über eine zweite Gruppe selektiv schaltbarer Gangradsätze mit der Ausgangswelle in Triebverbindung bringbar. Beide Eingangswellen sind über eine schaltbare Koppelvorrückung miteinander in Triebverbindung bringbar. Zur kostengünstigen Herstellung ist vorgesehen, dass das Schaltgetriebe aus einem Doppelkupplungsgetriebe mit zwei koaxialen Eingangswellen abgeleitet ist, dessen erste Eingangswelle zentral angeordnet ist, dessen zweite Eingangswelle als eine Hohlwelle ausgebildet und koaxial über der ersten Eingangswelle angeordnet ist und dessen Koppelvorrückung eine Getriebestufe und/oder eine schaltbare Kupplung umfasst, die anstelle desjenigen Gangradsatzes und seiner zugeordneten Gangkupplung vorgesehen sind, der in dem zugrunde liegenden Doppelkupplungsgetriebe der ersten Eingangswelle zugeordnet und axial benachbart zu dem getriebeseitigen Ende der zweiten Eingangswelle angeordnet ist.

[0007] Aus dem Stand der Technik sind zudem bekannt die DE 10 2018 008 886 A1, welche eine Gruppengetriebevorrichtung mit einem Getriebe zeigt, die DE 10 2017 003 194 A1, welche einen Hybridantriebsstrang für ein Kraftfahrzeug zeigt, die DE 10 2013 222 609 A1, welche ein automatisiertes elektrisches Handschaltgetriebe zeigt und die DE 20 2016 103 126 U1, welche einen Hybridantrieb mit einem leistungsverzweigenden, lastschaltbaren Getriebe zeigt.

[0008] Vor diesem Hintergrund stellt sich einem Fachmann die Aufgabe, ein kompaktes, mechanisch einfach aufgebautes Vier-Gang-Hybridgetriebe zu schaffen. Insbesondere soll ein Hybridgetriebe geschaffen werden, mit dem ein elektrodynamisches Anfahren sowie elektrodynamische Schaltungen direkt, also ohne Vorwahlschaltungen möglich sind.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Hybridgetriebe für einen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs, mit:

einer ersten Getriebeeingangswelle zum Wirkverbinden des Hybridgetriebes mit einer Verbrennungsmaschine des Kraftfahrzeugs;

einer zweiten Getriebeeingangswelle zum Wirkverbinden des Hybridgetriebes mit einer ersten elektrischen Antriebsmaschine des Kraftfahrzeugs;

einem Vier-Wellensystem, das mit der ersten Getriebeeingangswelle und der zweiten Getriebeeingangswelle verbunden ist;

einer ersten Getriebeantriebswelle für ein erstes Teilgetriebe, die mit dem Vier-Wellensystem verbunden ist;

einer zweiten Getriebeantriebswelle für ein zweites Teilgetriebe, die mit dem Vier-Wellensystem verbunden ist;

einer Vorgelegewelle;

in mehreren Radsatzebenen angeordneten Zahnradpaaren aus Losrädern und Festrädern zum Bilden von Gangstufen; und

mehreren Gangschaltvorrichtungen mit Schaltelementen zum Einlegen der Gangstufen; wobei

ein Losrad eines ersten Zahnradpaars mit einem Losrad eines zweiten Zahnradpaars verbindbar ist;

ein Losrad eines dritten Zahnradpaars mit dem Losrad des zweiten Zahnradpaars verbindbar ist; und

das zweite Zahnradpaar auf der gleichen Getriebeantriebswelle wie das erste Zahnradpaar oder das dritte Zahnradpaar angeordnet ist.

[0010] Die obige Aufgabe wird ferner gelöst durch einen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang, mit:

einem Hybridgetriebe wie zuvor definiert;

einer Verbrennungsmaschine, die mit der ersten Getriebeeingangswelle verbindbar ist; und

einer ersten elektrischen Antriebsmaschine, die mit der zweiten Getriebeeingangswelle antriebswirksam verbunden ist.

[0011] Die obige Aufgabe wird zudem gelöst von einem Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeug-Antriebsstrangs wie zuvor definiert.

[0012] Die obige Aufgabe wird schließlich gelöst von einem Kraftfahrzeug, mit:

einem Kraftfahrzeug-Antriebsstrang wie zuvor definiert; und

einem Energiespeicher zum Speichern von Energie zum Versorgen der ersten elektrischen

Antriebsmaschine und/oder der zweiten elektrischen Antriebsmaschine.

[0013] Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung werden in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen. Insbesondere können der Kraftfahrzeug-Antriebsstrang, das Kraftfahrzeug sowie das Verfahren entsprechend den für das Hybridgetriebe in den abhängigen Ansprüchen beschriebenen Ausgestaltungen ausgeführt sein.

[0014] Durch eine erste und zweite Getriebeeingangswelle zum Wirkverbinden des Hybridgetriebes mit einer Verbrennungsmaschine bzw. einer ersten elektrischen Antriebsmaschine kann ein mechanisch einfach aufgebautes kompaktes Hybridgetriebe geschaffen werden. Eine Wirkverbindung kann sowohl schaltbar als auch nicht schaltbar ausgeführt sein. Durch ein Vier-Wellensystem, das mit der ersten Getriebeeingangswelle und der zweiten Getriebeeingangswelle verbunden ist, kann ein elektrodynamischer Überlagerungszustand eingerichtet werden. Insbesondere können hierdurch EDS-Schaltungen sowie ein EDA-Anfahren ermöglicht werden. Vorzugsweise muss für einen Gangwechsel keine Vorwahlschaltung durchgeführt werden. Durch eine erste Getriebeantriebswelle und eine zweite Getriebeantriebswelle für jeweils ein erstes und zweites Teilgetriebe kann technisch einfach ein hochvariables Hybridgetriebe geschaffen werden. Durch die Verbindung der Getriebeantriebswellen mit dem Vier-Wellensystem kann ein hochvariabler elektrodynamischer Überlagerungszustand durch das Vier-Wellensystem eingerichtet werden, der mit einem und/oder beiden Teilgetrieben zusammenwirken kann. Durch ein Losrad eines ersten Zahnradpaars, das mit einem Losrad des zweiten Zahnradpaars verbindbar ist, kann das Vier-Wellensystem technisch einfach festgesetzt werden und so eine Übersetzung mittels des Vier-Wellensystems eingerichtet werden. Durch ein Verbinden des Losrads eines dritten Zahnradpaars mit dem Losrad des zweiten Zahnradpaars kann technisch einfach eine Verbindung zwischen erster elektrischer Antriebsmaschine und der Verbrennungsmaschine eingerichtet werden, die insbesondere von einem Abtrieb des Hybridgetriebes entkoppelt ist. Hierdurch kann technisch einfach ein Zustand Laden-in-Neutral eingerichtet werden.

[0015] In einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das Vier-Wellensystem einen ersten Planetenradsatz und einen zweiten Planetenradsatz. Durch ein Vier-Wellensystem, das einen ersten Planetenradsatz und einen zweiten Planetenradsatz umfasst,

kann ein kompaktes und verlustarmes Vier-Wellensystem geschaffen werden.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die erste Getriebeeingangswelle antriebswirksam mit einem Planetenradträger des ersten Planetenradsatzes verbunden. Die zweite Getriebeeingangswelle ist antriebswirksam mit einem Hohlrad des zweiten Planetenradsatzes verbunden. Die erste Getriebeantriebsschwelle ist antriebswirksam mit einem Hohlrad des ersten Planetenradsatzes und einem Sonnenrad des zweiten Planetenradsatzes verbunden. Ergänzend ist die zweite Getriebeantriebsschwelle antriebswirksam mit einem Sonnenrad des ersten Planetenradsatzes und einem Planetenradträger des zweiten Planetenradsatzes verbunden. Durch die vorteilhafte Verbindung der Planetenradsatzelemente untereinander mit den Getriebeeingangswellen und den Getriebeabtriebsswellen kann technisch einfach ein robustes und zuverlässiges Vier-Wellensystem geschaffen werden, das insbesondere in Kombination mit der vorteilhaften Verbindbarkeit der Zahnradpaare einen festgesetzten Zustand sowie einen leistungsverzweigten Zustand ermöglicht.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die erste Getriebeantriebsschwelle und die zweite Getriebeantriebsschwelle koaxial zueinander angeordnet. Ergänzend ist eine der Getriebeabtriebsswellen, bevorzugt die zweite Getriebeabtriebsschwelle, als Hohlwelle ausgebildet und umgibt die andere Getriebeabtriebsschwelle, bevorzugt die erste Getriebeabtriebsschwelle, zumindest abschnittsweise. Durch die Ausbildung der vorgenannten Wellen zumindest teilweise als Hohlwellen und die koaxiale Anordnung kann eine Kompaktheit des Hybridgetriebes verbessert werden.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das erste Teilgetriebe genau zwei Zahnradpaare und das zweite Teilgetriebe genau ein Zahnradpaar. Hierdurch kann technisch einfach ein kompaktes und funktionsumfangreiches Hybridgetriebe geschaffen werden.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die erste Getriebeeingangswelle eine Verbrennungsmaschinenkupplung zum lösbaren antriebswirksamen Verbinden der ersten Getriebeeingangswelle mit der Verbrennungsmaschine. Die Verbrennungsmaschinenkupplung ist vorzugsweise als Reibschaltelement ausgebildet. Eine Verbrennungsmaschinenkupplung ermöglicht das Entkoppeln der Verbrennungsmaschine vom Hybridgetriebe. Hierdurch kann ein hocheffizienter, rein elektrischer Fahrmodus eingerichtet werden. Durch eine Verbrennungsmaschinenkupplung in Form eines Reibschaltelements kann ein sogenannter Schwungstart der Verbrennungsmaschine erfolgen. Zudem kann die Verbrennungsmaschinenkupplung

beispielsweise als Anfahrlement für die Verbrennungsmaschine dienen.

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das Hybridgetriebe eine weitere Radsatzebene mit einem Zahnradtriplet umfassend drei kämmende Zahnräder, um einen mechanischen Rückwärtsgang einzurichten. Es versteht sich, dass zum Einrichten eines mechanischen Rückwärtsgangs eine Drehrichtungsumkehr mittels des Zahnradtriplets erfolgt. Hierdurch kann ein hochfunktionales Hybridgetriebe geschaffen werden. Insbesondere kann ein Rückwärtsfahren auch bei leerem Energiespeicher ermöglicht werden. Die Verbrennungsmaschine kann beispielsweise zum Rückwärtsfahren verwendet werden. Zudem kann ein elektrodynamisches Anfahren rückwärts erfolgen.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist ein Verblockungsschaltelement der Schaltelemente zum Verblocken des Vier-Wellensystems ausgebildet. Vorzugsweise ist das Verblockungsschaltelement zum antriebswirksamen Verbinden der ersten Getriebeantriebsschwelle und der zweiten Getriebeantriebsschwelle ausgebildet. Es versteht sich, dass auch andere Verblockungsvarianten denkbar sind. Hierdurch kann technisch einfach wenigstens ein Verblockungsgang eingerichtet werden. Das Vier-Wellensystem agiert dabei wie eine Welle, es findet also keine Über- oder Unterersetzung der Antriebsleistung im Vier-Wellensystem statt. Ferner kann ein weiterer Laden-in-Neutral-Modus eingerichtet werden, bei dem die erste elektrische Antriebsmaschine gleichschnell wie die Verbrennungsmaschine dreht. Zudem sind zwischen einer ersten Verbrennungsgangstufe und einer zweiten Verbrennungsgangstufe sowie zwischen einer zweiten Verbrennungsgangstufe und einer dritten Verbrennungsgangstufe weitere Gangstufen für die Verbrennungsmaschine und/oder die erste elektrische Antriebsmaschine möglich.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind die Schaltelemente als formschlüssige Schaltelemente ausgebildet. Ergänzend oder alternativ sind wenigstens zwei der Schaltelemente als Doppelschaltelement ausgebildet und von einem doppeltwirkenden Aktor betätigbar. Hierdurch kann ein effizientes und kostengünstiges Hybridgetriebe geschaffen werden. Ein Doppelschaltelement ermöglicht es, das Hybridgetriebe mit weniger Bauteilen und dadurch mechanisch einfacher aufzubauen, da zur Betätigung eines Doppelschaltelements nur ein Aktor verwendet werden muss.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die erste elektrische Antriebsmaschine als Koaxialmaschine ausgebildet. Ergänzend ist das Vier-Wellensystem zumindest abschnittsweise axial und/oder radial innerhalb der ersten elektrischen

Antriebsmaschine angeordnet. Hierdurch kann ein hocheffizienter und insbesondere axial kompakt bauender Antriebsstrang geschaffen werden. Der zur Verfügung stehende Bauraum kann vorteilhaft ausgenutzt werden.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist ein Abtrieb des Hybridgetriebes mit einer ersten Kraftfahrzeugachse antriebswirksam verbindbar und eine zweite Kraftfahrzeugachse umfasst eine elektrische Achse mit einer zweiten elektrischen Antriebsmaschine. Hierdurch kann technisch einfach eine verbesserte Zugkraftaufrechterhaltung mittels der elektrischen Achse bei Schaltungen im Hybridgetriebe erfolgen. Zudem kann technisch einfach ein allradantriebsfähiger Kraftfahrzeug-Antriebsstrang geschaffen werden. Ferner ist ein serieller Fahrmodus möglich, bei dem die erste elektrische Antriebsmaschine durch die Verbrennungsmaschine generatorisch betrieben wird und dadurch der elektrischen Achse Antriebsleistung zur Verfügung stellen kann. Hierdurch kann insbesondere bei leerem Energiespeicher auch elektrisch gefahren werden.

[0025] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die erste elektrische Antriebsmaschine als Startergenerator zum Starten der Verbrennungsmaschine ansteuerbar. Ergänzend oder alternativ ist die erste elektrische Antriebsmaschine als Ladegenerator zum Laden eines Energiespeichers ansteuerbar. Weiterhin ergänzend oder alternativ ist die erste elektrische Antriebsmaschine als Generator zum Versorgen der zweiten elektrischen Antriebsmaschine ansteuerbar, um einen seriellen Fahrmodus einzurichten. Hierdurch kann ein effizienter Kraftfahrzeug-Antriebsstrang geschaffen werden. Der Kraftstoffverbrauch kann reduziert werden. Bevorzugt kann auf einen zusätzlichen Anlasser für die Verbrennungsmaschine verzichtet werden, da die erste elektrische Antriebsmaschine die Verbrennungsmaschine anschleppen kann.

[0026] Ein Festsetzen eines Elements eines Planetenradsatzes bzw. eines Vier-Wellensystems ist insbesondere als ein Blockieren einer Drehung des Elements um seine Rotationsachse zu verstehen. Vorzugsweise wird dabei das Element mittels eines Schaltelements drehfest mit einem statischen Bauteil wie einem Rahmen und/oder einem Getriebegehäuse verbunden. Es ist auch denkbar, das Element bis zu einem Stillstand zu bremsen.

[0027] Ein Verblocken eines Planetenradsatzes bzw. eines Vier-Wellensystems umfasst ein antriebswirksames Verbinden zweier Zahnräder und/oder des Planetenradträgers und eines Zahnrads des Planetenradsatzes, sodass diese gemeinsam mit der gleichen Umdrehungszahl um denselben Punkt, vorzugsweise den Mittelpunkt des Planetenradsatzes, rotieren. Beim Verblocken zweier Zahnräder und/o-

der eines Planetenradträgers und eines Zahnrads des Planetenradsatzes wirkt der Planetenradsatz vorzugsweise wie eine Welle, es findet insbesondere keine Übersetzung im Planetenradsatz statt.

[0028] Unter „antriebswirksam verbunden“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine nicht schaltbare Verbindung zwischen zwei Bauteilen verstanden werden, welche zu einer permanenten Übertragung einer Drehzahl, eines Drehmoments und/oder einer Antriebsleistung vorgesehen ist. Die Verbindung kann dabei sowohl direkt oder über eine Festübersetzung erfolgen. Die Verbindung kann beispielsweise über eine feste Welle, eine Verzahnung, insbesondere eine Stirnradverzahnung und/oder ein Umschlingungsmittel, insbesondere ein Zugmittelgetriebe, erfolgen.

[0029] Unter „antriebswirksam verbindbar“, „kann antriebswirksam verbunden werden“ oder „ist zum antriebswirksamen Verbinden ausgebildet“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein schaltbares Verbinden zwischen zwei Bauteilen verstanden werden, welches in einem geschlossenen Zustand zu einer temporären Übertragung einer Drehzahl, eines Drehmoments und/oder einer Antriebsleistung vorgesehen ist. In einem geöffneten Zustand überträgt das schaltbare Verbinden vorzugsweise temporär im Wesentlichen keine Drehzahl, kein Drehmoment und/oder keine Antriebsleistung.

[0030] Unter Standladen bzw. Laden-in-Neutral ist insbesondere das Betreiben der elektrischen Antriebsmaschine als Generator zu verstehen, vorzugsweise bei einem Stillstand mit laufender Verbrennungsmaschine, um einen Energiespeicher zu befüllen und/oder eine Bordelektronik zu speisen.

[0031] Ein Aktor ist vorliegend insbesondere ein Bauteil, das ein elektrisches Signal in eine mechanische Bewegung umsetzt. Vorzugsweise führen Aktoren, die mit Doppelschaltelementen verwendet werden, Bewegungen in zwei entgegengesetzte Richtungen aus, um in der ersten Richtung ein Schaltelement des Doppelschaltelements zu schalten und in der zweiten Richtung das andere Schaltelement zu schalten.

[0032] Ein Gangstufenwechsel erfolgt insbesondere durch Abschalten eines Schaltelements und/oder einer Kupplung und gleichzeitiges Aufschalten des Schaltelements und/oder der Kupplung für die nächsthöhere oder -niedrigere Gangstufe. Das zweite Schaltelement und/oder die zweite Kupplung übernimmt also Stück für Stück das Drehmoment vom ersten Schaltelement und/oder von der ersten Kupplung, bis am Ende des Gangstufenwechsels das gesamte Drehmoment vom zweiten Schaltelement und/oder der zweiten Kupplung übernommen wird. Bei vorheriger Synchronisation kann ein Gang-

wechsel schneller erfolgen, vorzugsweise können dabei formschlüssige Schaltelemente Anwendung finden.

[0033] Eine Verbrennungsmaschine kann insbesondere jede Maschine sein, die durch Verbrennen eines Antriebsmittels, wie Benzin, Diesel, Kerosin, Ethanol, Flüssiggas, Autogas etc. eine Drehbewegung erzeugen kann. Eine Verbrennungsmaschine kann beispielsweise ein Ottomotor, ein Dieselmotor, ein Wankelmotor oder ein Zweitaktmotor sein.

[0034] Beim seriellen Fahren oder Kriechen wird eine elektrische Antriebsmaschine eines Kraftfahrzeugs generatorisch von einer Verbrennungsmaschine des Kraftfahrzeugs betrieben. Die so erzeugte Energie wird dann einer weiteren elektrischen Antriebsmaschine des Kraftfahrzeugs zur Verfügung gestellt, um Antriebsleistung bereitzustellen.

[0035] Eine elektrische Fahrzeugachse, oder kurz elektrische Achse, ist vorzugsweise eine Nicht-Haupt-Antriebsachse eines Kraftfahrzeugs, bei der mittels einer elektrischen Antriebsmaschine Antriebsleistung auf Räder des Kraftfahrzeugs übertragen werden kann. Es versteht sich, dass die elektrische Antriebsmaschine auch mittels eines Getriebes angebunden sein kann. Mittels einer elektrischen Achse kann ganz oder teilweise eine Zugkraft aufrechterhalten werden, wenn im Getriebe für eine Haupt-Antriebsachse ein Gangwechsel erfolgt. Ferner kann mittels einer elektrischen Achse zumindest teilweise eine Allrad-Funktionalität eingerichtet werden.

[0036] Ein elektrodynamisches Anfahrerelement (EDA) bewirkt, dass über einen oder mehrere Planetenradsätze eine Drehzahlüberlagerung von Verbrennungsmaschinen-Drehzahl und elektrischer Antriebsmaschinen-Drehzahl stattfindet, sodass ein Anfahren eines Kraftfahrzeugs aus dem Stillstand bei laufender Verbrennungsmaschine, vorzugsweise ohne Reibkupplung, möglich ist. Dabei stützt die elektrische Antriebsmaschine ein Drehmoment ab. Vorzugsweise ist die Verbrennungsmaschine nicht mehr durch eine Anfahrkupplung oder dergleichen vom Getriebe trennbar. Durch Verwenden eines EDAs können vorzugsweise Anlasser, Generator und Anfahrkupplung beziehungsweise hydrodynamischer Wandler entfallen. Dabei baut ein EDA insbesondere so kompakt, dass alle Komponenten im serienmäßigen Kupplungsgehäuse ohne Verlängerung des Getriebes Platz finden. Das elektrodynamische Anfahrerelement kann beispielsweise über einen weich abgestimmten Torsionsdämpfer fest mit einer Verbrennungsmaschine und insbesondere einem Schwungrad einer Verbrennungsmaschine verbunden sein. Somit können die elektrische Antriebsmaschine und die Verbrennungsmaschine wahlweise gleichzeitig oder alternativ betrieben werden. Hält

das Kraftfahrzeug an, können elektrische Antriebsmaschine und Verbrennungsmaschine abgeschaltet werden. Aufgrund einer guten Regelbarkeit der elektrischen Antriebsmaschine wird eine sehr hohe Anfahrqualität erreicht, die der eines Antriebs mit Wandlerkupplung entsprechen kann.

[0037] Bei einer sogenannten elektrodynamischen Schaltung (EDS) findet wie beim EDA-Anfahren über einen oder mehrere Planetenradsätze eine Drehzahlüberlagerung von Verbrennungsmaschinen-Drehzahl und elektrischer Antriebsmaschinen-Drehzahl statt. Zum Schaltungsbeginn werden die Drehmomente der elektrischen Antriebsmaschine und der Verbrennungsmaschine angepasst, sodass das auszulegende Schaltelement lastfrei wird. Nach dem Öffnen dieses Schaltelements erfolgt eine Drehzahlanpassung unter Erhaltung der Zugkraft, sodass das einzulegende Schaltelement synchron wird. Nach dem Schließen des Schaltelements erfolgt die Lastaufteilung zwischen der Verbrennungsmaschine und der elektrischen Antriebsmaschine beliebig je nach Hybrid-Betriebsstrategie. Das elektrodynamische Schaltverfahren hat den Vorteil, dass das zu schaltende Schaltelement des Zielgangs durch das Zusammenspiel der elektrischen Antriebsmaschine und der Verbrennungsmaschine synchronisiert wird, wobei die elektrische Antriebsmaschine vorzugsweise präzise regelbar ist. Ein weiterer Vorteil des EDS-Schaltverfahrens ist, dass eine hohe Zugkraft erreicht werden kann, da sich die Drehmomente der Verbrennungsmaschine und der elektrischen Maschine im Hybridgetriebe summieren.

[0038] Ein Vier-Wellensystem kann aus mehreren Radsätzen bestehen deren Wellen entsprechend miteinander verkoppelt sind. Die Radsätze können verschiedene Bauformen aufweisen, z.B. Plus- oder Minus-Planetensätze, reduzierte Planetensätze. Ferner kann auch ein Stufenplanetensystem ein Vierwellen-System ausbilden. Durch zwei definierte Drehzahlen sind vorzugsweise alle Wellen im Vierwellen-System definiert.

[0039] Die Erfindung wird nachfolgend anhand einiger ausgewählter Ausführungsbeispiele im Zusammenhang mit den beiliegenden Zeichnungen näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf ein Kraftfahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Hybridgetriebes;

Fig. 3 schematisch die Schaltzustände des Hybridgetriebes gemäß der **Fig. 2**;

Fig. 4 eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes;

Fig. 5 eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes;

Fig. 6 eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes;

Fig. 7 eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes;

Fig. 8 eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes; und

Fig. 9 eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes.

[0040] In **Fig. 1** ist schematisch ein Kraftfahrzeug 10 mit einem Kraftfahrzeug-Antriebsstrang 12 gezeigt. Der Kraftfahrzeug-Antriebsstrang 12 weist eine erste elektrische Antriebsmaschine 14, eine Verbrennungsmaschine 16 und ein Hybridgetriebe 18 auf. Das Hybridgetriebe 18 ist mit einer Vorderachse des Kraftfahrzeugs 10 verbunden. Der Kraftfahrzeug-Antriebsstrang 12 umfasst in dem gezeigten Beispiel ferner eine optionale elektrische Achse mit einer zweiten elektrischen Antriebsmaschine 20, die mit einer Hinterachse des Kraftfahrzeugs 10 verbunden ist. Es versteht sich, dass auch eine umgekehrte Anbindung erfolgen kann, also dass das Hybridgetriebe 18 mit der Hinterachse des Kraftfahrzeugs 10 verbunden ist und die Vorderachse des Kraftfahrzeugs 10 die elektrische Achse umfasst. Mittels des Kraftfahrzeug-Antriebsstrangs 12 wird Antriebsleistung der ersten elektrischen Antriebsmaschine 14, der Verbrennungsmaschine 16 und/oder der zweiten elektrischen Antriebsmaschine 20 den Rädern des Kraftfahrzeugs 10 zugeführt. Das Kraftfahrzeug 10 weist ferner einen Energiespeicher 22 auf, um Energie zu speichern, die zum Versorgen der ersten elektrischen Antriebsmaschine 14 und/oder der zweiten elektrischen Antriebsmaschine 20 dient.

[0041] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes 18 und einen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang 12. Das Hybridgetriebe 18 weist eine erste Getriebeeingangswelle 24 und eine zweite Getriebeeingangswelle 26 auf, die dazu ausgebildet sind, Antriebsleistung der Antriebsmaschinen in das Hybridgetriebe 18 zu übertragen.

[0042] Die erste Getriebeeingangswelle 24 und die zweite Getriebeeingangswelle 26 sind dabei mit einem Vier-Wellensystem VWS antriebswirksam verbunden. Das Vier-Wellensystem VWS ist ferner antriebswirksam mit einer ersten Getriebeantriebswelle 28 oder einer zweiten Getriebeantriebswelle 30 verbunden. Die erste Getriebeantriebswelle 28 ist als Vollwelle ausgebildet. Die zweite Getriebeantriebswelle 30 ist als Hohlwelle ausgebildet und umgibt die erste Getriebeantriebswelle 28 zumindest abschnittsweise. Das Hybridgetriebe 18 umfasst ferner eine Vorgelegewelle 32, die achsparallel zur ers-

ten Getriebeantriebswelle 28 und zur zweiten Getriebeantriebswelle 30 angeordnet ist.

[0043] In dem gezeigten Beispiel umfasst das Hybridgetriebe 18 drei Zahnradpaare ST1 bis ST3. Das erste Zahnradpaar ST1 umfasst ein Festrad, das an der zweiten Getriebeantriebswelle 30 angeordnet ist und mit einem an der Vorgelegewelle 32 angeordneten Losrad in Eingriff steht. Das Losrad des ersten Zahnradpaars ST1 kann durch Einlegen eines ersten Schaltelements A antriebswirksam mit der Vorgelegewelle 32 verbunden werden.

[0044] Das zweite Zahnradpaar ST2 umfasst ein Festrad, das an der zweiten Getriebeantriebswelle 30 angeordnet ist und in Eingriff mit einem an der Vorgelegewelle 32 angeordneten Losrad steht.

[0045] Das dritte Zahnradpaar ST3 umfasst ein Festrad, das an der ersten Getriebeantriebswelle 28 angeordnet ist und mit einem an der Vorgelegewelle 32 angeordneten Losrad in Eingriff steht. Das an der Vorgelegewelle 32 angeordnete Losrad des dritten Zahnradpaars ST3 kann durch Einlegen eines zweiten Schaltelements B antriebswirksam mit der Vorgelegewelle 32 verbunden werden.

[0046] Das Losrad der zweiten Zahnradpaar ST2 kann durch Einlegen eines dritten Schaltelements C antriebswirksam mit dem Losrad des ersten Zahnradpaars ST1 und durch Einlegen eines vierten Schaltelements D antriebswirksam mit dem Losrad des dritten Zahnradpaars ST3 verbunden werden. Die Verbindung, die mittels des dritten Schaltelements C bzw. des vierten Schaltelements D einrichtbar ist, verbindet die Losräder jeweils miteinander, ohne dabei eine Verbindung zur Vorgelegewelle 32 einzurichten.

[0047] In dem gezeigten Beispiel umfasst das Vier-Wellensystem VWS einen ersten Planetenradsatz RS1 und einen zweiten Planetenradsatz RS2. Die erste Getriebeeingangswelle 24 ist mit einem Planetenradträger des ersten Planetenradsatzes RS1 verbunden. Die zweite Getriebeeingangswelle 26 ist mit einem Hohlrad des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbunden. Die erste Getriebeantriebswelle 28 verbindet ein Sonnenrad des zweiten Planetenradsatzes RS2 und ein Hohlrad des ersten Planetenradsatzes RS1 antriebswirksam miteinander. Die zweite Getriebeantriebswelle 30 verbindet einen Planetenradträger des zweiten Planetenradsatzes RS2 und ein Sonnenrad des ersten Planetenradsatzes RS1 antriebswirksam miteinander.

[0048] Ferner umfasst die erste Getriebeeingangswelle 24 eine Verbrennungsmaschinenkupplung K0, die dazu ausgebildet ist, die nicht gezeigte Verbrennungsmaschine 16 lösbar antriebswirksam mit der ersten Getriebeeingangswelle 24 zu verbinden. Die

Verbrennungsmaschinenkupplung K0 ist in dem gezeigten Beispiel als Reibschaltelement oder Reibkupplung ausgebildet.

[0049] In dem gezeigten Beispiel ist an der Vorgelegewelle 32 ein Abtriebszahnrad angeordnet, das mit einem Differential eines Abtriebs 34 des Hybridgetriebes 18 in Eingriff steht.

[0050] In der **Fig. 3** sind die Schaltzustände des Hybridgetriebes 18 gemäß der **Fig. 2** schematisch in einer Schaltmatrix 36 gezeigt.

[0051] In der ersten Spalte der Schaltmatrix 36 sind die Verbrennungsgangstufen V1 bis V4 der Verbrennungsmaschine 16, zwei elektrodynamische Überlagerungszustände EDA1, EDA2, zwei Elektrogangstufen E1, E2 und ein Zustand für Laden-in-Neutral LiN gezeigt.

[0052] In der zweiten bis sechsten Spalte sind die Schaltzustände der Verbrennungsmaschinenkupplung K0 und des ersten bis vierten Schaltelements A bis D gezeigt, wobei ein „X“ bedeutet, dass das jeweilige Schaltelement bzw. die jeweilige Kupplung geschlossen ist, also die zugeordneten Getriebebauteile antriebswirksam miteinander verbindet. Sofern kein Eintrag vorhanden ist, ist davon auszugehen, dass das entsprechende Schaltelement bzw. die entsprechende Kupplung offen ist, also keine Antriebsleistung überträgt.

[0053] Zum Einrichten einer ersten Verbrennungsgangstufe V1 sind folglich die Verbrennungsmaschinenkupplung K0, das erste Schaltelement A und das vierte Schaltelement D zu schließen.

[0054] Eine zweite Verbrennungsgangstufe V2 kann durch Schließen der Verbrennungsmaschinenkupplung K0, des ersten Schaltelements A und des zweiten Schaltelements B eingerichtet werden.

[0055] Ein Schließen der Verbrennungsmaschinenkupplung K0, des zweiten Schaltelements B und des vierten Schaltelements D richtet eine dritte Verbrennungsgangstufe V3 ein.

[0056] Eine vierte Verbrennungsgangstufe V4 kann durch Schließen der Verbrennungsmaschinenkupplung K0, des zweiten Schaltelements B und des dritten Schaltelements C eingerichtet werden.

[0057] Ein erster elektrodynamischer Überlagerungszustand EDA1 kann durch Schließen der Verbrennungsmaschinenkupplung K0 und des ersten Schaltelements A eingerichtet werden.

[0058] Ein Schließen der Verbrennungsmaschinenkupplung K0 und des zweiten Schaltelements B rich-

tet einen zweiten elektrodynamischen Überlagerungszustand EDA2 ein.

[0059] Eine erste Elektrogangstufe E1 kann durch Schließen des ersten Schaltelements A und des zweiten Schaltelements B eingerichtet werden.

[0060] Durch Schließen des ersten Schaltelements A und des vierten Schaltelements D kann eine zweite Elektrogangstufe E2 eingerichtet werden.

[0061] Ein Zustand Laden-in-Neutral LiN kann durch Schließen der Verbrennungsmaschinenkupplung K0 und des vierten Schaltelements D eingerichtet werden.

[0062] Mit dem offenbaren Hybridgetriebe 18 stehen folglich vier mechanische Hauptfahrgänge für die Verbrennungsmaschine 16 zur Verfügung.

[0063] In der ersten Verbrennungsgangstufe V1 sind das erste Schaltelement A und das vierte Schaltelement D geschlossen. Die erste elektrische Antriebsmaschine 14 dreht in dieser Gangstufe langsamer als die Verbrennungsmaschine 16.

[0064] In der zweiten Verbrennungsgangstufe V2 sind das erste Schaltelement A und das zweite Schaltelement B geschlossen. Die erste elektrische Antriebsmaschine 14 dreht in dieser Gangstufe schneller als die Verbrennungsmaschine 16.

[0065] In der dritten Verbrennungsgangstufe V3 sind das zweite Schaltelement B und das vierte Schaltelement D geschlossen. Die erste elektrische Antriebsmaschine 14 dreht in dieser Gangstufe langsamer als die Verbrennungsmaschine 16.

[0066] In der vierten Verbrennungsgangstufe V4 sind das zweite Schaltelement B und das dritte Schaltelement C geschlossen. Die erste elektrische Antriebsmaschine 14 dreht in dieser Schaltstellung langsamer als die Verbrennungsmaschine 16.

[0067] Mit dem erfindungsgemäßen Hybridgetriebe 18 kann elektrisch gefahren werden, insbesondere wenn die Verbrennungsmaschinenkupplung K0 geöffnet ist. Die beiden elektrischen Gangstufen E1, E2, die bei rein elektrischer Fahrt verwendet werden, entsprechen zudem einer ersten und zweiten hybriden Gangstufe der ersten Elektrogangstufe E1 und die erste hybride Gangstufe der zweiten Elektrogangstufe E2. Mit anderen Worten kann in der ersten Verbrennungsgangstufe V1 und der zweiten Verbrennungsgangstufe V2 die erste elektrische Antriebsmaschine 14 in der entsprechenden Elektrogangstufe E1 oder E2 betrieben werden. Hierdurch können die ersten beiden Verbrennungsgangstufen

V1 und V2 auch als hybride Gangstufen verwendet werden.

[0068] Ist das erste Schaltelement A oder das zweite Schaltelement B geschlossen, entsteht bei geschlossener Verbrennungsmaschinenkupplung K0 ein EDA-Zustand an den beiden Planetenradsätzen RS1, RS2. Die Verbrennungsmaschine 16 ist dann mit dem Planetenradträger des ersten Planetenradsatzes RS1 verbunden. Die erste elektrische Antriebsmaschine 14 stützt am Hohlrad des zweiten Planetenradsatzes RS2 das Moment der Verbrennungsmaschine ab, wobei das Sonnenrad des ersten Planetenradsatzes und der Planetenradträger des zweiten Planetenradsatzes über das erste Zahnradpaar ST1 oder das zweite Zahnradpaar ST2 mit dem Abtrieb 34 verbunden sind. Hierbei fungiert die erste Getriebeantriebswelle 28, die das Hohlrad des ersten Planetenradsatzes RS1 mit dem Sonnenrad des zweiten Planetenradsatzes RS2 verbindet, als Koppelwelle. Hierdurch ist ein elektrodynamisches Anfahren vorwärts möglich.

[0069] Aus dem ersten elektrodynamischen Überlagerungszustand EDA1 kann in die erste Verbrennungsgangstufe V1 und in die zweite Verbrennungsgangstufe V2 gewechselt werden, weil in diesen beiden Schaltzuständen das erste Schaltelement A jeweils geschlossen ist.

[0070] Aus dem zweiten elektrodynamischen Überlagerungszustand EDA2 kann in die zweite Verbrennungsgangstufe V2, die dritte Verbrennungsgangstufe V3 und die vierte Verbrennungsgangstufe V4 gewechselt werden, weil in diesen Schaltzuständen das zweite Schaltelement B jeweils geschlossen ist.

[0071] Mit dem erfindungsgemäßen Hybridgetriebe 18 kann eine Schaltung von der ersten Gangstufe in die zweite Gangstufe elektrodynamisch durch die erste elektrische Antriebsmaschine 14 erfolgen, wobei das erste Schaltelement A geschlossen bleibt und von der ersten Verbrennungsgangstufe V1 in die zweite Verbrennungsgangstufe V2 gewechselt wird.

[0072] Eine Schaltung von der zweiten Gangstufe in die dritte Gangstufe kann ebenfalls elektrodynamisch durch die erste elektrische Antriebsmaschine 14 erfolgen, wobei das zweite Schaltelement B geschlossen bleibt. Hierbei wird von der zweiten Verbrennungsgangstufe V2 in die dritte Verbrennungsgangstufe V3 gewechselt.

[0073] Eine Schaltung von der dritten in die vierte Gangstufe ist ebenfalls elektrodynamisch durch die erste elektrische Antriebsmaschine 14 möglich, wobei das zweite Schaltelement B geschlossen bleibt und von der dritten Verbrennungsgangstufe V3 in die vierte Verbrennungsgangstufe V4 gewechselt wird.

[0074] Eine Schaltung von der zweiten Verbrennungsgangstufe V2 in die dritte Verbrennungsgangstufe V3 kann wie folgt erfolgen. In der Verbrennungsgangstufe V2 sind die Verbrennungsmaschinenkupplung K0, das erste Schaltelement A und das zweite Schaltelement B geschlossen. Die Momente der Verbrennungsmaschine 16 und der ersten elektrischen Antriebsmaschine 14 werden so eingestellt, dass einerseits das gewünschte Abtriebsmoment bereitgestellt wird und andererseits das auszulegende erste Schaltelement A lastfrei wird. Das erste Schaltelement A wird sodann geöffnet. Die Momente der Verbrennungsmaschine 16 und der ersten elektrischen Antriebsmaschine 14 werden so eingestellt, dass einerseits das gewünschte Abtriebsmoment bereitgestellt wird und andererseits die Drehzahl der Verbrennungsmaschine 16 absinkt. Wenn das einzulegende vierte Schaltelement D synchron wird, wird es geschlossen. Hierdurch ist die dritte Verbrennungsgangstufe V3 für die Verbrennungsmaschine 16 mechanisch geschaltet und die Verbrennungsmaschinenkupplung K0, das zweite Schaltelement B und das vierte Schaltelement D geschlossen.

[0075] Rückschaltungen erfolgen analog zu Hochschaltungen, nur in umgekehrter Ablaufreihenfolge.

[0076] Es versteht sich, dass auch Schubschaltungen möglich sind, da die erste elektrische Antriebsmaschine 14 am zweiten Planetenradsatz RS2 das Moment bremsend abstützen kann.

[0077] Ein Laden-in-Neutral LiN bzw. ein Start der Verbrennungsmaschine 16 kann wie folgt erfolgen. Ist nur das vierte Schaltelement D geschlossen, kann die erste elektrische Antriebsmaschine 14 über die Verbrennungsmaschinenkupplung K0 mit der Verbrennungsmaschine 16 unabhängig vom Abtrieb 34 verbunden werden. In dieser Schaltstellung dreht die erste elektrische Antriebsmaschine 14 langsamer als die Verbrennungsmaschine 16. Hierdurch ist einerseits ein Start der Verbrennungsmaschine 16 mittels der ersten elektrischen Antriebsmaschine 14 möglich, der auch als Schwungstart mit einer Differenzdrehzahl an der Verbrennungsmaschinenkupplung K0 ausgeführt werden kann, wenn die Verbrennungsmaschinenkupplung K0 eine Reibkupplung umfasst.

[0078] Ferner kann in diesem Zustand die erste elektrische Antriebsmaschine 14 als Generator betrieben werden und den elektrischen Energiespeicher 22 laden oder elektrische Verbraucher versorgen. Es versteht sich, dass ein Verbraucher auch eine zweite elektrische Antriebsmaschine 20 sein kann, die beispielsweise Teil einer elektrischen Achse ist.

[0079] Ein Übergang vom Zustand Laden-in-Neutral LiN ist in die erste Verbrennungsgangstufe V1 und die dritte Verbrennungsgangstufe V3 möglich, weil das vierte Schaltelement D in diesen Schaltzuständen jeweils geschlossen ist.

[0080] Ist das Hybridgetriebe 18 mit einer elektrischen Achse, beispielsweise wie in **Fig. 1** gezeigt, kombiniert, kann eine sogenannte E-CVT-Funktion eingerichtet werden. Hierbei sind die elektrodynamischen Überlagerungszustände EDA1, EDA2 leistungsverzweigte E-CVT-Fahrbereiche für die Verbrennungsmaschine 16, bei denen auch ein batterieneutraler Betrieb möglich ist. Ferner kann ein serielles Fahren erfolgen, bei dem das Hybridgetriebe 18 in den Zustand Laden-in-Neutral LiN geschaltet wird, wobei die erste elektrische Antriebsmaschine 14 generatorisch betrieben wird und so die zweite elektrische Antriebsmaschine 20 speist.

[0081] Ferner kann mittels der zweiten elektrischen Antriebsmaschine 20 eine Zugkraftunterstützung erfolgen, indem die zweite elektrische Antriebsmaschine 20 die Zugkraft stützt, wenn im Hybridgetriebe 18 Umschaltungen notwendig sind, bei denen der Abtrieb 34 des Hybridgetriebes 18 lastfrei wird. Beispiele für solche Übergänge sind: Wenn zunächst rein elektrisch mit der ersten elektrischen Antriebsmaschine 14 und/oder der zweiten elektrischen Antriebsmaschine 20 gefahren wird und dann ein Start der Verbrennungsmaschine 16 in Neutral mittels der ersten elektrischen Antriebsmaschine 14 erfolgen soll.

[0082] In **Fig. 4** ist eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes 18 gezeigt. Im Unterschied zu der in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform umfasst das Hybridgetriebe 18 gemäß der **Fig. 4** ein Zahnradtriplet STR, das zum Einrichten einer Rückwärtsgangstufe ausgebildet ist. Ein Festrad dieses Zahnradtriplets STR ist antriebswirksam mit der zweiten Getriebeantriebswelle 30 verbunden und in Eingriff mit einem Zahnrad, das mit einem an der Vorgelegewelle 32 angeordneten Losrad kämmt. Das an der Vorgelegewelle 32 angeordnete Losrad des Zahnradtriplets STR kann durch Einlegen eines Rückwärtsgangschaltelements R antriebswirksam mit der Vorgelegewelle 32 verbunden werden.

[0083] In dem gezeigten Beispiel sind das Rückwärtsgangschaltelement R und das erste Schaltelement A zu einem Doppelschaltelement zusammengefasst. Ferner sind das dritte Schaltelement C und das vierte Schaltelement D zu einem Doppelschaltelement zusammengefasst.

[0084] Von einer Anbindungsseite der nicht gezeigten Verbrennungsmaschine 16 aus gesehen ist die Reihenfolge der Zahnradpaare bzw. des Zahnradtriplets wie folgt. Zunächst ist das Zahnradtriplet STR,

dann das erste Zahnradpaar ST1, dann das zweite Zahnradpaar ST2 und schließlich das dritte Zahnradpaar ST3 im Hybridgetriebe 18 angeordnet.

[0085] Durch eine mechanische Rückwärtsgangstufe ist ein elektrodynamisches Anfahren auch rückwärts möglich.

[0086] In der Figur nicht gezeigt, aber denkbar ist eine gemeinsame Verzahnung für das Festrad des ersten Zahnradpaars ST1 und die weiteren Zahnräder des Zahnradtriplets STR. Insoweit würde das an der zweiten Getriebeantriebswelle 30 angeordnete Festrad des Zahnradtriplets STR entfallen, wobei das an der zweiten Getriebeantriebswelle 30 angeordnete Festrad des ersten Zahnradpaars ST1 sowohl ein Festrad des ersten Zahnradpaars ST1 als auch ein Festrad des Zahnradtriplets STR bildet.

[0087] Eine Umschaltung vom elektrodynamischen Anfahren vorwärts und elektrodynamischen Anfahren rückwärts ist für sich genommen zugkraftunterbrochen, jedoch kann mittels einer elektrischen Achse die zweite elektrische Antriebsmaschine 20 die Zugkraft beim Reversieren stützen.

[0088] In **Fig. 5** ist eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes 18 gezeigt. Im Unterschied zu der in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform ist das Hybridgetriebe 18 gemäß der **Fig. 5** ohne Verbrennungsmaschinenkupplung K0 ausgeführt. Somit sind in der gezeigten Ausführungsform alle Schaltelemente als formschlüssige Schaltelemente ausgebildet. Durch den Entfall der Verbrennungsmaschinenkupplung K0 ist die Ansteuerung des Hybridgetriebes 18 vereinfacht, jedoch ist ein rein elektrisches Fahren nicht mehr möglich bzw. nur unter Mitschleppen der Verbrennungsmaschine 16 möglich.

[0089] In **Fig. 6** ist eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes 18 gezeigt. Im Unterschied zu der in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsform umfasst das Hybridgetriebe 18 gemäß der **Fig. 6** ein Verblockungsschaltelement K3. Das Verblockungsschaltelement K3 ist zwischen dem zweiten Zahnradpaar ST2 und dem dritten Zahnradpaar ST3 im Hybridgetriebe 18 angeordnet und dazu ausgebildet, die erste Getriebeantriebswelle 28 antriebswirksam mit der zweiten Getriebeantriebswelle 30 zu verbinden. Hierdurch wird das Vier-Wellensystem VWS verblockt.

[0090] Es kann folglich ein Zustand hergestellt werden, bei dem die erste elektrische Antriebsmaschine 14 gleichschnell wie die Verbrennungsmaschine 16 dreht. Hierdurch kann ein weiterer Laden-in-Neutral-Modus eingerichtet werden. Ferner sind weitere Verbrennungsgangstufen und Hybridgangstufen möglich. Durch Schließen des ersten Schaltelements

A und des Verblockungsschaltelements K3 kann eine Gangstufe zwischen der ersten Verbrennungsgangstufe V1 und der zweiten Verbrennungsgangstufe V2 eingerichtet werden. Durch Schließen des zweiten Schaltelements B und des Verblockungsschaltelements K3 kann eine Gangstufe zwischen der zweiten Verbrennungsgangstufe V2 und der dritten Verbrennungsgangstufe V3 eingerichtet werden. Als Gangstufe zwischen zwei Gangstufen ist insbesondere eine Gangstufe anzusehen, die ein Übersetzungsverhältnis zwischen den Übersetzungsverhältnissen der beiden vorgenannten Gangstufen aufweist.

[0091] In Fig. 7 ist eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes 18 gezeigt. Im Unterschied zu der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform ist die erste elektrische Antriebsmaschine 14 als achsparallele Antriebsmaschine ausgebildet und mittels einer Zahnradkette antriebswirksam mit der zweiten Getriebeeingangswelle 26 verbunden.

[0092] In Fig. 8 ist eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes 18 gezeigt. Im Unterschied zu der in Fig. 7 gezeigten Ausführungsform ist die erste elektrische Antriebsmaschine 14 mittels einer Kette antriebswirksam mit der zweiten Getriebeeingangswelle 26 verbunden. Es versteht sich, dass auch eine andere Anbindung beispielsweise mittels eines Gürtels oder eines Riemens denkbar ist.

[0093] In Fig. 9 ist eine weitere Variante eines erfindungsgemäßen Hybridgetriebes 18 gezeigt. Im Unterschied zu der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform ist die Verbrennungsmaschine 16 achsparallel zum Hybridgetriebe 18 angeordnet und mittels einer Kette mit einem Getriebeeingang verbunden. Es versteht sich, dass anstatt der Kette auch mehrere Zahnräder Anwendung finden können. Die Verbrennungsmaschinenkupplung K0 ist in dem gezeigten Beispiel an der ersten Getriebeeingangswelle 24 angeordnet. Es versteht sich, dass auch eine Anordnung an einer Ausgangswelle der Verbrennungsmaschine 16 denkbar ist. Die Verbrennungsmaschine 16 ist über einen Dämpfer antriebswirksam mit einem Zahnrad verbunden, das über einen Kettentrieb mit der ersten Getriebeeingangswelle 24 verbunden ist.

[0094] Ferner ist das Hybridgetriebe 18 gemäß der Fig. 9 im Vergleich zu den bisherigen Ausführungsformen von Hybridgetrieben 18 quasi gespiegelt.

[0095] Die Erfindung wurde anhand der Zeichnungen und der Beschreibung umfassend beschrieben und erklärt. Die Beschreibung und Erklärung sind als Beispiel und nicht einschränkend zu verstehen. Die Erfindung ist nicht auf die offenbarten Ausführungsformen beschränkt. Andere Ausführungsfor-

men oder Variationen ergeben sich für den Fachmann bei der Verwendung der vorliegenden Erfindung sowie bei einer genauen Analyse der Zeichnungen, der Offenbarung und der nachfolgenden Patentansprüche.

[0096] In den Patentansprüchen schließen die Wörter „umfassen“ und „mit“ nicht das Vorhandensein weiterer Elemente oder Schritte aus. Der undefinierte Artikel „ein“ oder „eine“ schließt nicht das Vorhandensein einer Mehrzahl aus. Ein einzelnes Element oder eine einzelne Einheit kann die Funktionen mehrerer der in den Patentansprüchen genannten Einheiten ausführen. Die bloße Nennung einiger Maßnahmen in mehreren verschiedenen abhängigen Patentansprüchen ist nicht dahingehend zu verstehen, dass eine Kombination dieser Maßnahmen nicht ebenfalls vorteilhaft verwendet werden kann. Bezugszeichen in den Patentansprüchen sind nicht einschränkend zu verstehen. Ein Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeug-Antriebsstrangs 12 kann beispielsweise in Form eines Computerprogramms realisiert werden, das auf einem Steuergerät für den Kraftfahrzeug-Antriebsstrangs 12 ausgeführt wird. Ein Computerprogramm kann auf einem nichtflüchtigen Datenträger gespeichert/vertrieben werden, beispielsweise auf einem optischen Speicher oder auf einem Halbleiterlaufwerk (SSD). Ein Computerprogramm kann zusammen mit Hardware und/oder als Teil einer Hardware vertrieben werden, beispielsweise mittels des Internets oder mittels drahtgebundener oder drahtloser Kommunikationssysteme.

Bezugszeichen

10	Kraftfahrzeug
12	Kraftfahrzeug-Antriebsstrang
14	erste elektrische Antriebsmaschine
16	Verbrennungsmaschine
18	Hybridgetriebe
20	zweite elektrische Antriebsmaschine
22	Energiespeicher
24	erste Getriebeeingangswelle
26	zweite Getriebeeingangswelle
28	erste Getriebeantriebswelle
30	zweite Getriebeantriebswelle
32	Vorgelegewelle
34	Abtrieb
36	Schaltmatrix
RS1	erster Planetenradsatz

RS2	zweiter Planetenradsatz
VWS	Vier-Wellensystem
ST1-ST3	Zahnradpaare
STR	Zahnradtriplet
K0	Verbrennungsmaschinenkupp- lung
K3	Verblockungsschaltelement
A-D	Schaltelemente
R	Rückwärtsgangschaltelement
V1-V4	Verbrennungsgangstufen
E1, E2	Elektrogangstufen
EDA1, EDA2	elektrodynamische Überlage- rungszustände
LiN	Zustand Laden-in-Neutral

Patentansprüche

1. Hybridgetriebe (18) für einen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang (12) eines Kraftfahrzeugs (10), mit: einer ersten Getriebeeingangswelle (24) zum Wirkverbinden des Hybridgetriebes mit einer Verbrennungsmaschine (16) des Kraftfahrzeugs; einer zweiten Getriebeeingangswelle (26) zum Wirkverbinden des Hybridgetriebes mit einer ersten elektrischen Antriebsmaschine (14) des Kraftfahrzeugs; einem Vier-Wellensystem (VWS), das mit der ersten Getriebeeingangswelle und der zweiten Getriebeeingangswelle verbunden ist; einer ersten Getriebeantriebswelle (28) für ein erstes Teilgetriebe, die mit dem Vier-Wellensystem verbunden ist; einer zweiten Getriebeantriebswelle (30) für ein zweites Teilgetriebe, die mit dem Vier-Wellensystem verbunden ist; einer Vorgelegewelle (32); in mehreren Radsatzebenen angeordneten Zahnradpaaren (ST1, ST2, ST3) aus Losrädern und Festrädern zum Bilden von Gangstufen; und mehreren Gangschaltvorrichtungen mit Schaltelelementen (A, B, C, D, R, K3) zum Einlegen der Gangstufen; wobei ein Losrad eines ersten Zahnradpaars (ST1) mit einem Losrad eines zweiten Zahnradpaars (ST2) verbindbar ist; und ein Losrad eines dritten Zahnradpaars (ST3) mit dem Losrad des zweiten Zahnradpaars verbindbar ist; und das zweite Zahnradpaar auf der gleichen Getriebeantriebswelle wie das erste Zahnradpaar oder das dritte Zahnradpaar angeordnet ist.

2. Hybridgetriebe (18) nach Anspruch 1, wobei das Vier-Wellensystem (VWS) einen ersten Plane-

tenradsatz (RS1) und einen zweiten Planetenradsatz (RS2) umfasst.

3. Hybridgetriebe (18) nach Anspruch 2, wobei die erste Getriebeeingangswelle (24) antriebswirksam mit einem Planetenradträger des ersten Planetenradsatzes (RS1) verbunden ist; die zweite Getriebeeingangswelle (26) antriebswirksam mit einem Hohlrad des zweiten Planetenradsatzes (RS2) verbunden ist; die erste Getriebeantriebswelle (28) antriebswirksam mit einem Hohlrad des ersten Planetenradsatzes und einem Sonnenrad des zweiten Planetenradsatzes verbunden ist; und die zweite Getriebeantriebswelle (30) antriebswirksam mit einem Sonnenrad des ersten Planetenradsatzes und einem Planetenradträger des zweiten Planetenradsatzes verbunden ist.

4. Hybridgetriebe (18) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die erste Getriebeantriebswelle (28) und die zweite Getriebeantriebswelle (30) koaxial zueinander angeordnet sind; und eine der Getriebeantriebswellen, bevorzugt die zweite Getriebeantriebswelle, als Hohlwelle ausgebildet ist und zumindest abschnittsweise die andere Getriebeantriebswelle, bevorzugt die erste Getriebeantriebswelle, umgibt.

5. Hybridgetriebe (18) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das erste Teilgetriebe genau zwei Zahnradpaare (ST1, ST2) umfasst und das zweite Teilgetriebe genau ein Zahnradpaar (ST3) mit jeweils zwei Zahnrädern umfasst.

6. Hybridgetriebe (18) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die erste Getriebeeingangswelle (24) eine Verbrennungsmaschinenkuppung (K0) zum lösbaren antriebswirksamen Verbinden der ersten Getriebeeingangswelle mit der Verbrennungsmaschine (16) umfasst.

7. Hybridgetriebe (18) nach einem der vorstehenden Ansprüche, einer weiteren Radsatzebene mit einem Zahnradtriplet (STR) umfassend drei kämmende Zahnräder, um einen mechanischen Rückwärtsgang einzurichten.

8. Hybridgetriebe (18) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei ein Verblockungsschaltelement (K3) der Schaltelelemente zum Verblocken des Vier-Wellensystems (28) ausgebildet ist.

9. Hybridgetriebe (18) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schaltelelemente (A, B, C, D, R, K3) als form-schlüssige Schaltelelemente ausgebildet sind; und/oder wenigstens zwei der Schaltelelemente als Doppel-

schaltelement ausgebildet sind und von einem doppeltwirkenden Aktor betätigbar sind.

10. Kraftfahrzeug-Antriebsstrang (12) für ein Kraftfahrzeug (10), mit:
einem Hybridgetriebe (18) nach einem der vorstehenden Ansprüche;
einer Verbrennungsmaschine (16), die mit der ersten Getriebeeingangswelle (24) verbindbar ist; und
einer ersten elektrischen Antriebsmaschine (14), die mit der zweiten Getriebeeingangswelle (26) antriebswirksam verbunden ist.

11. Kraftfahrzeug-Antriebsstrang (12) nach Anspruch 10, wobei
die erste elektrische Antriebsmaschine (14) als Koaxialmaschine ausgebildet ist; und
das Vier-Wellensystem (VWS) zumindest abschnittsweise axial und/oder radial innerhalb der ersten elektrischen Antriebsmaschine angeordnet ist.

12. Kraftfahrzeug-Antriebsstrang (12) nach Anspruch 10 oder 11, wobei ein Abtrieb (34) des Hybridgetriebes (18) mit einer ersten Kraftfahrzeugachse antriebswirksam verbindbar ist und eine zweite Kraftfahrzeugachse eine elektrische Achse mit einer zweiten elektrischen Antriebsmaschine (20) umfasst.

13. Kraftfahrzeug-Antriebsstrang (12) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die erste elektrische Antriebsmaschine (14)
als Startergenerator zum Starten der Verbrennungsmaschine (16) ansteuerbar ist;
als Ladegenerator zum Laden eines Energiespeichers (22) ansteuerbar ist und/oder
als Generator zum Versorgen der zweiten elektrischen Antriebsmaschine (20) ansteuerbar ist, um einen seriellen Fahrmodus einzurichten.

14. Verfahren zum Betrieb eines Kraftfahrzeug-Antriebsstrangs (12) nach einem der Ansprüche 10 bis 13.

15. Kraftfahrzeug (10) mit:
einem Kraftfahrzeug-Antriebsstrang (12) nach einem der Ansprüche 10 bis 13; und
einem Energiespeicher (22) zum Speichern von Energie zum Versorgen der ersten elektrischen Antriebsmaschine (14) und/oder der zweiten elektrischen Antriebsmaschine (20).

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

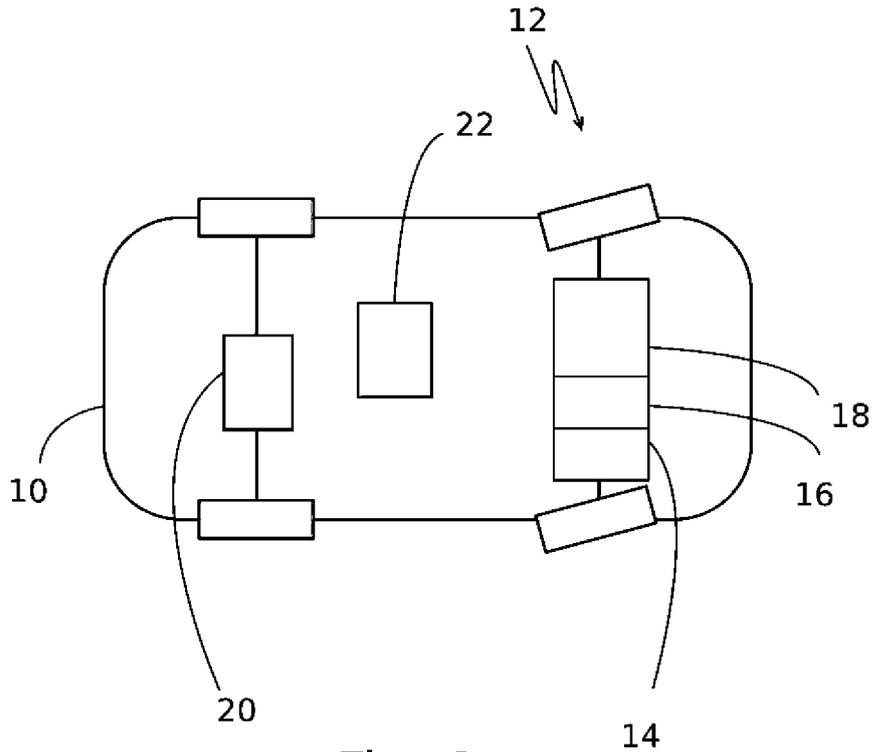


Fig. 1

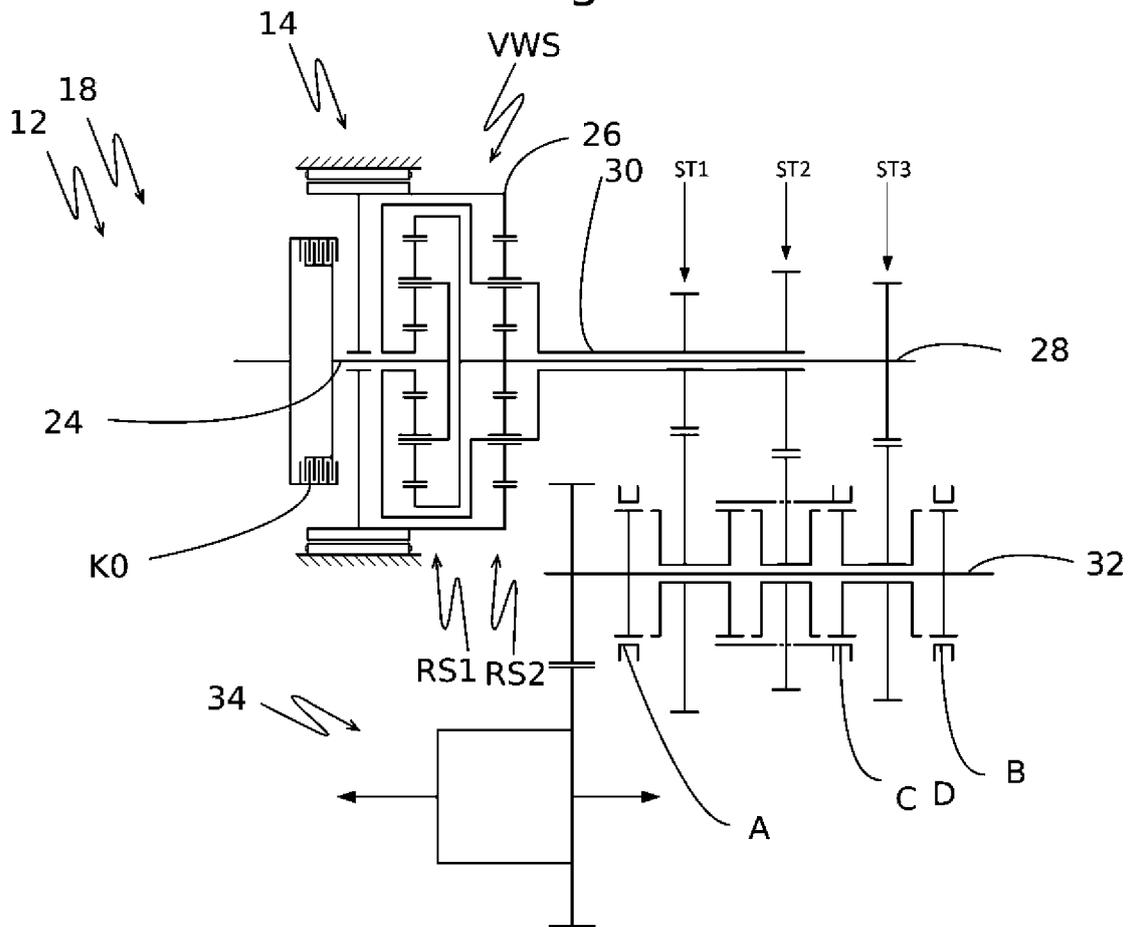
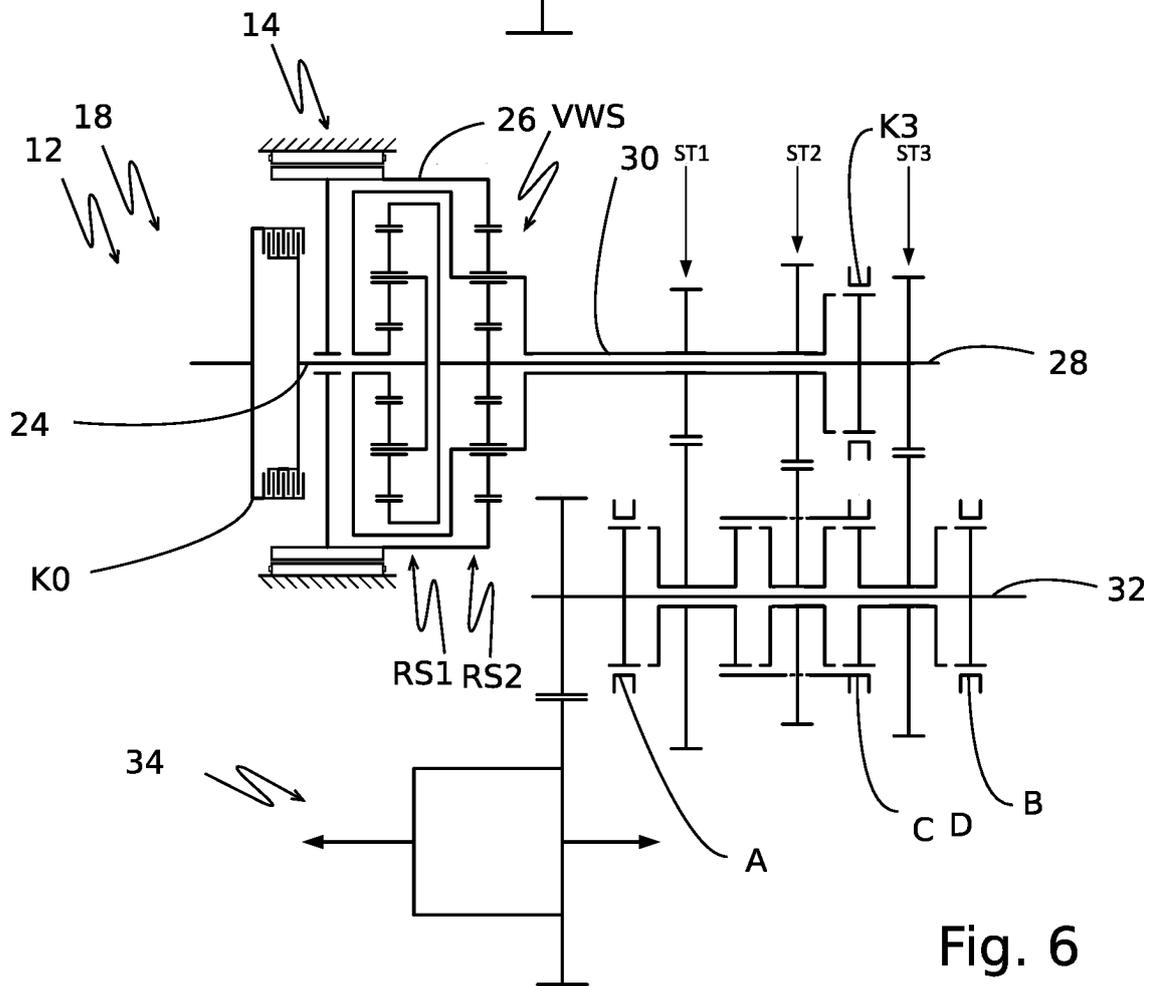
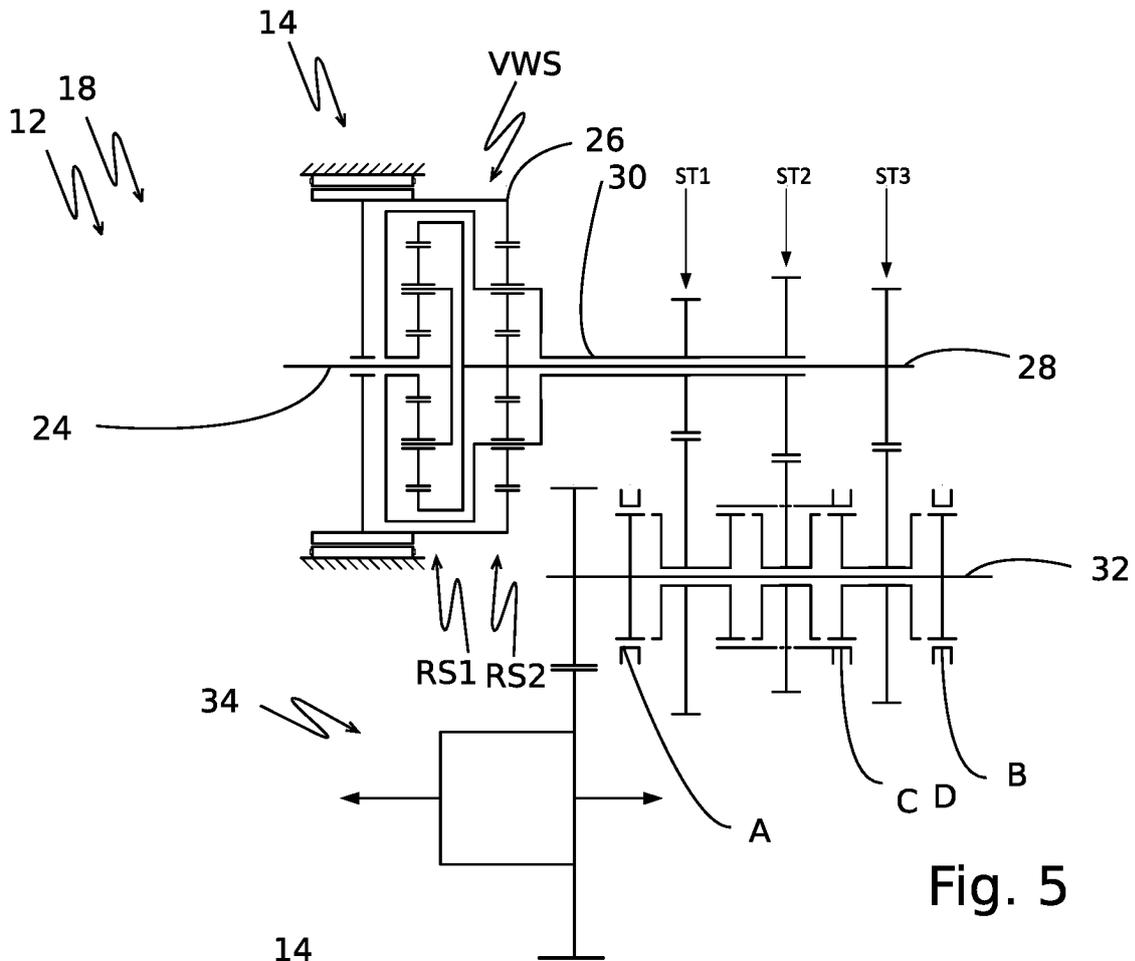


Fig. 2



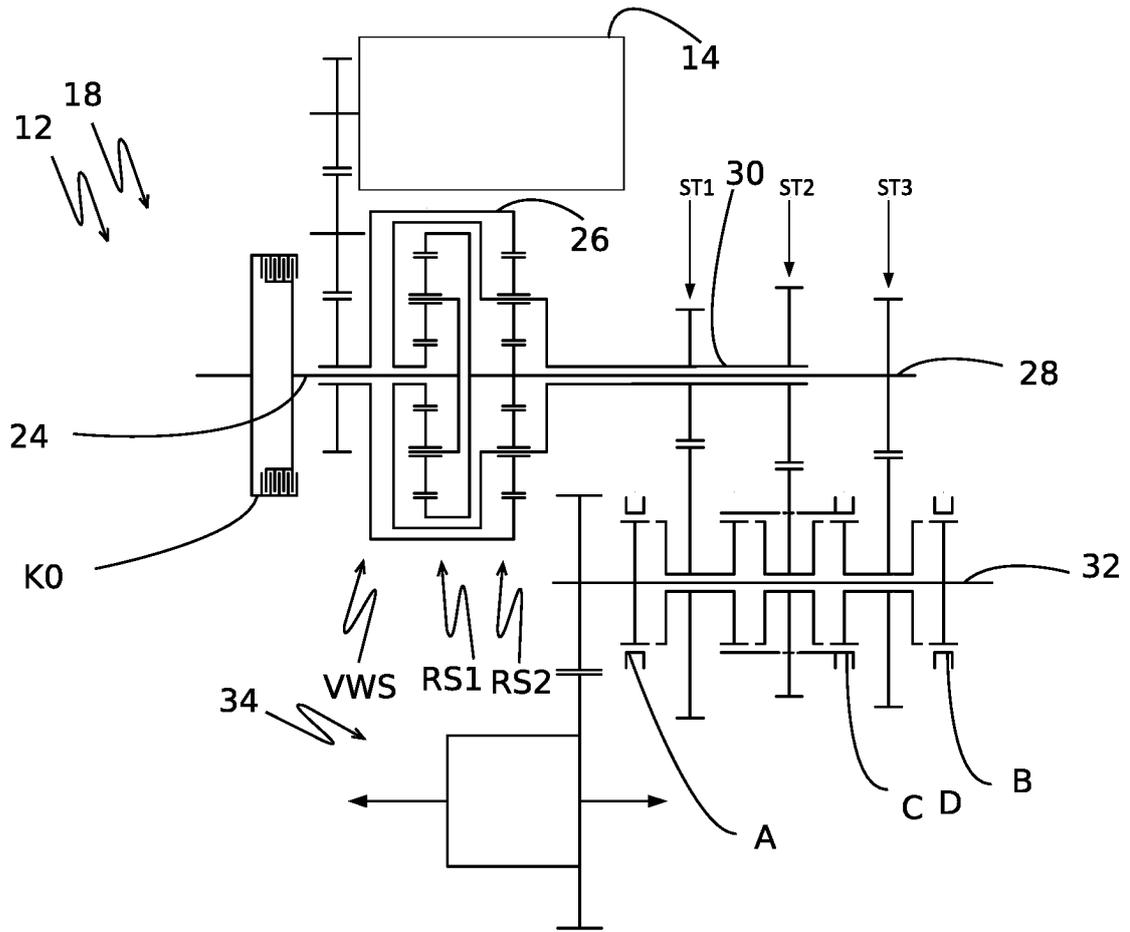


Fig. 7

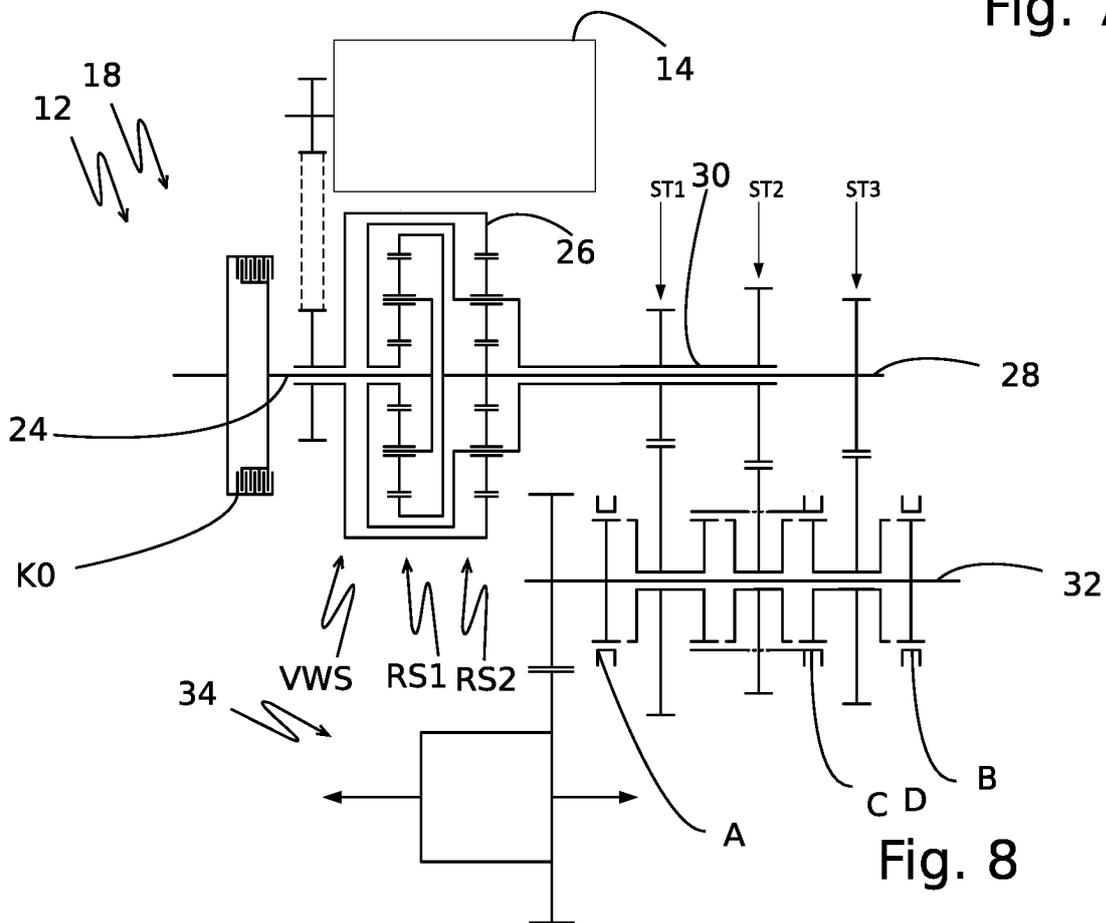


Fig. 8

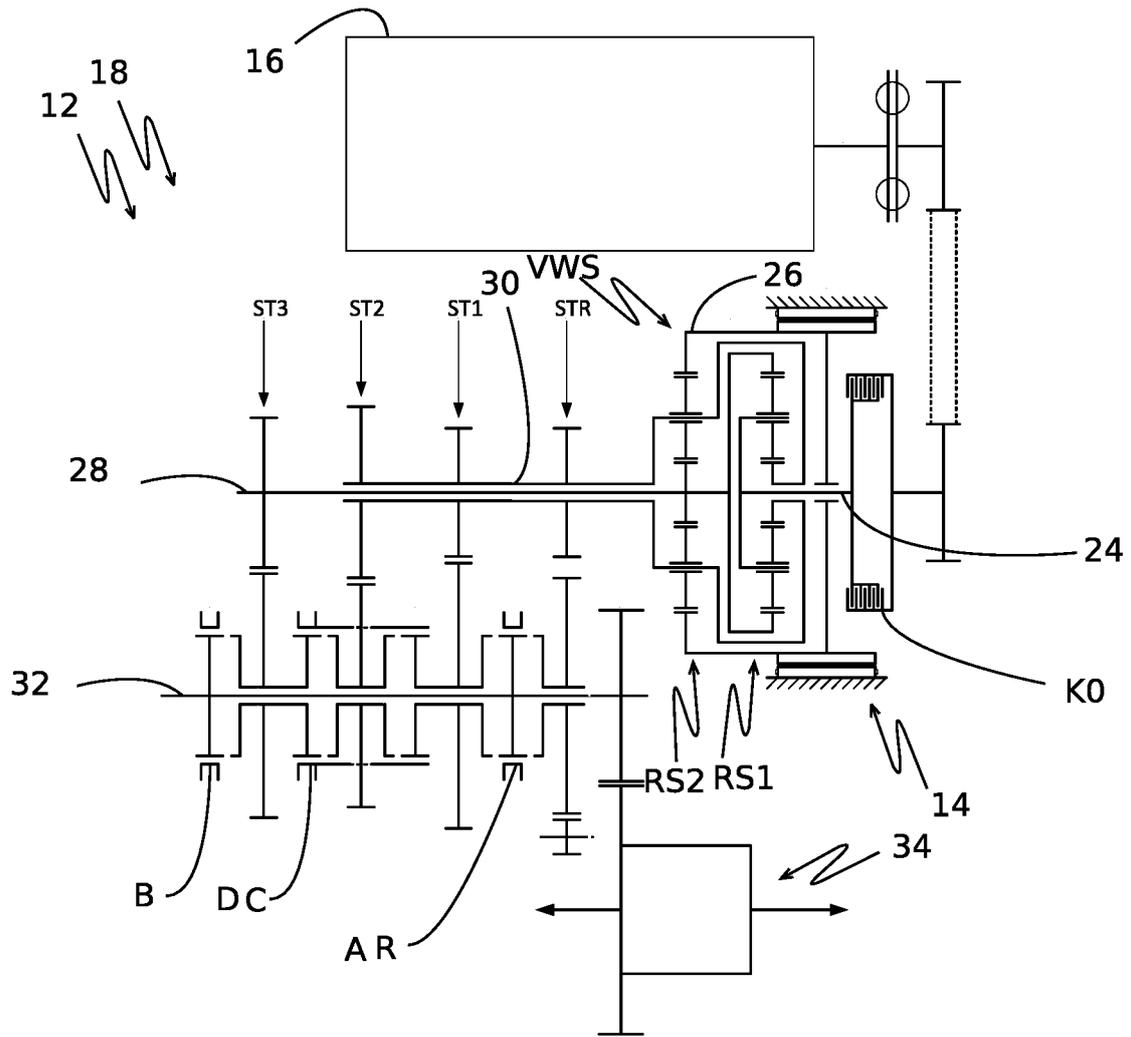


Fig. 9