

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum

11. Mai 2017 (11.05.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2017/076567 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60K 6/365 (2007.10) B60W 10/08 (2006.01)
B60K 6/48 (2007.10) B60W 20/00 (2016.01)
B60K 6/547 (2007.10) F16H 37/04 (2006.01)
B60W 10/113 (2012.01) F16H 3/00 (2006.01)
B60W 10/06 (2006.01) F16H 3/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/073763

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Oktober 2016 (05.10.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
15192737.3 3. November 2015 (03.11.2015) EP

(71) Anmelder: ZF FRIEDRICHSHAFEN AG [DE/DE];
Graf-von-Soden-Platz 1, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: KALTENBACH, Johannes; Schotterwaldweg
12, 88048 Friedrichshafen (DE). GLÜCKLER, Johannes;
Graf-von-Soden-Platz 1, 88046 Friedrichshafen (DE).
RENNER, Stefan; Am Gießbach 14, 78351 Bodman-

Ludwigshafen (DE). GERSTEN, Rayk; Graf-von-Soden-
Platz 1, 88046 Friedrichshafen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR SYNCHRONISING THE LAYSHAFT SPEED IN THE DIRECT GEAR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR SYNCHRONISIERUNG DER VORGELEGEWELLENDREHZAHL IM DIREKTGANG

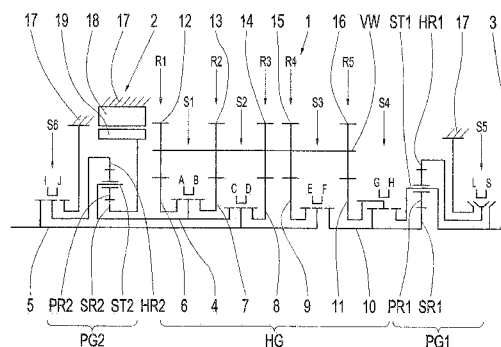


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for synchronising the layshaft speed in the direct gear in order to reduce the layshaft speed in a gearbox (1) for a hybrid application, which comprises a hybrid drive with an internal combustion engine (21) and an electric machine (2), the gearbox (1) comprising a main gearbox (HG) comprising two partial gearboxes connected in parallel, with at least one layshaft (VW), and an output shaft (3), and two planetary gearboxes (PG1, PG2) comprising the elements planet carrier (ST1, ST2), sun gear (SR1, SR2) and ring gear (HR1, HR2). Each partial gearbox comprises a gearbox input shaft (4, 5), a first gearbox input shaft (4) being designed as a hollow shaft and a second gearbox input shaft (5) as a solid shaft, and a first planetary gearbox (PG1) is connected to the main gearbox (HG) as a range group, the main gearbox (HG) comprising a first (R1), a second (R2), a third (R3), a fourth (R4) and a fifth gear plane (R5) and a first (S1), a second (S2), a third (S3), and a fourth shifting element (S4), and the synchronisation of the layshaft speed to a target speed in the direct gear (G19) is carried out by means of a speed regulation of the electric machine (2).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/076567 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
TG).

Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang zur Absenkung der Vorgelegewellendrehzahl in einem Getriebe (1) für eine Hybridanwendung, welches einen Hybridantrieb mit einem Verbrennungsmotor (21) und einer elektrischen Maschine (2) aufweist, wobei das Getriebe (1) ein zwei parallel geschaltete Teilgetriebe umfassendes Hauptgetriebe (HG) mit mindestens einer Vorgelegewelle (VW), sowie eine Ausgangswelle (3), sowie zwei die Elemente Steg (ST1, ST2), Sonnenrad (SR1, SR2) und Hohlrads (HR1, HR2) aufweisende Planetengetriebe (PG1, PG2) umfasst, wobei jedes Teilgetriebe eine Getriebeeingangswelle (4, 5) aufweist, wobei eine erste Getriebeeingangswelle (4) als Hohlwelle und eine zweite Getriebeeingangswelle (5) als Vollwelle ausgeführt ist, wobei ein erstes Planetengetriebe (PG1) als Bereichsgruppe an das Hauptgetriebe (HG) anschließt, wobei das Hauptgetriebe (HG) eine erste (R1), eine zweite (R2), eine dritte (R3), eine vierte (R4) und eine fünfte Radebene (R5) und ein erstes (S1), eine zweites (S2), ein drittes (S3) und ein viertes Schaltelement (S4) umfasst, wobei die Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl auf eine Zieldrehzahl im Direktgang (G19) über eine Drehzahlregelung der elektrischen Maschine (2) durchgeführt wird.

Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang zur Absenkung der Vorgelegewellendrehzahl in einem Getriebe. Ein Getriebe bezeichnet hier insbesondere ein mehrgängiges Getriebe, bei dem eine Vielzahl von Gängen, also feste Übersetzungsverhältnisse zwischen zwei Wellen des Getriebes, durch Schaltelemente bevorzugt automatisiert schaltbar sind. Bei den Schaltelementen handelt es sich beispielsweise um Kupplungen oder Bremsen. Derartige Getriebe finden vor allem in Kraftfahrzeugen, insbesondere auch bei Nutzfahrzeugen, Anwendung, um die Drehzahl- und Drehmomentabgabekarakteristik der Antriebseinheit den Fahrwiderständen des Fahrzeugs in geeigneter Weise anzupassen.

Fahrzeuge mit Hybridantrieben sind aus dem Stand der Technik bekannt. Hybridantriebe besitzen dabei zwei oder mehr verschiedene Antriebsquellen, wobei sich weitgehend Antriebsstränge mit einem Verbrennungsmotor und einem oder mehreren Elektromotoren als Parallelhybrid oder als Mischhybrid durchgesetzt haben. Diese Varianten besitzen eine im Kraftfluss im Wesentlichen parallele Anordnung des Verbrennungsmotors und des Elektroantriebs und damit ist sowohl eine Überlagerung der Antriebsmomente als auch eine Ansteuerung mit rein verbrennungsmotorischem Antrieb oder rein elektromotorischem Antrieb möglich.

Aus der DE 10 2010 030 573 A1 ist ein Hybridantrieb mit einem automatisierten Schaltgetriebe bekannt, der einen Verbrennungsmotor aufweist, der mit wenigstens einer ersten Getriebeeingangswelle triebverbunden ist, mit einem Elektroantrieb, der wenigstens eine elektrische Maschine aufweist, die mit einer zweiten Getriebeeingangswelle triebverbunden ist, mit wenigstens einer Vorgelegewelle, mit in mehreren Radsatzebenen angeordneten Losrädern und Festrädern, mit mehreren Gangschaltvorrichtungen und mit einer Getriebeabtriebswelle. Um eine große Variabilität hinsichtlich eines Radsatzkonzeptes sowie der Verteilung und der Anzahl elektrische und verbrennungsmotorischer Gänge zu ermöglichen, den Konstruktions- und Kostenaufwand gering zu halten und einen effizienten und komfortablen Betrieb zu gewährleisten, ist vorgesehen, dass die beiden Getriebeeingangswellen koaxial zuei-

nander angeordnet sind, und dass eine Gangschaltvorrichtung in einer ihrer Schaltstellungen die beiden Getriebeeingangswellen antriebswirksam miteinander verbindet, und in einer andern Schaltstellung einen Gang schaltet. Damit ist eine Teilgetriebekoppelung möglich, die die beiden Eingangswellen, die Hohlwelle und die Vollwelle, miteinander koppelt, ohne dass ein Gang geschaltet wird.

Um einen möglichst effektiven Betrieb des Hybridantriebs zu erreichen, werden Antriebsstrategien eingesetzt, die den Elektroantrieb situationsbedingt flexibel einsetzen, beispielsweise zum Anfahren, als Startergenerator oder als Generator zur Stromerzeugung. Aus der DE 10 2010 063 582 A1 ist eine Vorrichtung für einen Antriebsstrang eines Hybridfahrzeugs bekannt, mit einem die Elemente Steg, Sonnenrad und Hohlrاد aufweisenden Planetengetriebe, wobei ein erstes Element dieser Elemente des Planetengetriebes der festen Anbindung einer ersten Getriebeeingangswelle eines ersten Teilgetriebes eines Getriebes dient, und wobei ein zweites Element dieser Elemente des Planetengetriebes der festen Anbindung einer elektrischen Maschine eines Hybridantriebs dient, mit einem ersten Schaltelement, über welches ein drittes Element dieser Elemente des Planetengetriebes in einer ersten Schaltstellung des ersten Schaltelements an einer zweiten Getriebeeingangswelle eines zweiten Teilgetriebes des Getriebes, an welcher ferner ein Verbrennungsmotor des Hybridantriebs koppelbar ist, und in einer zweiten Schaltstellung des ersten Schaltelements gehäuseseitig bzw. statorseitig anbindbar ist, und mit einem zweiten Schaltelement, über welches bei geschlossenem zweiten Schaltelement beide Getriebeeingangswellen beider Teilgetriebe aneinander koppelbar und bei geöffnetem zweiten Schaltelement beide Getriebeeingangswellen beider Teilgetriebe voneinander trennbar sind. Damit ist ein elektrodynamisches Anfahren und auch elektrodynamisches Schalten möglich. Außerdem kann die elektrische Maschine als integrierter Startergenerator verwendet werden.

Aus dem Dokument DE 10 2014 202 381 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben einer Getriebeeinrichtung aufweisend eine erste Eingangswelle mit wenigstens einem Schaltelement und eine zweite Eingangswelle mit wenigstens einem Schaltelement, wobei das wenigstens eine erste und/oder zweite Schaltelement ohne Beteiligung an einem Antriebsleistungsfluss zum Minimieren von Differenzdrehzahlen in der

Getriebeeinrichtung geschlossen wird/werden. Die Schaltelemente müssen dabei als Synchronisierungen ausgebildet sein.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Betreiben einer Hybrid-Getriebeeinrichtung bereit zu stellen, wobei insbesondere der Wirkungsgrad während der Fahrt im Direktgang verbessert werden soll. Besonders bei Fern-LKW ist die Absenkung im Direktgang sinnvoll, da der Direktgang einen hohen Fahranteil aufweist. Auf synchronisierte Schaltelemente soll verzichtet werden.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung sowie aus den Figuren.

Ein entsprechendes Getriebe zu diesem Verfahren weist ein zwei parallel geschaltete Teilgetriebe umfassendes Hauptgetriebe mit zumindest einer Vorgelegewelle, sowie eine Ausgangswelle und zwei zumindest die Elemente Steg, Sonnenrad und Hohlrad aufweisende Planetengetriebe auf. Jedes Teilgetriebe weist dabei eine Getriebeeingangswelle auf, wobei eine erste Getriebeeingangswelle für ein erstes Teilgetriebe als Hohlwelle und eine zweite Getriebeeingangswelle für ein zweites Teilgetriebe als Vollwelle ausgeführt ist. Ein erstes Planetengetriebe schließt als Bereichsgruppe an das Hauptgetriebe an. Eine Bereichsgruppe dient der Verdopplung der Gangzahl des Hauptgetriebes, wobei zwei Bereiche geschaltet werden können, ein schneller und ein langsamer Bereich. Dafür umfasst das Getriebe ein fünftes Schaltelement, welches das Hohlrad der Bereichsgruppe entweder mit einer Ausgangswelle koppelt oder gehäusefest arretiert. In der ersten Schaltstellung, in der das Hohlrad mit dem Gehäuse verbunden ist, entsteht eine langsame Übersetzung und in einer zweiten Schaltstellung, in der das Hohlrad mit der Ausgangswelle gekoppelt ist und damit mit dem Planetenrad verblockt ist, wird eine schnelle Übersetzung hergestellt. Das Hauptgetriebe umfasst eine erste, eine zweite, eine dritte, eine vierte und eine fünfte Radebene und ein erstes, ein zweites, ein drittes und ein viertes Schaltelement. Ein zweites Planetengetriebe ist zwischen einer elektrischen Maschine und der ersten Getriebeeingangswelle als Planetenstufe vorgesehen.

Die fünfte Radebene bildet die Abtriebskonstante des Hauptgetriebes und kann mit Hilfe des vierten Schaltelements in einer seiner Schaltstellungen an den Steg der Bereichsgruppe gekoppelt werden. Über die Vorgelegewelle kann die elektrische Maschine damit die Zugkraft stützen, indem das Drehmoment direkt von der Vorgelegewelle über die Abtriebskonstante auf den Steg der Bereichsgruppe und damit auf die mit dem Steg der Bereichsgruppe verbundene Ausgangswelle übertragen wird, während das fünfte Schaltelement lastfrei wird und umgeschaltet werden kann. Dieser Bereichswechsel findet bevorzugt beim Wechsel vom fünften Gang in den sechsten Gang statt, wobei zuerst das Schaltelement zur Koppelung der Abtriebskonstante und des Stegs der Bereichsgruppe gewechselt wird und danach das Schaltelement zur Verbindung einer Radebene des ersten Teilgetriebes mit der ersten Getriebeeingangswelle gewechselt wird.

Das vierte Schaltelement verbindet in einer ersten Schaltstellung die fünfte Radebene des Hauptgetriebes, die Abtriebskonstante, mit der Hauptwelle. Damit ist die Vorgelegewelle über die Abtriebskonstante des Hauptgetriebes mit der Hauptwelle und der Sonne des Planetengetriebes der Bereichsgruppe verbunden.

Das Getriebe kann ein sechstes doppelwirkendes Schaltelement umfassen, welches in einer ersten Schaltposition die zweite Eingangswelle mit dem Hohlrad der Planetenstufe koppelt und in einer zweiten Schaltstellung das Hohlrad der Planetenstufe gehäusefest arretiert. Wenn das Hohlrad mit der Planetenstufe gekoppelt ist, kann die Planetenstufe als Überlagerungsgetriebe wirken. Ein Antrieb der zweiten Eingangswelle ist am Hohlrad der Planetenstufe angebunden, die elektrische Maschine an der Sonne der Planetenradstufe und der Steg der Planetenradstufe an der ersten Eingangswelle des Hauptgetriebes. In der zweiten Schaltstellung des sechsten Schaltelements wirkt die Planetenstufe als feste Vorübersetzung für die elektrische Maschine. Dadurch kann die elektrische Maschine kostengünstig mit weniger Drehmoment, dafür aber höherer Drehzahl ausgelegt werden.

Das Hohlrad der Planetenstufe kann aber auch direkt mit dem Getriebegehäuse, bzw. einem Teil des Gehäuses, verbunden sein. Dadurch entsteht ebenfalls eine feste Vorübersetzung der elektrischen Maschine mit den oben genannten Vorteilen.

Außerdem ist eine Anordnung möglich, in der die Planetenstufe des Getriebes so angebunden ist, dass das Hohlrad der Planetenstufe mit der ersten Getriebeeingangswelle verbunden ist, der Steg der Planetenstufe gehäusefest arretiert ist und das Sonnenrad der Planetenstufe mit der elektrischen Maschine verbunden ist. Das Getriebe umfasst dabei ein sechstes einfachwirkendes Schaltelement, welches bei Betätigung die zweite Getriebeeingangswelle mit der elektrischen Maschine und dem Sonnenrad der Planetenstufe verbindet. Damit dreht der elektrische Antrieb in den Vorwärtsgängen rückwärts und über die Planetenstufe werden mit Hilfe des sechsten Schaltelements mechanische Rückwärtsgänge für den Antrieb der zweiten Getriebeeingangswelle bereitgestellt. Diejenigen Gänge, die dem ersten Teilgetriebe bzw. der ersten Getriebeeingangswelle zugeordnet sind, werden dann als Rückwärtsgänge mit zusätzlicher Untersetzung durch die Planetenstufe genutzt.

Das Hauptgetriebe umfasst mindestens eine Vorgelegewelle. Es kann aber auch als leistungsteiltes Zweivorgelegewellengetriebe ausgeführt werden. Alle Zahnräder auf der Vorgelegewelle sind als Festräder ausgeführt. Bei der Ausführungsvariante mit zwei Vorgelegewellen, werden beide Vorgelegewellen mit jeweils einem Festräd pro Radebene des Hauptgetriebes ausgeführt.

Das Hauptgetriebe ist als 5-Gang-Radsatz, mit fünf Radebenen, mit zwei Teilgetrieben und einer Teilgetriebekopplung ausgeführt. Die fünfte Radebene bildet dabei die Abtriebskonstante. Alle Radebenen sind als Vorwärtsgangradebenen ausgebildet und ein Rückwärtsgang wird über eine Drehrichtungsumkehr der elektrischen Maschine erzeugt.

Das erste Teilgetriebe ist der ersten Getriebeeingangswelle zugeordnet, welche als Hohlwelle ausgeführt ist. Das zweite Teilgetriebe ist der zweiten Getriebeeingangswelle zugeordnet, welche als Vollwelle ausgeführt ist. Dem zweiten Teilgetriebe ist auch ein Direktgang zugeordnet, bei dem der Kraftfluss nicht über die Vorgelegewelle bzw. Vorgelegewellen geführt wird. Die beiden Teilgetriebe können durch eines der Schaltelemente gekoppelt werden, so dass teilweise die Gänge der Teilgetriebe vom jeweils anderen Teilgetriebe genutzt werden können. Dadurch ist auch

eine Koppelung der zwei Antriebe möglich, ohne dass dabei ein Drehmoment zur Ausgangswelle geführt wird. Außerdem können bedingt durch die zwei Teilgetriebe, die beiden Antriebe mit unterschiedlichen Übersetzungen betrieben werden. Damit können für beide Antriebe jeweils fahrsituationsabhängig geeignete Betriebspunkte gewählt werden. Die elektrische Maschine kann aber auch teilweise oder ganz still stehen, um Nulllastverluste zu vermeiden.

Alle Schaltelelemente im Hauptgetriebe sind als unsynchronisierte Klauenschaltelelement ausgeführt.

Alle Schaltelelemente des Hauptgetriebes und des ersten Planetengetriebes, der Bereichsgruppe, sind als doppeltwirkende Schaltelelemente ausgeführt, was bedeutet, dass sie zwei Betätigungsrichtungen in eine erste und in eine zweite Schaltstellung aufweisen. Sie könne aber auch in eine dritte geöffnete Schaltstellung gebracht werden, eine Neutralstellung, in der weder die erste noch die zweite Schaltstellung betätigt wird und durch das Schaltelelement keine Bauteile verbunden werden.

Die Koppelung von Bauteilen des Getriebes mit dem Gehäuse kann auch durch die Koppelung mit einem gehäusefesten Bauteil bzw. einem Gehäuseteil oder mit einem anderen drehfesten Bauelement des Getriebes umgesetzt werden.

Um nun einen besseren Wirkungsgrad zu erreichen, soll beim Fahren im Direktgang die Drehzahl der Vorgelegewelle abgesenkt werden, um dadurch Schleppverluste zum Beispiel an den Lagern und den Dichtungen zu reduzieren. Die Absenkung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang ermöglicht einen besseren Gesamtwirkungsgrad des Getriebes im Direktgang. Weniger Drehzahl bedeutet weniger Schleppleistung (Verlustleistung) an Lagern und Dichtungen. Die Vorgelegewellendrehzahl kann auch auf null abgesenkt werden. Dadurch entstehen keine Schleppverluste an den Lagern und Dichtungen der Vorgelegewelle. Dies geschieht erfindungsgemäß durch die Synchronisation der Vorgelegewelle über eine Drehzahlregelung an der elektrischen Maschine auf die Zieldrehzahl. Hierzu wird vorteilhafterweise zuvor das Schaltelelement des höchsten Ganges des ersten Teilgetriebes geschlossen, sofern es nicht von der Vorgeschichte her geschlossen war. Damit erreicht die

elektrische Maschine selbst ebenfalls kein hohes Drehzahlniveau und kann daher schnell synchronisieren. Zur Absenkung der Vorgelegewellendrehzahl können verschiedene Schaltelemente aus der Vorschaltgruppe oder einem Teilgetriebe geschlossen werden. Dabei werden keine konventionellen Synchronisierungen belastet.

Das Getriebe kann Bestandteil eines Antriebsstrangs eines Hybridfahrzeugs sein. Der Antriebsstrang weist neben dem Getriebe einen Verbrennungsmotor als zweiten Antrieb, sowie ein mit Rädern des Hybridfahrzeugs verbundenes Achsgetriebe auf, wobei die zweite Getriebeeingangswelle des Hauptgetriebes ständig mit dem Verbrennungsmotor verbunden oder verbindbar ist und die Ausgangswelle des Getriebes mit dem Achsgetriebe antriebswirksam verbunden ist. Eine Trennkupplung für den Verbrennungsmotor kann verwendet werden, ist aber zum rein elektrischen Fahren nicht notwendig, da die zweite Getriebeeingangswelle durch Öffnen von Schaltelementen abgekoppelt werden kann.

Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen weiter erläutert:

Fig. 1: 10-Gang-Getriebe zum erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 2: Tabelle mit beispielhaften Übersetzungen des Getriebes aus Fig. 1

Fig. 3: Schaltmatrix zum erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 4: Schaltmatrix zum erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 5: Ausführungsvariante 2 eines 10-Gang-Getriebes zum erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 6: Schaltmatrix zum erfindungsgemäßen Verfahren zu Ausführungsvariante 2

Fig. 7: Ausführungsvariante 3 eines 10-Gang-Getriebes zum erfindungsgemäßen Verfahren

Fig. 8: Schaltmatrix zum erfindungsgemäßen Verfahren zu Ausführungsvariante 3

Fig. 9: Antriebsstrang

Fig.1 zeigt eine erste Ausführungsform eines Getriebes 1 mit einer elektrischen Maschine 2, mit einem 5-Gang-Hauptgetriebe HG mit zwei Teilgetrieben, mit einer Ausgangswelle 3, einem ersten Planetengetriebe PG1 und einem zweiten Planetengetriebe PG2, die jeweils die Elemente Steg ST1, ST2, mindestens ein Planetenrad PR1, PR2, Sonnenrad SR1, SR2 und Hohlrad HR1, HR2 aufweisen. Das erste Planetengetriebe PG1 wird als Bereichsgruppe eingesetzt und schließt an die Hauptgruppe HG an. Das zweite Planetengetriebe PG2 wird als Planetenstufe zwischen der elektrischen Maschine 2 und der ersten Getriebeeingangswelle 4 angeordnet. Die erste Getriebeeingangswelle 4 ist als Hohlwelle ausgeführt und einem ersten Teilgetriebe des Hauptgetriebes HG zugeordnet. Eine zweite Getriebeeingangswelle 5 ist als Vollwelle ausgeführt und dem zweiten Teilgetriebe des Hauptgetriebes HG zugeordnet. Das Hauptgetriebe HG umfasst eine erste Radebene R1, eine zweite Radebene R2, eine dritte Radebene R3, eine vierte Radebene R4 und eine fünfte Radebene R5 und ein erstes Schaltelement S1, ein zweites Schaltelement S2, ein drittes Schaltelement S3 und ein viertes Schaltelement S4. Die fünfte Radebene R5 bildet die Abtriebskonstante des Hauptgetriebes HG. Alle Schaltelemente des Hauptgetriebes S1-S4 sind als doppelwirkende zweiseitige Schaltelemente ausgebildet und können zwei unterschiedliche Elemente des Getriebes 1 mit einer Welle oder einem Getriebebauteil verbinden. Die erste Radebene R1 wird durch ein erstes Losrad 6 der ersten Getriebeeingangswelle 4 mit einem ersten Festrad 12 der Vorgelegewelle VW gebildet. Die zweite Radebene R2 wird durch ein Losrad 7 der ersten Getriebeeingangswelle 4 mit einem zweiten Festrad 13 der Vorgelegewelle VW gebildet. Die dritte Radebene R3 wird durch ein drittes Losrad 8 auf der zweiten Getriebeeingangswelle 5 und ein drittes Festrad 14 der Vorgelegewelle VW gebildet. Die vierte Radebene R4 wird durch ein viertes Losrad 9 auf der zweiten Ge-

triebeeingangswelle 5 und ein viertes Festrad 15 auf der Vorgelegewelle VW gebildet. Die fünfte Radebene R5 wird durch ein fünftes Losrad 11 auf der Hauptwelle 10 und ein fünftes Festrad 16 auf der Vorgelegewelle VW gebildet. Die Hauptwelle 10 verläuft koaxial zu den Getriebeeingangswelle 4, 5 und der Ausgangswelle 3 und liegt zwischen der zweiten Getriebeeingangswelle 5 und der Ausgangswelle 3. Die Vorgelegewelle VW verläuft parallel zur Achse der Getriebeeingangswellen 4, 5, der Hauptwelle 10 und der Ausgangswelle 3. Dabei kann das erste Schaltelement S1 in einer ersten Schaltstellung A die erste Radebene R1 oder in einer zweiten Schaltstellung B die zweite Radebene R2 mit der ersten Getriebeeingangswelle 4 verbinden. Das zweite Schaltelement S2 kann in einer ersten Schaltstellung C die erste Getriebeeingangswelle 4 oder in einer zweiten Schaltstellung D die dritte Radebene R3 mit der zweiten Getriebeeingangswelle 5 verbinden. Das zweite Schaltelement S2 dient damit in der ersten Schaltstellung C der Teilgetriebekopplung. Das dritte Schaltelement S3 kann in einer ersten Schaltstellung E die vierte Radebene R4 oder in einer zweiten Schaltstellung F die Hauptwelle 10 mit der zweiten Getriebeeingangswelle 5 koppeln. In der zweiten Schaltstellung F kann damit ein Direktgang geschaltet werden, wobei Drehmoment von der zweiten Getriebeeingangswelle 5 über die Hauptwelle 10 und das erste Planetengetriebe PG1 auf die Ausgangswelle 3 übertragen wird. Das vierte Schaltelement S4 kann in einer ersten Schaltstellung G die Hauptwelle 10 oder in einer zweiten Schaltstellung H den Steg ST1 des ersten Planetenradgetriebes PG1 mit der fünften Radebene R5 verbinden. Die Abtriebskonstante, die fünfte Radebene R5 des Hauptgetriebes HG, kann damit über ein einziges Schaltelement, das vierte Schaltelement S4, entweder an die Sonne SR1 oder an den Steg ST1 des ersten Planetengetriebes PG1 gekoppelt werden, da die Hauptwelle 10 direkt mit dem Sonnenrad SR1 des ersten Planetengetriebes verbunden ist. Durch die dadurch mögliche Koppelung der elektrischen Maschine 2 über die Abtriebskonstante an den Steg ST1 des ersten Planetengetriebes PG1, wird das fünfte Schaltelement S5 lastfrei und kann umgeschaltet werden. Die elektrische Maschine 2 stützt also über die Vorgelegewelle VW die Zugkraft, so dass die Bereichsgruppe PG1 zugkraftunterstützt geschaltet werden kann. Ein weiterer Vorteil der Koppelung der elektrischen Maschine 2 an den Steg ST1 ist, dass die Drehzahl der Vorgelegewelle VW beim Fahren im Direktgang abgesenkt werden kann, um Schleppverluste an Lager und Dichtungen zu reduzieren. Jedes der Schaltelemente S1-S4 kann

auch in neutral geschaltet werden, so dass es keines der genannten Elemente miteinander verbindet.

Das Getriebe 1 umfasst eine Bereichsgruppe in Form eines ersten Planetengetriebes PG1. Die Bereichsgruppe PG1 dient der Verdopplung der Gangzahlen des Hauptgetriebes HG. Dafür kann durch ein fünftes Schaltelement S5, welches der Bereichsgruppe PG1 zugeordnet ist, in einer ersten Schaltstellung L das Hohlrad HR1 des ersten Planetengetriebes PG1 mit einem gehäusefesten Bauteil 17 bzw. einem Gehäuseteil oder mit einem anderen drehfesten Bauelement des Getriebes 1 verbunden werden. Dadurch wird ein langsamer Bereich gebildet. In einer zweiten Schaltstellung S des fünften Schaltelements S5 kann das Hohlrad HR1 des ersten Planetengetriebes PG1 mit der Ausgangswelle 3 und damit auch mit dem Steg ST1 des ersten Planetengetriebes PG1 verbunden werden. Der Steg ST1 ist drehfest mit der Ausgangswelle 3 verbunden. Damit werden die Bauteile Steg ST1 und Hohlrad HR1 in der zweiten Schaltstellung S des Schaltelements S5 miteinander verblockt und bilden einen schnellen Bereich.

Das zweite Planetengetriebe PG2 wird als Planetenstufe zwischen einer elektrischen Maschine 2 und der ersten Getriebeeingangswelle 4 angeordnet. Die elektrische Maschine 2 besitzt einen Stator 18, welcher drehfest mit einem gehäusefesten Bauteil 17 bzw. einem Getriebegehäuse des Getriebes 1 oder mit einem anderen drehfesten Bauelement des Getriebes 1 verbunden ist, sodass der Stator 18 keine Drehzahl annehmen kann. Ein drehbar gelagerter Rotor 19 der elektrischen Maschine 2 ist mit einer als Sonnenrad SR2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ausgebildeten Planetenradsatzwelle der Planetenstufe PG2 drehfest verbunden. Der Steg ST2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ist drehfest mit der ersten Getriebeeingangswelle 4 verbunden. Das Hohlrad HR2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ist über ein sechstes Schaltelement S6, welches dem zweiten Planetengetriebe PG2 zugeordnet ist, in einer ersten Schaltstellung I mit der zweiten Getriebeeingangswelle 5 verbindbar und in einer zweiten Schaltstellung J des sechsten Schaltelements S6 gehäusefest arretierbar. In der ersten Schaltstellung I des sechsten Schaltelements S6 kann die Planetenstufe PG2 als Überlagerungsgetriebe wirken. In der zweiten Schaltstellung J des sechsten Schaltelements S6 wirkt die Planetenstufe PG2 als

festen Vorübersetzung für die elektrische Maschine 2. Dadurch kann die elektrische Maschine 2 kostengünstig mit weniger Drehmoment, dafür aber einer höheren Drehzahl ausgelegt werden.

Durch die Anordnung der elektrischen Maschine 2 mit der Planetenstufe PG2 an der ersten Getriebeeingangswelle 4 ist die elektrische Maschine 2 dem ersten Teilgetriebe zugeordnet. Die zweite Getriebeeingangswelle 5 wird ebenfalls durch einen hier nicht dargestellten zweiten Antrieb angetrieben. Da dies in der Regel ein Verbrennungsmotor 21 ist, wird im weiteren Dokument von einem Verbrennungsmotor 21 als zweiten Antrieb gesprochen. Der Verbrennungsmotor 21 ist damit mit dem zweiten Teilgetriebe verbunden bzw. verbindbar. Jedem Teilgetriebe sind über die zugeordneten Radebenen R1-R5 auch schaltbare Gänge zugeordnet. Die erste Radebene R1 und die zweite Radebene R2 des Hauptgetriebes HG sind der ersten Getriebeeingangswelle 4 und damit auch dem ersten Teilgetriebe des Hauptgetriebes HG zugeordnet. Damit ist ein rein elektrisches Fahren über die zwei Gänge möglich, die über die zwei Radebenen R1 und R2 gebildet werden. Durch die Bereichsgruppe PG1 entstehen dabei vier schaltbare rein elektrische Gänge. Die Rückwärtsfahrt ist durch eine Drehrichtungsumkehr der elektrischen Maschine 2 möglich. Eine Trennkupplung für den Verbrennungsmotor 21 ist zum rein elektrischen Fahren nicht notwendig, da die zweite Getriebeeingangswelle 5 durch das Öffnen des zweiten und dritten Schaltelements S2, S3 abgekoppelt werden kann. Die dritte Radebene R3 und die vierte Radebene R4 des Hauptgetriebes HG sind der zweiten Getriebeeingangswelle 5 und damit auch dem zweiten Teilgetriebe des Hauptgetriebes HG zugeordnet. Die fünfte Radebene R5 dient als Abtriebskonstante für beide Teilgetriebe des Hauptgetriebes HG. Durch die Teilgetriebekoppelung über das zweite Schaltelement S2 in der ersten Schaltstellung C können der Verbrennungsmotor 21 und die elektrische Maschine 2 die Gänge des jeweils anderen Teilgetriebes trotzdem nutzen. Dadurch, dass das zweite Schaltelement S2 als Doppelschaltelement, doppeltwirkendes zweiseitiges Schaltelement, ausgeführt ist, kann die elektrische Maschine 2 allerdings die dritte Radebene R3 des Hauptgetriebes HG nicht nutzen.

Durch die zwei Teilgetriebe können Verbrennungsmotor 21 und elektrische Maschine 2 mit unterschiedlichen Übersetzungen betrieben werden. Damit können

für den Verbrennungsmotor 21 und für die elektrische Maschine 2 jeweils fahrsituationsabhängig geeignete Betriebspunkte gewählt werden. Die elektrische Maschine 2 kann teilweise auch ganz abgekoppelt werden und stillstehen und damit Nullastverluste vermeiden. Ein Abkoppeln der elektrischen Maschine 2 ist über das erste und das zweite Schaltelement S1 und S2 möglich, welche die erste Getriebeeingangswelle 4 nicht mit einem weiteren Bauteil verbinden dürfen, sowie dem sechsten Schaltelement S6, welches das Hohlrad HR2 der Planetenstufe nicht mit der zweiten Getriebeeingangswelle 5 koppeln darf.

Durch die Teilgetriebekoppelung über das zweite Schaltelement S2 in der Schaltstellung C kann der Verbrennungsmotor 21 mit der elektrischen Maschine 2 verbunden werden, ohne dass ein Drehmoment zur Ausgangswelle 3 geleitet wird. Dabei sind zumindest das erste Schaltelement S1 und das dritte Schaltelement S3 des Hauptgetriebes HG nicht betätigt, sondern in einer neutralen Stellung. Dadurch kann der Verbrennungsmotor 21 mit der elektrischen Maschine 2 gestartet werden oder es kann in Neutral, d.h. unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit, also auch im Stillstand, Strom erzeugt werden. Dabei treibt der Verbrennungsmotor 21 die elektrische Maschine 2 an. Die elektrische Maschine 2 arbeitet generatorisch.

Die Fig. 1 zeigt lediglich die obere Hälfte des zur Achse der Getriebeeingangswellen 4, 5, der Hauptwelle 10 und der Ausgangswelle 3 symmetrischen Radsatzes des Getriebes 1. Die Spiegelung an dieser Achse führt zu einer Variante mit zwei Vorgelegewellen VW, die zur Leistungsteilung dienen. Der Radsatz ist aber funktional identisch in der Ausführungsvariante mit nur einer Vorgelegewelle VW. Dies bedeutet, dass die Vorgelegewelle VW inklusive der zugehörigen Festräder 12, 13, 14, 15, 16 nicht gespiegelt werden.

Mit der Ausführungsform der Fig. 1 lässt sich eine unter EDA, Elektrodynamisches Anfahren, bekannte Anfahrfunktion umsetzen. Die elektrische Maschine 2 kann dabei rein oder nur zur Unterstützung des Verbrennungsmotors 21 zum Anfahren und Beschleunigen verwendet werden. Bei einem rein elektrischen Anfahren kann über das als Konstantübersetzung wirkende zweite Planetengetriebe PG2 ein erhöhtes Anfahrmoment bereitgestellt werden. Um elektrodynamisch anfahren zu

können, muss das sechste Schaltelement S6 in seiner ersten Schaltstellung I sein. Wenn sich das sechste Schaltelement S6 in der ersten Schaltstellung I befindet, befindet sich das Getriebe 1 im EDA-Modus. Im Weiteren muss ein Gang des ersten Teilgetriebes, welcher der ersten Getriebeeingangswelle 4 zugeordnet ist, eingelegt sein und das zweite Teilgetriebe neutral, ohne Übertragung von Drehmoment, geschaltet sein. Der erste Gang G1 des Getriebes 1 wird in Fig. 1 der ersten Radebene R1 zugeordnet. Die erste Radebene R1 ist dabei dem ersten Teilgetriebe zugeordnet. Damit kann zum elektrodynamischen Anfahren das erste Schaltelement S1 in seiner ersten Schaltstellung A verwendet werden und im weiteren Kraftfluss kann für den ersten Gang G1 das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G sein und das fünfte Schaltelement S5 in seiner ersten Schaltstellung L. Damit ist im ersten Gang G1 ein Kraftfluss von der ersten Getriebeeingangswelle 4 über die erste Radebene R1, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5, die Hauptwelle 10 und die Bereichsgruppe PG1 im langsamen Bereich vorbereitet. Bei Fahrzeugstillstand dreht der Verbrennungsmotor 21 z.B. mit der Leerlaufdrehzahl und die elektrische Maschine 2 dreht rückwärts, so dass der Steg ST2 der Planetenstufe PG2 still steht. Die Drehmomentverhältnisse an der Planetenstufe PG2 sind konstant. Das Drehmoment des Verbrennungsmotors 21 und das Drehmoment der elektrischen Maschine 2 addieren sich am Steg ST2 der Planetenstufe PG2. Während des elektrodynamischen Anfahrens ändert sich die Drehzahl der elektrischen Maschine 2 bis hin zum Blockumlauf an der Planetenstufe PG2. Das Anfahren kann beendet werden, indem das zweite Schaltelement S2 in dessen erste Schaltstellung C gebracht wird, und die Planetenstufe PG2 damit verblockt wird.

Wird das Getriebe 1 im EDA-Modus betrieben, ist als Lastschaltfunktion ein Elektrodynamisches Schalten (EDS) möglich. Dabei bleibt im EDA-Modus das sechste Schaltelement S6 in seiner ersten Schaltstellung I. Ein dem ersten Teilgetriebe und damit der ersten Getriebeeingangswelle 4 zugeordneter Gang muss eingelegt sein. Dieser dient als Stützgang, über den der Kraftfluss während der Lastschaltung geleitet wird. Der Stützgang kann identisch sein mit dem Ist-Gang oder einem Ziel-Gang. Es kann aber auch ein weiterer Gang des ersten Teilgetriebes verwendet werden. Das Schaltverfahren beginnt mit einer Lastübernahmephase. Dabei werden am Verbrennungsmotor 21 und an der elektrischen Maschine 2 die Drehmomente so

eingestellt, dass es der Standgetriebeübersetzung der Planetenradstufe PG2 entspricht. Dadurch gibt es nur noch einen Kraftfluss über den Steg ST2 der Planetenradstufe PG2 und den Stützgang. Alle anderen Schaltelemente werden lastfrei. Die lastfrei gewordenen Schaltelemente des Ist-Gangs werden ausgelegt. Die Drehzahl des Verbrennungsmotors 21 und der elektrischen Maschine 2 werden so geregelt, dass das einzulegende Schaltelement des Ziel-Gangs synchron wird. Ist eine Synchronität hergestellt, wird das Schaltelement des Zielgangs eingelegt. Damit ist der Schaltvorgang abgeschlossen und die Last an der elektrischen Maschine 2 kann bedarfsweise abgebaut werden. Das EDS-Schaltverfahren, hat den Vorteil, dass das zuschaltende Schaltelement des Zielgangs durch das Zusammenspiel der elektrischen Maschine 2 und des Verbrennungsmotors 21 synchronisiert wird, wobei die elektrische Maschine 2 sehr gut regelbar ist. Ein weiterer Vorteil des EDS-Schaltverfahrens ist, dass eine hohe Zugkraft erreicht werden kann, da sich die Drehmomente des Verbrennungsmotors 21 und der elektrischen Maschine 2 am zweiten Planetengetriebe PG2 summieren.

Mit der Ausführungsform der Fig. 1 lässt sich ebenfalls eine unter ISG, Integrierter Startergenerator, bekannte Funktion umsetzen, bei der der Verbrennungsmotor 21 über die elektrische Maschine 2 gestartet und beschleunigt werden kann und die elektrische Maschine 2 auch als Generator verwendet werden kann. Im ISG-Modus befindet sich das sechste Schaltelement S6 in seiner zweiten Schaltstellung J und verbindet das Hohlrad HR2 mit einem gehäusefesten Bauteil 17. Auch ein rein elektrisches Fahren ist im ISG-Modus möglich, wobei das Hohlrad HR2 der Planetenradstufe PG2 gehäusefest arretiert ist und die elektrische Maschine 2 ein Drehmoment auf den Steg ST2 der Planetenradstufe PG2 überträgt.

In Fig. 2 sind beispielhafte Zahlenwerte für die einzelnen Übersetzungen i der jeweiligen Radebenen PG1, PG2, R1-R5 angegeben. Die angegebene Übersetzung entspricht dem jeweiligen Zähneverhältnis der Stirnräder bzw. bei Planetengetrieben der Standardübersetzung i_0 , dem Zähneverhältnis zwischen dem Hohlrad HR1, HR2 und dem Sonnenrad SR1, SR2. Das negative Vorzeichen bezieht sich auf eine Drehrichtungsumkehr. Die Übersetzung i der Stirnradpaare sind in folgender Kraftflussrichtung angegeben:

Erste, zweite, dritte und vierte Radebene R1, R2, R3, R4: von den beiden Getriebeeingangswelle 4, 5 zur Vorgelegewelle VW

Fünfte Radebene R5: von der Vorgelegewelle VW zur Hauptwelle 10

Es können auch andere Zahlenwerte für die Übersetzungsreihe eingesetzt werden.

Die Fig. 3 zeigt eine zugehörige Schaltmatrix des Getriebes 1 für die zehn Gänge G1 - G10 aus Sicht des Verbrennungsmotors 21 im ISG-Modus. Das sechste Schaltelement S6 bleibt dabei in seiner zweiten Schaltstellung J. Die Gänge G1 – G10 sind in der ersten Spalte aufgeführt. Wenn der Verbrennungsmotor 21 einen Kraftfluss über das zweite Teilgetriebe, über die Vollwelle 5, führt, dann kann im kraftflussfreien ersten Teilgetriebe, über die Hohlwelle 4, ein Gang vorgewählt werden oder die Teilgetriebe können gekoppelt werden. Der Vorwahlgang ist hinter der Gangnummer in Klammer angegeben. Zum Beispiel beim Gang G2(1) ist der zweite Gang G2 für den Verbrennungsmotor 21 aktiv, der erste Gang G1 ist für den Verbrennungsmotor 21 vorgewählt und gleichzeitig für die elektrische Maschine 2 bereits aktiv. Dabei wird in den an die Gänge G1 – G10 anschließenden Spalten aufgezeigt, welche Schaltelemente S1-S6 sich in welchen Schaltstellungen A-J befinden. Ein Kreuz x markiert eine geschlossene Schaltstellung A-J. Anschließend an die Spalten der Schaltelemente S1-S6 findet sich eine Spalte mit beispielhaften Gangübersetzungen i und eine Spalte mit beispielhaften Gangsprüngen ϕ zu jedem Gang G1 – G10.

Der Leistungsfluss im ersten Gang G1 wird, wie in Fig. 3 abgebildet, über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das zweite Schaltelement S2 in seiner ersten Schaltstellung C, das erste Schaltelement S1 in seiner ersten Schaltstellung A, die erste Radebene R1, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5 das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G, die im langsamen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet. Der Leistungsfluss im zweiten Gang G2 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das zweite Schaltelement S2 in seiner zweiten Schaltstellung D, die dritte Radebene R3, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5 das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G, die im langsamen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet. Dabei kann über das erste Schaltelement S1 in

seiner ersten Schaltstellung A sowohl der erste Gang G1 und damit die erste Radebene R1 als auch über die zweite Schaltstellung B der vierte Gang G4 und damit die zweite Radebene R2 vorgewählt werden. Die vorgewählten Gänge G1, G4 sind dem ersten Teilgetriebe zugeordnet. Der Leistungsfluss im dritten Gang G3 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das dritte Schaltelement S3 in seiner ersten Schaltstellung E, die vierte Radebene R4, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5 das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G, die im langsamen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet. Dabei kann über das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B der vierte Gang G4 und damit die zweite Radebene R2 vorgewählt werden. Der Leistungsfluss im vierten Gang G4 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das zweite Schaltelement S2 in seiner ersten Schaltstellung C, die erste Getriebeeingangswelle 4, das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B, die zweite Radebene R2, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5 das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G, die im langsamen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet.

Der Leistungsfluss im fünften Gang G5 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das dritte Schaltelement S3 in seiner zweiten Schaltstellung F, die im langsamen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet. Dabei kann über das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B und über das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G der vierte Gang G4 vorgewählt werden. Alternativ kann über das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B und über das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H der neunte Gang G9 vorgewählt werden. Ebenso kann über das erste Schaltelement S1 in seiner ersten Schaltstellung A und über das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H der sechste Gang G6 vorgewählt werden. Der Leistungsfluss im sechsten Gang G6 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das zweite Schaltelement S2 in seiner ersten Schaltstellung C, die erste Getriebeeingangswelle 4, das erste Schaltelement S1 in seiner ersten Schaltstellung A, die erste Radebene R1, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5, das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H und über die in den schnellen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet.

Dabei ist erfindungsgemäß das fünfte Schaltelement S5 lastfrei, da es durch die Kraftübertragung über den Steg ST1 der Bereichsgruppe PG1 durch das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H umgangen wird.

Der Leistungsfluss im siebten Gang G7 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das zweite Schaltelement S2 in seiner zweiten Schaltstellung D, die dritte Radebene R3, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5, das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H und über die in den schnellen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet, wobei das fünfte Schaltelement S5 weiterhin lastfrei ist. Dabei kann über das erste Schaltelement S1 in seiner ersten Schaltstellung A der sechste Gang G6 vorgewählt werden oder über das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B der neunte Gang G9 vorgewählt werden. Der Leistungsfluss im achten Gang G8 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das dritte Schaltelement S3 in seiner ersten Schaltstellung E, die vierte Radebene R4, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5, das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H und über die in den schnellen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet, wobei das fünfte Schaltelement S5 weiterhin lastfrei ist. Dabei kann über das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B der neunte Gang G9 vorgewählt werden. Der Leistungsfluss im neunten Gang G9 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das zweite Schaltelement S2 in seiner ersten Schaltstellung C, die erste Getriebeeingangswelle 4, das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B, die zweite Radebene R2, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5, das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H und über die in den schnellen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet, wobei das fünfte Schaltelement S5 weiterhin lastfrei ist. Der Leistungsfluss im zehnten Gang G10 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das dritte Schaltelement S3 in seiner zweiten Schaltstellung F, die Hauptwelle 10 und über die in den schnellen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet. Dabei ist es von Vorteil, wenn zusätzlich das zweite Schaltelement S2 in seiner ersten Schaltstellung C geschaltet ist, da so die erste Getriebeeingangswelle 4 mit einer definierten Drehzahl, hier der Drehzahl der zweiten Getriebeeingangswelle 5, geführt wird. Alternativ dazu kann über das erste

Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B und das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H der neunte Gang G9 vorgewählt werden, wobei das fünfte Schaltelement S5 lastfrei ist. Es kann aber auch über das erste Schaltelement S1 in seiner ersten Schaltstellung A und das zweite Schaltelement S2 in seiner ersten Schaltstellung C der sechste Gang G6 vorgewählt werden. Damit ist eine Absenkung der Vorgelegewellendrehzahl möglich, dabei muss allerdings das vierte Schaltelement S4 geöffnet sein. Über die Vorwahl des ersten Schaltelements S1 in seiner ersten Schaltstellung A ist im zehnten Gang auch ein Stillstand der elektrischen Maschine 2 und der Vorgelegewelle VW möglich, wobei das zweite Schaltelement S2 geöffnet sein muss.

Im sechsten, siebten, achten und neunten Gang G6 – G9 könnte das fünfte Schaltelement S5 auch in der ersten Schaltstellung L anstatt in der zweiten Schaltstellung S geschlossen bleiben, da das fünfte Schaltelement S5 in beiden Schaltstellungen L und S lastfrei ist, wenn der Kraftfluss über das vierte Schaltelement S4 in der zweiten Schaltstellung H direkt auf den Steg ST1 des ersten Planetengetriebes PG1 geleitet wird. Aufgrund der Drehzahlverhältnisse an der Bereichsgruppe PG1 ist es jedoch vorteilhaft, den Wechsel von der ersten Schaltstellung L des fünften Schaltelements S5 in die zweite Schaltstellung S möglichst früh zu vollziehen.

Das zugkraftunterbrechungsfreie Umschalten der Bereichsgruppe PG1 findet in der Regel beim Wechsel vom fünften Gang G5 in den sechsten Gang G6 statt. Im fünften Gang G5 bei verbrennungsmotorischem bzw. hybridischem Fahren im ISG-Modus, wird dieser über einen Direktgang in der Langsamen Bereichsgruppe PG1 geschaltet. Das dritte Schaltelement S3 befindet sich in seiner zweiten Schaltstellung F und das fünfte Schaltelement befindet sich in seiner ersten Schaltstellung L. Dies ist ebenfalls in Fig. 3 in der Zeile G5(4) ersichtlich. Die elektrische Maschine 2 wirkt aufgrund der Vorgeschichte noch im vierten Gang G4, wobei sich das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B und das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G befindet. Um nun zugkraftunterbrechungsfrei in den sechsten Gang G6 zu schalten, werden folgende Verfahrensschritte durchlaufen:

Wenn Last an der elektrischen Maschine 2 vorhanden ist, findet hier ein Lastabbau statt. Dabei übernimmt der Verbrennungsmotor 21 die Last.

Anschließend kann das vierte Schaltelement S4 aus der Schaltstellung G geöffnet werden.

Die zweite Schaltstellung H des vierten Schaltelements S4 wird aktiv über die Drehzahlregelung der elektrischen Maschine 2 synchronisiert. Dazu muss die Drehzahl der elektrischen Maschine 2 abgesenkt werden. Die Drehzahlabsenkung erfolgt um den Faktor der Übersetzung der Bereichsgruppe PG1, was im Zahlenbeispiel aus Fig. 3 dem Faktor 3,713 entspricht.

Anschließend kann das vierte Schaltelement S4 lastfrei in die zweite Schaltstellung H geschaltet werden. Dies entspricht der Zeile des Gangs 5 (9) in der Schaltmatrix Fig. 3. Übergangsweise ist in diesem Zustand der neunte Gang G9 vorgewählt, da das erste Schaltelement S1 sich noch in seiner zweiten Schaltstellung B befindet. Dies kann jetzt lastfrei geöffnet werden. Die erste Schaltstellung A des ersten Schaltelements S1 wird nun aktiv über Drehzahlregelung der elektrischen Maschine 2 synchronisiert. Dazu muss die Drehzahl der elektrischen Maschine 2 bis zum Zieldrehzahlniveau des sechsten Ganges G6 angehoben werden. Die Drehzahlanhebung erfolgt um das Verhältnis der Gangübersetzung der beiden Gänge, welche der ersten Getriebeeingangswelle zugeordnet sind. Dies sind hier der erste und der vierte Gang G1, G4, was eine Drehzahlanhebung um den Faktor $1,3/0,592 = 2,2$ (siehe Fig. 2, erste und zweite Radebene R1, R2) bedeutet.

Damit kann das erste Schaltelement S1 lastfrei in die Schaltstellung A gebracht werden, wobei gleichzeitig der Anschlussgang, der sechste Gang G6, vorgewählt ist.

Anschließend findet ein Lastübergang vom Verbrennungsmotor 21 auf die elektrische Maschine 2 statt. Dies bedeutet, dass lediglich die elektrische Maschine 2 die Zugkraft im Zielgang, dem sechsten Gang G6, stützt.

Nachdem der Verbrennungsmotor 21 lastfrei ist, wird die zweite Schaltstellung F des dritten Schaltelements S3 geöffnet.

Optional kann nun ein Wechseln des fünften Schaltelements S5 von der ersten Schaltstellung L in dessen zweite Schaltstellung S stattfinden während die Schaltstellung F des dritten Schaltelements S3 geöffnet ist. Dies bietet den Vorteil, dass nur die Hauptwelle 10 und damit eine geringe Trägheitsmasse am Sonnenrad SR1 des ersten Planetengetriebes PG1 wirkt. Die Synchronisation findet dabei über das Schaltelement S5 selbst statt, das synchronisiert ausgeführt ist. Die zweite

Schaltstellung S des fünften Schaltelements S5 kann anschließend geschlossen werden. Die zweite Schaltstellung S kann nicht aktiv mit dem Verbrennungsmotor 21 synchronisiert werden, weil der Verbrennungsmotor 21 die Drehzahl nicht weit genug absenken kann, da hier das Drehzahlniveau des zehnten Gangs G10 (das dritte Schaltelement S3 und das fünfte Schaltelement S5 jeweils in der zweiten Schaltstellung F und S) benötigt würde, obwohl der sechste Gang G6 der Zielgang ist. Der Wechsel von der ersten Schaltstellung L in die zweite Schaltstellung S des fünften Schaltelements S5 an dieser Stelle ist, wie bereits erwähnt, vorteilhaft aber nicht unbedingt erforderlich. Der Wechsel könnte auch außerhalb der Schaltung vom fünften Gang G5 in den sechsten Gang G6 zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Das fünfte Schaltelement S5 würde dann vorerst in der ersten Schaltstellung L verbleiben.

Unmittelbar nachdem die Schaltstellung F des dritten Schaltelements S3 geöffnet wurde, das bedeutet ggf. gleichzeitig mit dem eben genannten Schritt, synchronisiert der Verbrennungsmotor 21 auf Zieldrehzahl des sechsten Gangs G6. Damit wird die erste Schaltstellung C des zweiten Schaltelements synchronisiert und kann anschließend lastfrei geschlossen werden. Damit ist der sechste Gang G6 eingelegt und der Schaltvorgang für die Schaltelemente S1-S6 abgeschlossen. Der Lastübergang von der elektrischen Maschine 2 auf den Verbrennungsmotor 21 kann anschließend je nach Betriebsstrategie erfolgen.

Zusammenfassend muss, um vom fünften Gang G5 in den sechsten Gang G6 zu gelangen, sowohl das vierte Schaltelement S4 als auch das erste Schaltelement S1 umgeschaltet werden. Dabei wird zuerst das vierte Schaltelement S4 gewechselt und danach erst das erste Schaltelement S1. Dadurch wird die elektrische Maschine 2 zuerst in der Drehzahl abgesenkt und kann mit hohem Drehmoment synchronisieren. Es wird weniger Energie zur Drehzahländerung der Trägheitsmasse des Rotors 19 benötigt. Wenn zuerst das erste Schaltelement S1 umgeschaltet werden würde, würde die Drehzahl der elektrischen Maschine 2 zwischenzeitlich stark ansteigen und es bestände die Gefahr einer Überdrehzahl, ein geringes Drehmoment der elektrischen Maschine 2 bei hoher Drehzahl.

Das Verfahren ist unabhängig von der Vorübersetzung der Planetenstufe PG2 für die elektrische Maschine 2. Es geht auch ohne eine Planetenstufe PG2, wobei die

elektrische Maschine 2 bzw. der Rotor 19 direkt an der ersten Getriebeeingangswelle 4 angebunden wäre.

Wie bereits beschrieben, kann im Direktgang, im zehnten Gang G10 (siehe Fig. 3) im ISG-Modus die Drehzahl der Vorgelegewelle VW bzw. der Vorgelegewellen abgesenkt werden. Dabei ist weiterhin für den ISG-Modus das sechste Schaltelement S6 in der zweiten Schaltstellung J geschlossen. Es wird verbrennungsmotorisch gefahren, wobei das dritte Schaltelement S3 sich in seiner zweiten Schaltstellung F befindet. Das vierte Schaltelement S4 befindet sich aufgrund seiner Vorgeschichte in seiner zweiten Schaltstellung H. Das führt dazu, dass im Zahlenbeispiel in Fig. 2 die Drehzahl der Vorgelegewelle VW um den Faktor 2,197 höher ist als die des Verbrennungsmotors 21. Dies entspricht der Stirnradübersetzung i der fünften Radebene R5. Das Sonnenrad SR1 und der Steg ST1 der Bereichsgruppe PG1 haben identische Drehzahlen, da die Bereichsgruppe PG1 durch das fünfte Schaltelement in seiner zweiten Schaltstellung S verblockt ist. Die Absenkung der Drehzahl der Vorgelegewelle VW ermöglicht einen besseren Gesamtwirkungsgrad des Getriebes 1 im Direktgang G10. Weniger Drehzahl bedeutet weniger Schleppverluste bzw. Verlustleistung an den Lagern und Dichtungen. Hierzu können lastfreie Schaltelemente geschlossen werden. Beim vorliegenden Radsatz ist es von Vorteil das erste Schaltelement S1 in seine erste Schaltstellung A zu bringen. Die Drehzahl der Vorgelegewelle VW beträgt dann nur noch $(1/1,3=0,769)$ das 0,769-fache des Verbrennungsmotors 21. Die Drehzahl der Vorgelegewelle VW kann auch auf null abgesenkt werden. Dabei würden Schleppverluste an der Lagerung vermieden werden. Die Synchronisierung der Vorgelegewelle VW auf die Zieldrehzahl erfolgt über eine Drehzahlregelung an der elektrischen Maschine 2. Hierzu wird zuerst das Schaltelement des höchsten Gangs des ersten Teilgetriebes geschlossen, sofern es nicht aus seiner Vorgeschichte heraus geschlossen ist. Das ist im hier dargestellten Beispiel das erste Schaltelement in der zweiten Schaltstellung B durch das über die zweite Radebene R2 der vierte Gang G4 gebildet wird. So erreicht die elektrische Maschine 2 selbst auch kein hohes Drehzahlniveau und kann daher schneller synchronisieren. Es werden auch keine konventionellen Synchronisierungen belastet. In der Schaltmatrix in Fig. 3 wird beim zehnten Gang mit vorgewähltem sechstem Gang G10(6) die Drehzahl der Vorgelegewelle VW abgesenkt und im zehnten Gang mit Vorge-

wähltem Leerlauf G10(0) die Drehzahl der Vorgelegewelle VW und die Drehzahl der elektrischen Maschine 2 auf null abgesenkt. Auch hier erfolgt die Drehzahländerung der Vorgelegewelle VW mit Hilfe der elektrischen Maschine 2.

Die Fig. 4 zeigt eine zugehörige Schaltmatrix des Getriebes 1 für die zehn Gänge G1 - G10 aus Sicht des Verbrennungsmotors 21 im EDA-Modus. Das sechste Schaltelement S6 bleibt dabei in seiner ersten Schaltstellung I. Ansonsten ist die Schaltmatrix im EDA-Modus identisch mit der Schaltmatrix im ISG-Modus aus Fig. 3. Es ergeben sich jedoch andere Drehzahlverhältnisse an der elektrischen Maschine 2 und an der Planetenstufe PG2.

Das zugkraftunterbrechungsfreie Umschalten der Bereichsgruppe PG1 beim Wechsel vom fünften Gang G5 in den sechsten Gang G6 kann auch im EDA-Modus durchgeführt werden. Dabei ist das sechste Schaltelement S6 stets in seiner ersten Schaltstellung I. Im fünften Gang G5 bei verbrennungsmotorischem bzw. hybridischem Fahren im EDA-Modus, wird dieser über einen Direktgang in der Langsamen Bereichsgruppe PG1 geschaltet. Das dritte Schaltelement S3 befindet sich in seiner zweiten Schaltstellung F und das fünfte Schaltelement befindet sich in seiner ersten Schaltstellung L. Dies ist ebenfalls in Fig. 4 in der Zeile G5(4) ersichtlich. Die elektrische Maschine 2 wirkt aufgrund der Vorgeschichte noch im vierten Gang G4, wobei sich das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B und das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G befindet. Um nun zugkraftunterbrechungsfrei in den sechsten Gang G6 zu schalten, werden folgende Verfahrensschritte durchlaufen:

Wenn Last an der elektrischen Maschine 2 vorhanden ist, findet hier ein Lastabbau statt. Dabei übernimmt der Verbrennungsmotor 21 die Last.

Anschließend kann das vierte Schaltelement S4 aus der Schaltstellung G geöffnet werden.

Die zweite Schaltstellung H des vierten Schaltelements S4 wird aktiv über die Drehzahlregelung der elektrischen Maschine 2 synchronisiert. Dazu muss die Drehzahl des Stegs ST2 der Planetenstufe PG2 abgesenkt werden, was durch eine Absenkung der Drehzahl der elektrischen Maschine 2 geschieht. Die Drehzahlabsenkung am Steg ST2 der Planetenstufe PG2 erfolgt um den Faktor der Übersetzung

der Bereichsgruppe PG1, was im Zahlenbeispiel aus Fig. 4 dem Faktor 3,713 entspricht.

Anschließend kann das vierte Schaltelement S4 lastfrei in die zweite Schaltstellung H geschaltet werden. Dies entspricht der Zeile des Gangs 5 (9) in der Schaltmatrix Fig. 4. Übergangsweise ist in diesem Zustand der neunte Gang G9 vorgewählt, da das erste Schaltelement S1 sich noch in seiner zweiten Schaltstellung B befindet. Dies kann jetzt lastfrei geöffnet werden. Die erste Schaltstellung A des ersten Schaltelements S1 wird nun aktiv über Drehzahlregelung der elektrischen Maschine 2 synchronisiert. Dazu muss die Drehzahl des Stegs ST2 der Planetenstufe PG2 mit Hilfe der elektrischen Maschine 2 bis zum Zieldrehzahlniveau des sechsten Ganges G6 angehoben werden. Die Drehzahlanhebung erfolgt um das Verhältnis der Gangübersetzung der beiden Gänge, welche der ersten Getriebeeingangswelle zugeordnet sind. Dies sind hier der erste und der vierte Gang G1, G4, was eine Drehzahlanhebung um den Faktor $1,3/0,592 = 2,2$ (siehe Fig. 2, erste und zweite Radebene R1, R2) bedeutet.

Damit kann das erste Schaltelement S1 lastfrei in die erste Schaltstellung A gebracht werden, wobei gleichzeitig der Anschlussgang, der sechste Gang G6, vorgewählt ist.

Dann werden die Drehmomente des Verbrennungsmotors 21 und der elektrischen Maschine 2 so eingestellt, dass sie im Verhältnis der Standübersetzung der Planetenstufe PG2 stehen, damit das auszulegende dritte Schaltelement S3 lastfrei wird. Der Kraftfluss läuft dann ausschließlich über den Steg ST2 der Planetenstufe PG2 über den Zielgang, den sechsten Gang G6, über das erste Schaltelement S1 in der ersten Schaltstellung A und das vierte Schaltelement in der zweiten Schaltstellung H. Gleichzeitig werden die Drehmomente des Verbrennungsmotors 21 und der elektrischen Maschine 2 im Rahmen der Grenzen der beiden Arbeitsmaschinen so eingestellt, dass die Zugkraft möglichst nahe dem vom Fahrer oder einer Fahrstrategiefunktion gewünschten Sollwert kommt.

Nachdem das dritte Schaltelement S3 lastfrei ist, wird die zweite Schaltstellung F des dritten Schaltelements S3 geöffnet.

Optional kann nun ein Wechseln des fünften Schaltelements S5 von der ersten Schaltstellung L in dessen zweite Schaltstellung S stattfinden während die Schaltstellung F des dritten Schaltelements S3 geöffnet ist. Dies bietet den Vorteil,

dass nur die Hauptwelle 10 und damit eine geringe Trägheitsmasse am Sonnenrad SR1 des ersten Planetengetriebes PG1 wirkt. Die Synchronisation findet dabei über das Schaltelement S5 selbst statt, das synchronisiert ausgeführt ist. Die zweite Schaltstellung S des fünften Schaltelements S5 kann anschließend geschlossen werden. Der Wechsel von der ersten Schaltstellung L in die zweite Schaltstellung S des fünften Schaltelements S5 an dieser Stelle ist, wie bereits erwähnt, vorteilhaft aber nicht unbedingt erforderlich. Der Wechsel könnte auch außerhalb der Schaltung vom fünften Gang G5 in den sechsten Gang G6 zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Das fünfte Schaltelement S5 würde dann vorerst in der ersten Schaltstellung L verbleiben.

Unmittelbar nachdem die Schaltstellung F des dritten Schaltelements S3 geöffnet wurde, das bedeutet ggf. gleichzeitig mit dem eben genannten Schritt, werden die Drehmomente des Verbrennungsmotors 21 und der elektrischen Maschine 2 so gesteuert bzw. geregelt, dass die Drehzahl des Verbrennungsmotors 21 auf die Zieldrehzahl sinkt. Damit wird die erste Schaltstellung C des zweiten Schaltelements S2 synchronisiert und kann anschließend lastfrei geschlossen werden. Damit ist der sechste Gang G6 eingelegt und der Schaltvorgang für die Schaltelemente S1-S6 abgeschlossen. Der Lastübergang von der elektrischen Maschine 2 auf den Verbrennungsmotor 21 kann anschließend je nach Betriebsstrategie erfolgen.

Zusammenfassend muss, um im EDA-Modus vom fünften Gang G5 in den sechsten Gang G6 zu gelangen, sowohl das vierte Schaltelement S4 als auch das erste Schaltelement S1 umgeschaltet werden. Dabei wird zuerst das vierte Schaltelement S4 gewechselt und danach erst das erste Schaltelement S1. Dadurch wird die elektrische Maschine 2 zuerst in der Drehzahl abgesenkt und kann mit hohem Drehmoment synchronisieren. Es wird weniger Energie zur Drehzahländerung der Trägheitsmasse des Rotors 19 benötigt. Wenn zuerst das erste Schaltelement S1 umgeschaltet werden würde, würde die Drehzahl der elektrischen Maschine 2 zwischenzeitlich stark ansteigen und es bestände die Gefahr einer Überdrehzahl, ein geringes Drehmoment der elektrischen Maschine 2 bei hoher Drehzahl.

Für das erste und das vierte Schaltelement S1 und S4 erfolgt jeweils eine lastfreie Drehzahlsynchronisation mit Hilfe der elektrischen Maschine 2. Dabei wird am

Hohlrad HR2 der Planetenstufe PG2 aufgrund von Trägheitsmassen ein dynamisches Moment abgestützt, welches sich ggf. negativ auf den Fahrkomfort auswirken könnte, weil das Hohlrad HR2 der Planetenstufe PG2 über das sechste Schaltelement S6 in der ersten Schaltposition I mit der zweiten Getriebeeingangswelle 5 verbunden ist. Daher könnte auch vor der Drehzahlsynchronisierung vom EDA-Modus in den ISG-Modus umgeschaltet werden und entsprechend diesem synchronisiert werden. Nach der jeweiligen Drehzahlsynchronisation wird dann wieder in den EDA-Modus zurück gewechselt.

Es sind im Hauptgetriebe HG auch andere Gangzuordnungen denkbar. Zum Beispiel kann die zweite Radebene R2 und die vierte Radebene R4 vertauscht werden. Damit wären die Radebenen für den dritten Gang G3 und den vierten Gang G4 vertauscht.

Es kann zusätzlich eine Trennkupplung oder Anfahrkupplung für den Verbrennungsmotor 21 hinzugefügt werden.

Außerdem können ein oder mehrere mechanische Rückwärtsgänge hinzugefügt werden. Dies kann entweder als zusätzliche Stirnradebene mit einem zusätzlichen Schaltelement oder als Planeten-Wendesatz mit zwei zusätzlichen Schaltelementen, eins für vorwärts und eins für rückwärts, umgesetzt werden. Außerdem kann eine sogenannte GPR-Bereichsgruppe eingesetzt werden, bei der der Rückwärtsgang in der Bereichsgruppe integriert ist.

Die Fig. 5 zeigt eine zweite Ausführungsvariante eines 10-Gang-Getriebes. Das Getriebe 1 unterscheidet sich lediglich in der Ausführung des zweiten Planetengetriebes PG2. Das zweite Planetengetriebe PG2 ist ebenfalls als Planetenstufe zwischen einer elektrischen Maschine 2 und der ersten Getriebeeingangswelle 4 angeordnet. Die elektrische Maschine 2 besitzt einen Stator 18, welcher drehfest mit einem gehäusefesten Bauteil 17 bzw. einem Getriebegehäuse des Getriebes 1 oder mit einem anderen drehfesten Bauelement des Getriebes 1 verbunden ist, sodass der Stator 18 keine Drehzahl annehmen kann. Ein drehbar gelagerter Rotor 19 der elektrischen Maschine 2 ist mit einer als Sonnenrad SR2 des zweiten Planetengetriebes PG2

ausgebildeten Planetenradsatzwelle der Planetenstufe drehfest verbunden. Der Steg ST2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ist drehfest mit der ersten Getriebeeingangswelle 4 verbunden. Das Hohlrad HR2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ist drehfest mit einem Gehäuseteil 17 verbunden. Eine feste Vorübersetzung für die elektrische Maschine 2 hat den Vorteil, dass die elektrische Maschine 2 kostengünstig mit weniger Drehmoment, dafür aber höherer Drehzahl ausgelegt werden kann. Durch die Anordnung der elektrischen Maschine 2 mit der Planetenstufe an der ersten Getriebeeingangswelle 4 ist die elektrische Maschine 2 weiterhin dem ersten Teilgetriebe zugeordnet. Der weitere Aufbau des Getriebes 1 entspricht der ersten Ausführungsvariante aus Fig. 1.

Die Vorübersetzung durch die Planetenstufe PG2 könnte auch komplett entfallen. Die elektrische Maschine 2 wird dann mit weniger Drehzahl und mehr Drehmoment ausgelegt. Es sind im Hauptgetriebe HG auch andere Gangzuordnungen denkbar. Zum Beispiel kann die zweite Radebene R2 und die vierte Radebene R4 vertauscht werden. Damit wären die Radebenen für den dritten Gang G3 und den vierten Gang G4 vertauscht.

Es kann zusätzlich eine Trennkupplung oder Anfahrkupplung für den Verbrennungsmotor 21 hinzugefügt werden. Dann können das zweite und das dritte Schaltelement S2, S3 als synchronisierte Schaltelemente ausgeführt werden und die Synchronisation der Gänge des zweiten Teilgetriebes, die Gänge, welche der zweiten Getriebeeingangswelle 5 zugeordnet sind, erfolgt mit offener Kupplung.

Außerdem können auch hier ein oder mehrere mechanische Rückwärtsgänge hinzugefügt werden. Dies kann entweder als zusätzliche Stirnradebene mit einem zusätzlichen Schaltelement oder als Planeten-Wendesatz mit zwei zusätzlichen Schaltelementen, eins für vorwärts und eins für rückwärts, umgesetzt werden. Außerdem kann eine sogenannte GPR-Bereichsgruppe eingesetzt werden, bei der der Rückwärtsgang in der Bereichsgruppe integriert ist.

Die in Fig. 2 beispielhaft aufgezeigten Zahlenwerte für die einzelnen Übersetzungen i der jeweiligen Radebenen PG1, PG2, R1-R5 können auch für diese Ausführungs-

rungsvariante eingesetzt werden. Ebenso sind aber auch hier andere Zahlenwerte einsetzbar.

Die Fig. 6 zeigt eine zugehörige Schaltmatrix des Getriebes 1 aus Fig. 5 für die zehn Gänge G1 - G10 aus Sicht des Verbrennungsmotors 21. Diese Schaltmatrix entspricht im Wesentlichen der Schaltmatrix aus Fig. 3 im ISG-Modus, wobei das sechste Schaltelement S6 entfällt, da das Hohlrad HR2 der Planetenstufe PG2 dauerhaft drehfest mit einem Gehäuseteil verbunden ist. Das zugkraftunterbrechungsfreie Schalten der Bereichsgruppe PG1 sowie das Verfahren zur Absenkung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang, dem zehnten Gang G10, werden ebenfalls durchgeführt wie in der ersten Variante in Fig. 1.

Die Fig. 7 zeigt eine dritte Ausführungsvariante eines 10-Gang-Getriebes. Das Getriebe 1 unterscheidet sich zu den zwei bisher aufgezeigten Ausführungsvarianten lediglich in der Ausführung des zweiten Planetengetriebes PG2. Das zweite Planetengetriebe PG2 ist ebenfalls als Planetenstufe zwischen einer elektrischen Maschine 2 und der ersten Getriebeeingangswelle 4 angeordnet. Die elektrische Maschine 2 besitzt einen Stator 18, welcher drehfest mit einem gehäusefesten Bauteil 17 bzw. einem Getriebegehäuse des Getriebes 1 oder mit einem anderen drehfesten Bauelement des Getriebes 1 verbunden ist, sodass der Stator 18 keine Drehzahl annehmen kann. Ein drehbar gelagerter Rotor 19 der elektrischen Maschine 2 ist mit einer als Sonnenrad SR2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ausgebildeten Planetenradsatzwelle der Planetenstufe drehfest verbunden. Das Hohlrad HR2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ist drehfest mit der ersten Getriebeeingangswelle 4 verbunden. Der Steg ST2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ist drehfest mit einem Gehäuseteil 17 verbunden. Zusätzlich ist dem zweiten Planetengetriebe PG2 ein siebtes Schaltelement S7 zugeordnet, welches die elektrische Maschine 2 und die als Sonnenrad SR2 des zweiten Planetengetriebes PG2 ausgebildeten Planetenradsatzwelle der Planetenstufe mit der zweiten Getriebeeingangswelle 5 verbinden kann. Dieses siebte Schaltelement S7 wirkt nur einseitig und kann in der geschlossenen Schaltstellung R die zweite Getriebeeingangswelle 5 und das Sonnenrad SR2 des zweiten Planetengetriebes miteinander verbinden, oder es kann geöffnet sein und keine Verbindung zwischen zwei Bauteilen herstellen. Eine feste Vorübersetzung für die elekt-

rische Maschine 2 hat den Vorteil, dass die elektrische Maschine 2 kostengünstig mit weniger Drehmoment, dafür aber höherer Drehzahl ausgelegt werden kann. Im vorliegenden Fall dreht die elektrische Maschine 2 in den Vorwärtsgängen rückwärts, was bei einer elektrischen Maschine 2 problemlos möglich ist. Über die Planetenstufe PG2 werden mit Hilfe des siebten Schaltelements S7 in seiner Schaltstellung R mechanische Rückwärtsgänge für den Verbrennungsmotor 21 zur Verfügung gestellt. Die Gänge, die dem ersten Teilgetriebe zugeordnet sind, die Gänge der ersten Getriebeeingangswelle 4 mit der ersten und zweiten Radebene R1 und R2, werden dann als Rückwärtsgänge mit zusätzlicher Untersetzung durch die Planetenstufe PG2 genutzt. Durch die Anordnung der elektrischen Maschine 2 mit der Planetenstufe an der ersten Getriebeeingangswelle 4 ist die elektrische Maschine 2 weiterhin dem ersten Teilgetriebe zugeordnet. Der weitere Aufbau des Getriebes 1 entspricht der ersten Ausführungsvariante aus Fig. 1.

Die in Fig. 2 beispielhaft aufgezeigten Zahlenwerte für die einzelnen Übersetzungen i der jeweiligen Radebenen PG1, PG2, R1-R5 können auch für diese Ausführungsvariante eingesetzt werden. Ebenso sind aber auch hier andere Zahlenwerte einsetzbar.

Die Fig. 8 zeigt eine zugehörige Schaltmatrix des Getriebes 1 aus Fig. 7 für die zehn Gänge G1 - G10 sowie vier Rückwärtsgänge GR1 - GR4 aus Sicht des Verbrennungsmotors 21. Diese Schaltmatrix entspricht im Wesentlichen der Schaltmatrix aus Fig. 3, wobei das sechste Schaltelement S6 entfällt und dafür ein siebtes Schaltelement S7 mit einer Schaltstellung R aufgenommen wurde. Das zugkraftunterbrechungsfreie Umschalten der Bereichsgruppe PG1 sowie das Verfahren zur Synchronisation der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang, dem zehnten Gang G10, werden ebenfalls durchgeführt wie in der ersten Variante in Fig. 1.

Der Leistungsfluss im ersten Rückwärtsgang RG1 wird, wie in Fig. 8 abgebildet, über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das siebte Schaltelement S7 in seiner Schaltstellung R, das zweite Planetengetriebe PG2, die erste Getriebeeingangswelle 4, das erste Schaltelement S1 in seiner ersten Schaltstellung A, die erste Radebene R1, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5 das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G, die Hauptwelle 10 und die im langsamen Bereich ge-

geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet. Der Leistungsfluss im zweiten Rückwärtsgang RG2 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das siebte Schaltelement S7 in seiner Schaltstellung R, das zweite Planetengetriebe PG2, die erste Getriebeeingangswelle 4, das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B, die zweite Radebene R2, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5 das vierte Schaltelement S4 in seiner ersten Schaltstellung G, die Hauptwelle 10 und die im langsamen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet. Der Leistungsfluss im dritten Rückwärtsgang RG3 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das siebte Schaltelement S7 in seiner Schaltstellung R, das zweite Planetengetriebe PG2, die erste Getriebeeingangswelle 4, das erste Schaltelement S1 in seiner ersten Schaltstellung A, die zweite Radebene R2, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5 das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H und die im schnellen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet. Der Leistungsfluss im vierten Rückwärtsgang RG4 wird über die zweite Getriebeeingangswelle 5, das siebte Schaltelement S7 in seiner Schaltstellung R, das zweite Planetengetriebe PG2, die erste Getriebeeingangswelle 4, das erste Schaltelement S1 in seiner zweiten Schaltstellung B, die erste Radebene R1, die Vorgelegewelle VW, die Abtriebskonstante R5 das vierte Schaltelement S4 in seiner zweiten Schaltstellung H und die im schnellen Bereich geschaltete Bereichsgruppe PG1 auf die Ausgangswelle 3 geleitet.

Zur Absenkung der Drehzahl der elektrischen Maschine 2 insbesondere im Direktgang wird folgendes Verfahren durchgeführt:

Ausgegangen wird von einem Gang des zweiten Teilgetriebes, welcher der zweiten Getriebeeingangswelle 5 zugeordnet ist, beim verbrennungsmotorischen Fahren. Dies kann zum Beispiel der Direktgang, der zehnte Gang G10 sein, bei dem das dritte Schaltelement S3 in seiner zweiten Schaltstellung F ist.

Die Drehzahl der elektrischen Maschine 2 wird abgesenkt, indem das erste Schaltelement S1 geöffnet wird und das siebte Schaltelement S7 in seine Schaltstellung R gebracht wird. Das siebte Schaltelement S7, bzw. der dadurch geschaltete Gang, wird durch die Drehzahlregelung der elektrischen Maschine 2 synchronisiert. Die elektrische Maschine 2 dreht dann gleichschnell wie der Verbrennungsmotor 21 und die Vorübersetzung der Planetenstufe PG2 ist nicht wirksam. Dies bietet den Vorteil,

dass geringe Nulllastverluste an der elektrischen Maschine 2 entstehen. Die elektrische Maschine 2 ist direkt mit dem Verbrennungsmotor 21 verbunden, sodass bei einer Lastpunktanhebung am Verbrennungsmotor 21 das zusätzliche Drehmoment des Verbrennungsmotors 21 hin zur elektrischen Maschine 2 nicht über eine Verzahnung geleitet wird. Dies bringt einen guten mechanischen Wirkungsgrad. In der Schaltmatrix in Fig. 8 ist dies in Zeile G10 (R) aufgezeigt. Zudem ist bei diesem Beispiel die Vorgelegewellendrehzahl durch Schließen des zweiten Schaltelements S2 in der zweiten Schaltstellung D (dritte Radebene R3 mit Stirnradübersetzung -1) abgesenkt. Im Zahlenbeispiel drehen dann der Verbrennungsmotor 21, die elektrische Maschine 2 und die Vorgelegewelle VW alle gleich schnell. Bei Fern-LKW ist die Absenkung im Direktgang besonders sinnvoll, da der Direktgang einen hohen Fahranteil aufweist.

Das Getriebe 1 kann Bestandteil eines Antriebsstrangs 20 eines Hybridfahrzeugs sein. Dies wird in Fig. 9 dargestellt. Der Antriebsstrang 20 weist neben dem Getriebe 1 einen Verbrennungsmotor 21 als zweiten Antrieb, sowie ein mit Rädern 22 des Hybridfahrzeugs verbundenes Achsgetriebe 23 auf, wobei die zweite Getriebeeingangswelle 5 des Hauptgetriebes HG ständig mit dem Verbrennungsmotor 21 verbunden oder verbindbar ist und die Ausgangswelle 3 des Getriebes 1 mit dem Achsgetriebe 23 antriebswirksam verbunden ist. Eine Trennkupplung für den Verbrennungsmotor 21 kann zwischen dem Verbrennungsmotor 21 und dem Getriebe 1 verbaut werden, ist aber zum rein elektrischen Fahren nicht notwendig, da die zweite Getriebeeingangswelle 5 wie beschrieben durch Öffnen von Schaltelementen abgekoppelt werden kann.

Bezugszeichen

1	Getriebe
2	elektrische Maschine
3	Ausgangswelle
4	erste Getriebeeingangswelle
5	zweite Getriebeeingangswelle
6	erstes Losrad des Hauptgetriebes
7	zweites Losrad des Hauptgetriebes
8	drittes Losrad des Hauptgetriebes
9	viertes Losrad des Hauptgetriebes
10	Hauptwelle
11	fünftes Losrad des Hauptgetriebes
12	erstes Festrاد der Vorgelegewelle
13	zweites Festrاد der Vorgelegewelle
14	drittes Festrاد der Vorgelegewelle
15	viertes Festrاد der Vorgelegewelle
16	fünftes Festrاد der Vorgelegewelle
17	gehäusefestes Bauteil
18	Stator der elektrischen Maschine
19	Rotor der elektrischen Maschine
20	Antriebsstrang
21	Verbrennungsmotor
22	Räder
23	Achsgetriebe
HG	Hauptgetriebe
PG1	erstes Planetengetriebe, Bereichsgruppe
PG2	zweites Planetengetriebe, Planetenstufe
EM	elektrische Maschine
HR1, HR2	Holrad
ST1, ST2	Steg
SR1, SR2	Sonnenrad
PR1, PR2	Planetenrad

S1	erstes Schaltelement
S2	zweites Schaltelement
S3	drittes Schaltelement
S4	viertes Schaltelement
S5	fünftes Schaltelement
S6	sechstes Schaltelement
S7	siebtes Schaltelement
A	erste Schaltstellung des ersten Schaltelements S1
B	zweite Schaltstellung des ersten Schaltelements S1
C	erste Schaltstellung des zweiten Schaltelements S2, Teilgetriebekopplung
D	zweite Schaltstellung des zweiten Schaltelements S2
E	erste Schaltstellung des dritten Schaltelements S3
F	zweite Schaltstellung des dritten Schaltelements S3, Direktgang
G	erste Schaltstellung des vierten Schaltelements S4
H	zweite Schaltstellung des vierten Schaltelements S4, Zugkraftunterstützung der Bereichsgruppe
I	erste Schaltstellung des fünften Schaltelements S5, EDA-Modus
J	zweite Schaltstellung des fünften Schaltelements S5, ISG-Modus
L	erste Schaltstellung des sechsten Schaltelements S6, langsamer Bereich
S	zweite Schaltstellung des sechsten Schaltelements S6, schneller Bereich
R1	erste Radebene
R2	zweite Radebene
R3	dritte Radebene
R4	vierte Radebene
R5	fünfte Radebene, Abtriebskonstante
G1	erster Gang
G2	zweiter Gang
G3	dritter Gang
G4	vierter Gang
G5	fünfter Gang
G6	sechster Gang
G7	siebter Gang
G8	achter Gang

G9 neunter Gang
G10 zehnter Gang
GR1 erster Rückwärtsgang
GR2 zweiter Rückwärtsgang
GR3 dritter Rückwärtsgang
GR4 vierter Rückwärtsgang
i Übersetzung
phi Gangsprung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang zur Absenkung der Vorgelegewellendrehzahl in einem Getriebe (1) für eine Hybridanwendung, welches einen Hybridantrieb mit einem Verbrennungsmotor (21) und einer elektrischen Maschine (2) aufweist, wobei das Getriebe (1) ein zwei parallel geschaltete Teilgetriebe umfassendes Hauptgetriebe (HG) mit mindestens einer Vorgelegewelle (VW), sowie eine Ausgangswelle (3), sowie zwei die Elemente Steg (ST1, ST2), Sonnenrad (SR1, SR2) und Hohlrad (HR1, HR2) aufweisende Planetengetriebe (PG1, PG2) umfasst, wobei jedes Teilgetriebe eine Getriebeeingangswelle (4, 5) aufweist, wobei eine erste Getriebeeingangswelle (4) als Hohlwelle und eine zweite Getriebeeingangswelle (5) als Vollwelle ausgeführt ist, wobei ein erstes Planetengetriebe (PG1) als Bereichsgruppe an das Hauptgetriebe (HG) anschließt, wobei das Hauptgetriebe (HG) eine erste (R1), eine zweite (R2), eine dritte (R3), eine vierte (R4) und eine fünfte Radebene (R5) und ein erstes (S1), ein zweites (S2), ein drittes (S3) und ein viertes Schaltelement (S4) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl auf eine Zieldrehzahl im Direktgang (G19) über eine Drehzahlregelung der elektrischen Maschine (2) durchgeführt wird.

2. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Direktgang der zehnte Gang (G10) ist.

3. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorgelegewellendrehzahl auf null abgesenkt werden kann.

4. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zuerst das Schaltelement des höchsten Gangs des ersten Teilgetriebes geschlossen wird, sofern es nicht aus seiner Vorgeschichte heraus geschlossen ist.

5. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement des höchsten Ganges des ersten Teilgetriebes das erste Schaltelement (S1) in seiner zweiten Schaltstellung (B) ist, durch das über die zweite Radebene (R2) ein vierter Gang (G4) gebildet wird.

6. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Schaltung des Direktgangs das dritte Schaltelement (S3) in seine zweite Schaltstellung (F) geschaltet wird.

7. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim zehnten Gang mit einem vorgewählten sechstem Gang (G10(6)) die Drehzahl der Vorgelegewelle (VW) abgesenkt und im zehnten Gang mit einem vorgewählten Leerlauf (G10(0)) die Drehzahl der Vorgelegewelle (VW) und die Drehzahl der elektrischen Maschine (2) auf null abgesenkt wird.

8. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schaltelement einer Vorschaltgruppe (PG2) zur Synchronisierung verwendet wird, welches ebenfalls für eine Rückwärtsfahrt geschlossen wird.

9. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltelement der Vorschaltgruppe ein einseitig wirkendes siebtes Schaltelement (S7) ist, welches in seine geschlossene Schaltstellung (R) gebracht wird und das erste Schaltelement (S1) geöffnet wird.

10. Verfahren zur Synchronisierung der Vorgelegewellendrehzahl im Direktgang nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorgelegewellendrehzahl von zwei Vorgelegewellen (VW) abgesenkt wird.

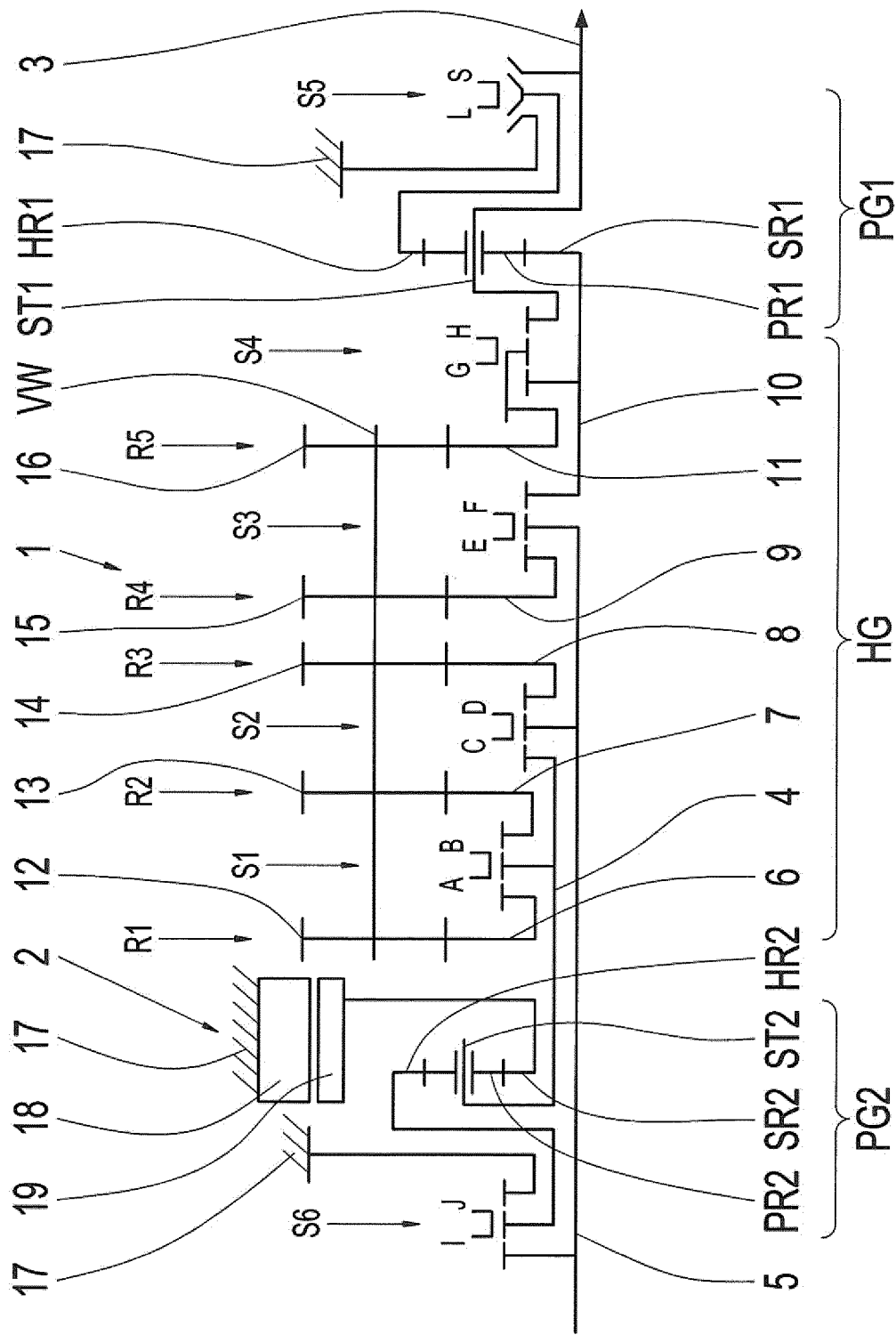


Fig. 1

	PG2	R1	R2	R3	R4	R5	PG1
i	-2	-1,3	-0,592	-1	-0,769	-2,197	-2,713

Fig. 2

	S1		S2		S3		S4		S5		S6		i	phi
	A	B	C	D	E	F	G	H	L	S	I	J		
G1	x		x				x		x			x	10,604	1,300
G2(1)	x			x			x		x			x	8,157	1,000
G2(4)		x		x			x		x			x	8,157	1,300
G3(4)		x			x		x		x			x	6,274	1,299
G4		x	x				x		x			x	4,829	1,300
G5(4)		x				x	x		x			x	3,713	1,000
G5(9)		x				x		x	x			x	3,713	1,000
G5(6)	x					x		x	x			x	3,713	1,300
G6	x		x					x		x		x	2,856	1,300
G7(6)	x			x				x		x		x	2,197	1,000
G7(9)		x		x				x		x		x	2,197	1,300
G8(9)		x			x			x		x		x	1,689	1,299
G9		x	x					x		x		x	1,301	1,301
G10(9)		x				x		x		x		x	1,000	1,000
G10			x			x		x		x		x	1,000	1,000
G10(6)	x		x			x				x		x	1,000	1,000
G10(0)	x					x				x		x	1,000	

Fig. 3

3/8

	S1			S2			S3			S4			S5			S6			i	phi
	A	B		C	D		E	F		G	H		L	S		I	J			
G1	x			x						x			x			x			10,604	1,300
G2(1)	x				x					x			x			x			8,157	1,000
G2(4)		x			x					x			x			x			8,157	1,300
G3(4)		x					x			x			x			x			6,274	1,299
G4		x		x						x			x			x			4,829	1,300
G5(4)		x						x		x			x			x			3,713	1,000
G5(9)		x						x			x		x			x			3,713	1,000
G5(6)	x							x			x		x			x			3,713	1,300
G6	x			x							x			x		x			2,856	1,300
G7(6)	x				x						x			x		x			2,197	1,000
G7(9)		x			x						x			x		x			2,197	1,300
G8(9)		x					x				x			x		x			1,689	1,299
G9		x		x							x			x		x			1,301	1,301
G10(9)		x						x			x			x		x			1,000	1,000
G10				x				x			x			x		x			1,000	1,000
G10(6)	x			x				x						x		x			1,000	1,000
G10(0)	x							x						x		x			1,000	

Fig. 4

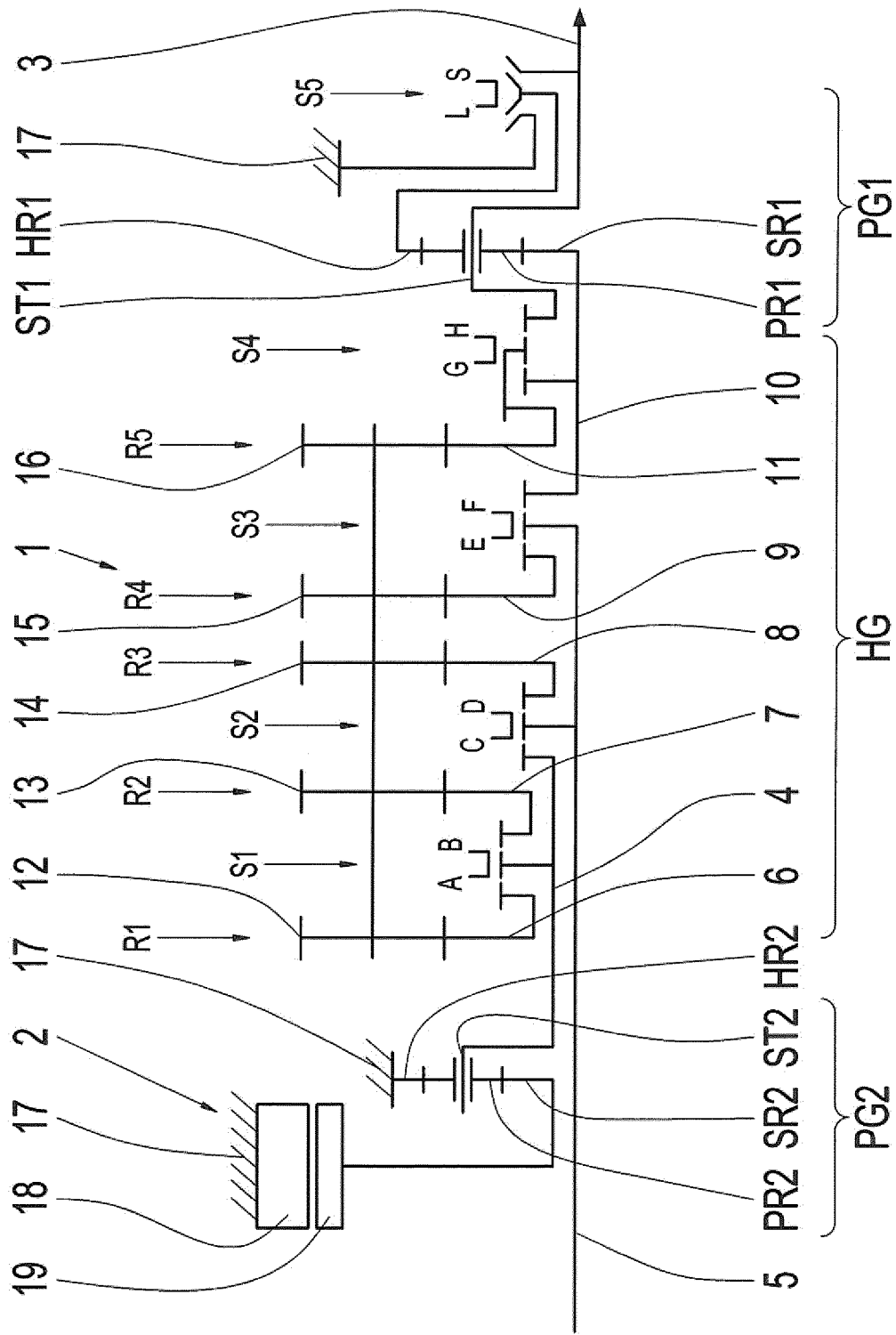


Fig. 5

5/8

	S1			S2			S3			S4			S5				
	A	B	C	D	E	F	G	H	L	S					i	phi	
G1	x		x				x		x						10,604	1,300	
G2(1)	x			x			x		x						8,157	1,000	
G2(4)		x		x			x		x						8,157	1,300	
G3(4)		x			x		x		x						6,274	1,299	
G4		x	x				x		x						4,829	1,300	
G5(4)		x				x	x		x						3,713	1,000	
G5(9)		x				x		x	x						3,713	1,000	
G5(6)	x					x		x	x						3,713	1,300	
G6	x		x					x		x					2,856	1,300	
G7(6)	x			x				x		x					2,197	1,000	
G7(9)		x		x				x		x					2,197	1,300	
G8(9)		x			x			x		x					1,689	1,299	
G9		x	x					x		x					1,301	1,301	
G10(9)		x				x		x		x					1,000	1,000	
G10			x			x		x		x					1,000	1,000	
G10(6)	x		x			x				x					1,000	1,000	
G10(0)	x					x				x					1,000	1,000	

Fig. 6

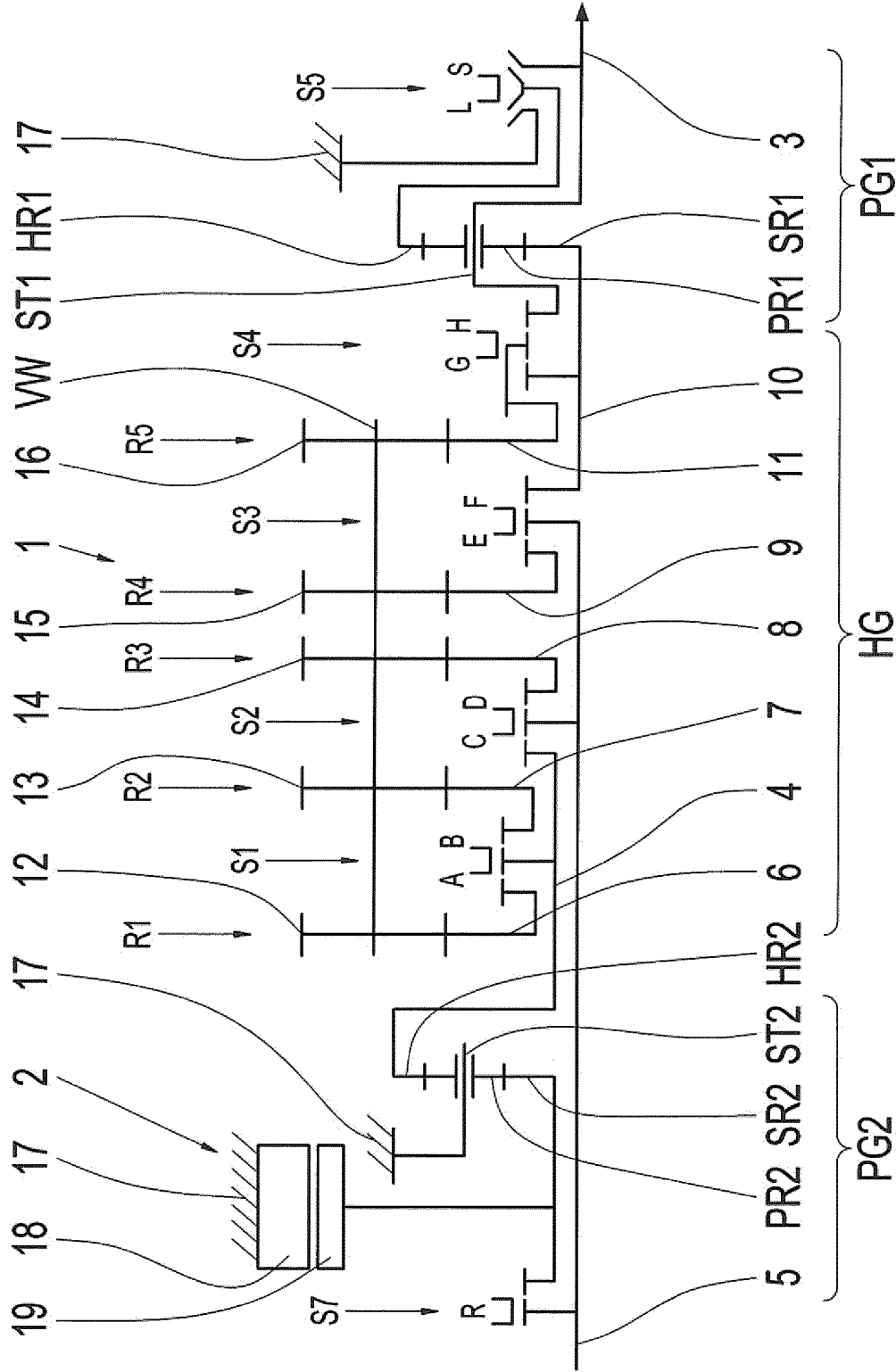


Fig. 7

7/8

	S1		S2			S3		S4			S5		S7	i		phi
	A	B	C	D	E	F	G	H	L	S	R					
G1	X		X					X		X				10,604	1,300	
G2(1)	X			X				X		X				8,157	1,000	
G2(4)		X		X				X		X				8,157	1,300	
G3(4)		X			X			X		X				6,274	1,299	
G4		X	X					X		X				4,829	1,300	
G5(4)		X					X	X		X				3,713	1,000	
G5(9)		X					X		X	X				3,713	1,000	
G5(6)	X						X		X	X				3,713	1,300	
G6	X		X						X		X			2,856	1,300	
G7(6)	X			X					X		X			2,197	1,000	
G7(9)		X		X					X		X			2,197	1,300	
G8(9)		X			X				X		X			1,689	1,299	
G9		X	X						X		X			1,301	1,301	
G10(9)		X					X		X		X			1,000	1,000	
G10			X				X		X		X			1,000	1,000	
G10(6)	X		X				X				X			1,000	1,000	
G10(0)	X						X				X			1,000	1,000	
G10(R)				X			X				X		X	1,000	10,604	
GR1	X							X			X		X	-21,231	-2,002	
GR2		X						X					X	-9,662	-0,911	
GR3	X								X		X		X	-5,711	-0,539	
GR4		X							X		X		X	-2,601	-0,245	

Fig. 8

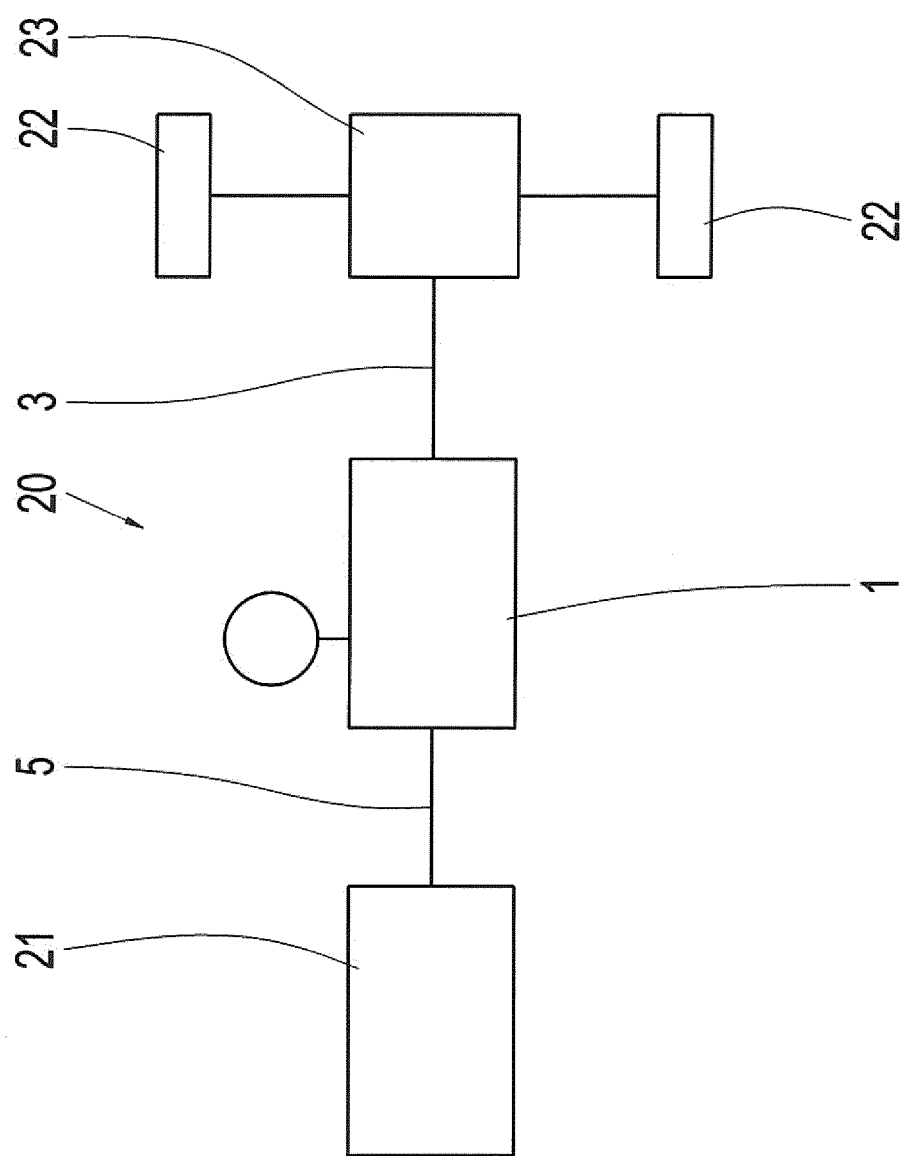


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/073763

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B60K6/365 B60K6/48 B60K6/547 B60W10/113 B60W10/06
B60W10/08 B60W20/00 F16H37/04 F16H3/00 F16H3/12

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B60K B60W F16H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EP0-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2012/084330 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]; KALTENBACH JOHANNES [DE]; BORNTAE) 28 June 2012 (2012-06-28) cited in the application the whole document -----	1-10
X	DE 10 2010 030571 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 29 December 2011 (2011-12-29) paragraphs [0043] - [0067]; figure 1 -----	1-3,6,7, 10
A	DE 10 2012 218367 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 24 April 2014 (2014-04-24) paragraphs [0044], [0056], [0057], [0063]; figure 1 ----- -/--	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 November 2016

Date of mailing of the international search report

07/12/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wurzer, Oliver

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/073763

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2005 043703 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 15 March 2007 (2007-03-15) paragraphs [0040], [0042]; figure 1 -----	1-10
A	DE 10 2012 213711 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 6 February 2014 (2014-02-06) paragraphs [0007], [0095] - [0098]; figure 5 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/073763

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012084330 A1	28-06-2012	CN 103269890 A	28-08-2013
		DE 102010063582 A1	21-06-2012
		EP 2655111 A1	30-10-2013
		US 2013267367 A1	10-10-2013
		WO 2012084330 A1	28-06-2012

DE 102010030571 A1	29-12-2011	NONE	

DE 102012218367 A1	24-04-2014	DE 102012218367 A1	24-04-2014
		US 2014100072 A1	10-04-2014

DE 102005043703 A1	15-03-2007	DE 102005043703 A1	15-03-2007
		US 2009107270 A1	30-04-2009
		WO 2007031192 A1	22-03-2007

DE 102012213711 A1	06-02-2014	DE 102012213711 A1	06-02-2014
		US 2014038762 A1	06-02-2014

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/073763

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. B60K6/365 B60K6/48 B60K6/547 B60W10/113 B60W10/06
B60W10/08 B60W20/00 F16H37/04 F16H3/00 F16H3/12

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B60K B60W F16H

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2012/084330 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]; KALTENBACH JOHANNES [DE]; BORNTAE) 28. Juni 2012 (2012-06-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-10
X	DE 10 2010 030571 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 29. Dezember 2011 (2011-12-29) Absätze [0043] - [0067]; Abbildung 1 -----	1-3,6,7, 10
A	DE 10 2012 218367 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 24. April 2014 (2014-04-24) Absätze [0044], [0056], [0057], [0063]; Abbildung 1 ----- -/--	1-10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. November 2016

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/12/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wurzer, Oliver

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/073763

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2005 043703 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 15. März 2007 (2007-03-15) Absätze [0040], [0042]; Abbildung 1 -----	1-10
A	DE 10 2012 213711 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 6. Februar 2014 (2014-02-06) Absätze [0007], [0095] - [0098]; Abbildung 5 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/073763

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012084330 A1	28-06-2012	CN 103269890 A	28-08-2013
		DE 102010063582 A1	21-06-2012
		EP 2655111 A1	30-10-2013
		US 2013267367 A1	10-10-2013
		WO 2012084330 A1	28-06-2012

DE 102010030571 A1	29-12-2011	KEINE	

DE 102012218367 A1	24-04-2014	DE 102012218367 A1	24-04-2014
		US 2014100072 A1	10-04-2014

DE 102005043703 A1	15-03-2007	DE 102005043703 A1	15-03-2007
		US 2009107270 A1	30-04-2009
		WO 2007031192 A1	22-03-2007

DE 102012213711 A1	06-02-2014	DE 102012213711 A1	06-02-2014
		US 2014038762 A1	06-02-2014
