

(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  
23. April 2020 (23.04.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/078596 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

*B60K 1/00* (2006.01) *B60K 17/346* (2006.01)  
*B60K 1/02* (2006.01) *B60K 17/356* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/066961

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. Juni 2019 (26.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 210 897.8  
03. Juli 2018 (03.07.2018) DE

(71) Anmelder: **ZF FRIEDRICHSHAFEN AG** [DE/DE]: Lö-  
wentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE).

(72) **Erfinder:** **LENZ, Paul**; Laemmersreut 2, 94065 Waldkir-  
chen (DE). **GROSSL, Andreas**; Höhenstr. 180, 4794 Kop-  
fing (AT). **WÖRL, Maik**; Appenzeller Straße 3, 88045  
Friedrichshafen (DE). **DI SARNO, Marco**; Hiärm-Gr-  
pe-Straße 22, 49080 Osnabrück (DE). **SEEMANN, Frank**;  
Egenhäuser Straße 3A, 97502 Euerbach (DE). **REN, Cong**;  
No. 18 Bai He Street, Suzhou, Jiangsu Province, 215021  
(CN). **BORNTRÄGER, Kai**; Bleichweg 45, 88085 Lan-  
genargen (DE). **HECHBERGER, Werner**; Alfred-Ku-  
bin-Str. 1, 94081 Fuerstenzell (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, DJ, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,  
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,  
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

(54) **Title:** SYSTEM FOR DRIVING AN ELECTRIC VEHICLE AND METHOD OF OPERATION

(54) **Bezeichnung:** ANORDNUNG ZUM ANTRIEB EINES ELEKTROFAHRZEUGES UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN

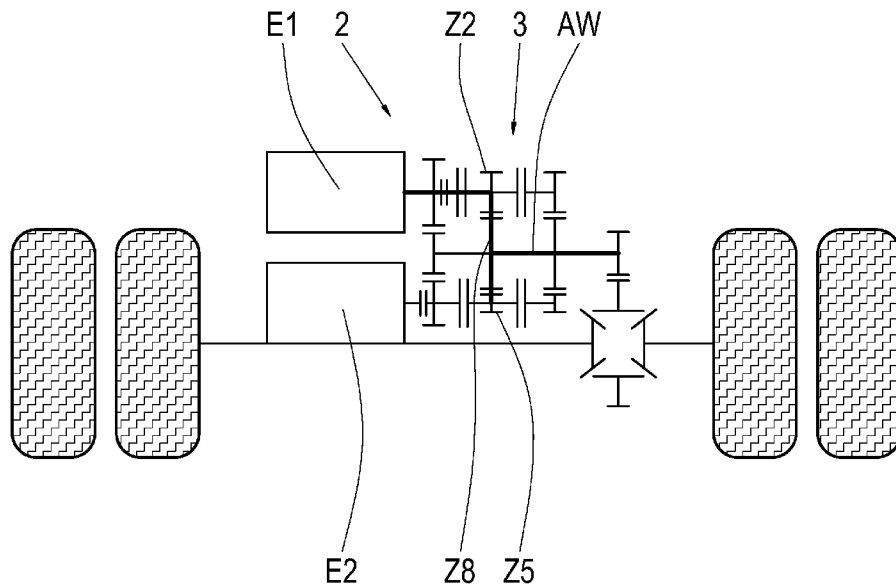


Fig. 3

(57) **Abstract:** The invention relates to a system for driving an electric vehicle, comprising at least one electrically drivable vehicle axle (1), two electric machines (E1, E2) for driving the at least one vehicle axle (1), a gear system (3) arranged between the electric machines (E1, E2) and the at least one vehicle axle (1). The invention further relates to a method for operating the drive system. According to the invention, one of the two electric machines (E1, E2) is in the form of a permanent magnet synchronous machine (E1) and the other is in the form of an asynchronous machine (E2). In addition, according to the invention, the permanent magnet synchronous machine (E1) is operated at a lower speed than the asynchronous machine (E2).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Antrieb eines Elektrofahrzeuges, umfassend mindestens eine

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, MW, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

elektrisch antreibbare Fahrzeugachse (1), zwei elektrische Maschinen (E1, E2) zum Antrieb der mindestens einen Fahrzeugachse (1), ein zwischen den elektrischen Maschinen (E1, E2) und der mindestens einen Fahrzeugachse (1) angeordnetes Getriebe (3). Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben der Antriebsanordnung. Es wird vorgeschlagen, dass eine der beiden elektrischen Maschinen (E1, E2) als Permanent-Synchronmaschine (E1) und die andere als Asynchronmaschine (E2) ausgebildet ist. Es wird ferner vorgeschlagen, dass die Permanent-Synchronmaschine (E1) mit einer geringeren Drehzahl als die Asynchronmaschine (E2) betrieben wird.

Anordnung zum Antrieb eines Elektrofahrzeuges und Verfahren zum Betreiben

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zum Antrieb eines Elektrofahrzeuges nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie ein Verfahren zum Betreiben der Antriebsanordnung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 17.

Durch die DE 10 2011 056 046 A1 wurde ein Antriebsstrang eines rein elektrisch antreibbaren Kraftfahrzeuges mit zwei elektrisch antreibbaren Fahrzeugachsen bekannt. Für den Antrieb des Fahrzeuges sind zwei coaxial zueinander und parallel zur Fahrzeugachse angeordnete Elektromaschinen vorgesehen, welche über ein mehrstufiges, nicht schaltbares Stirnradgetriebe ein achsseitig angeordnetes Differenzial antreiben. Die eine der beiden elektrischen Maschinen ist durch eine schaltbare Kupplung abkoppelbar, sodass entweder nur eine oder beide Maschinen für den Antrieb des Fahrzeuges eingesetzt werden können.

Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, den Antrieb eines Elektrofahrzeuges zu verbessern.

Die Erfindung umfasst die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche 1 und 17. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Nach einem ersten Aspekt der Erfindung ist bei einer Anordnung zum Antrieb eines Elektrofahrzeuges der eingangs genannten Art vorgesehen, dass eine der beiden elektrischen Maschinen als permanent erregte Synchronmaschine, auch Permanent-Synchronmaschine oder abgekürzt PSM genannt, und die andere elektrische Maschine als Asynchronmaschine, abgekürzt ASM, ausgebildet ist. Durch die Kombination der Permanent-Synchronmaschine einerseits und der Asynchronmaschine andererseits ergibt sich der Vorteil, dass der elektrische Antrieb für einen relativ breiten Drehzahlbereich mit einem optimalen Wirkungsgrad und somit mit geringeren Verlusten betrieben werden kann. Der erfindungsgemäße elektrische Antrieb verbraucht somit weniger elektrische Energie aus der im Fahrzeug mitgeführten Batterie. Bekanntlich weisen die Permanent-Synchronmaschine und die Asynchronmaschine deutliche Unterschiede auf, die beispielsweise in einem Drehmoment-/Drehzahl-

Diagramm zum Ausdruck kommen. Insbesondere unterscheiden sich die Wirkungsgradkennfelder beider Maschinen deutlich: So liegt der maximale Wirkungsgrad einer Permanent-Synchronmaschine grundsätzlich in einem Bereich geringerer Drehzahlen, beispielsweise unterhalb von 6000 Umdrehungen pro Minute, während der maximale Wirkungsgrad einer Asynchronmaschine grundsätzlich in einem Bereich höherer Drehzahlen, beispielsweise oberhalb von 6000 Umdrehungen pro Minute liegt. Dieser Effekt wird durch die Erfindung dahingehend ausgenutzt, dass die Permanent-Synchronmaschine bei geringeren Drehzahlen und die Asynchronmaschine bei höheren Drehzahlen betrieben werden, sodass beide elektrischen Maschinen jeweils in ihrem optimalen Wirkungsgradbereich arbeiten.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist das Getriebe, welches zwischen den elektrischen Maschinen und der Fahrzeugachse, auch Radachse genannt, angeordnet ist, als Summiergetriebe ausgebildet, welches zwei mit den elektrischen Maschinen verbundene Eingangswellen und eine Abtriebswelle aufweist. Die Leistungen der beiden elektrischen Maschinen fließen über die Eingangswellen in das Getriebe und summieren sich auf der Abtriebs- oder Summierwelle. Die einfachste Form eines Summiergetriebes besteht aus zwei Antriebsritzeln, welche jeweils in ein Abtriebszahnrad auf der Abtriebswelle eingreifen. Über das Summiergetriebe werden die unterschiedlichen Drehzahlen und das Drehzahlverhältnis der Permanent-Synchronmaschine und der Asynchronmaschine bestimmt.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die Eingangswellen jeweils als Vorgelegewellen ausgebildet, wobei die erste Vorgelegewelle mit der Permanent-Synchronmaschine und die zweite Vorgelegewelle mit der Asynchronmaschine drehfest verbunden sind. Durch die Vorgelegewellen ergibt sich die Möglichkeit, das Getriebe mehrstufig bzw. mehrgängig auszubilden, wobei der Abtrieb über die Abtriebswelle erfolgt.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die elektrischen Maschinen parallel zur Fahrzeugachse, d. h. mit ihren Drehachsen quer zur Fahrtrichtung angeordnet. Dadurch ergibt sich eine kompakte Bauweise. Möglich ist auch eine Anordnung der Elektromotoren in Fahrtrichtung oder schräg zur Fahrtrichtung.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Abtriebswelle parallel und versetzt (achsparell) zur Fahrzeugachse angeordnet. Dies kann bei bestimmten Einbausituationen von Vorteil sein, z. B. bei einer zusätzlichen Stirnradstufe.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Abtriebswelle des Getriebes koaxial zur Fahrzeugachse angeordnet, wobei die Abtriebswelle bevorzugt als Hohlwelle ausgebildet ist. Die beiden Vorgelegewellen sind somit achsparell angeordnet. Damit wird der Vorteil einer besonders kompakten Anordnung im Bereich der Fahrzeugachse erreicht.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Fahrzeugachse ein Differenzial auf, welches mit der Abtriebswelle verbunden ist. Damit ist eine vollständige Verbindung, d. h. ein durchgehender Antriebsstrang von den beiden elektrischen Maschinen bis zur Fahrzeugachse und den an der Achse angeordneten Rädern hergestellt.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist das Elektrofahrzeug zwei elektrisch antreibbare Fahrzeugachsen und ein Verteilergetriebe auf, welches eingangsseitig mit der Abtriebswelle des Getriebes und ausgangsseitig mit den beiden Fahrzeugachsen, also der hinteren und der vorderen verbunden ist. Damit wird ein rein elektrischer Allradantrieb möglich.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Getriebe als Schaltgetriebe ausgebildet, d. h. es sind einzelne Gänge oder unterschiedliche Drehzahlstufen zwischen den elektrischen Maschinen und der Abtriebswelle schaltbar.

Vorzugsweise sind drei oder vier Gänge schaltbar, wodurch Drehmoment und Drehzahl der beiden unterschiedlichen Elektromaschinen (PSM und ASM) optimal an die Fahrbedingungen des Fahrzeuges, z. B. Anfahren, Bergfahrt (Steigfähigkeit) und maximale Fahrgeschwindigkeit angepasst werden können. Die Zahl der Gänge kann beliebig erhöht werden.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind auf der ersten Vorgelegewelle erste Gangzahnräder, auf der zweiten Vorgelegewelle zweite Gangzahnräder und auf der Abtriebswelle dritte Gangzahnräder angeordnet, welche jeweils sowohl mit den ersten als auch mit den zweiten Gangzahnradern in Eingriff stehen. Durch das gemeinsame dritte Gangzahnrad sind alle Übersetzungsverhältnisse voneinander abhängig.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform stehen die dritten Gangzahnräder auf der Abtriebswelle teilweise nur mit den ersten Gangzahnradern auf der ersten Vorgelegewelle und teilweise nur mit den zweiten Gangzahnradern auf der zweiten Vorgelegewelle in Eingriff. Damit werden voneinander unabhängige Übersetzungsverhältnisse erreicht.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind mindestens ein erstes und ein zweites Gangzahnrad als Losräder ausgebildet. Hierbei sind die Gangzahnräder lose, d. h. drehbar auf der Vorgelegewelle gelagert und können bei Bedarf mit der Vorgelegewelle gekoppelt, d. h. drehfest verbunden werden, beispielsweise durch ein als Klauenkupplung ausgebildetes Schaltelement.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind auf der ersten und der zweiten Vorgelegewelle Schaltelemente angeordnet, welche als form- oder reibschlüssige Schaltkupplungen ausgebildet sein können, den Kraftfluss in einer Vorgelegewelle trennen oder schließen und damit die Schaltung der Gänge ermöglichen.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist zwischen der Abtriebswelle des Getriebes und dem Differenzial eine Stirnradstufe angeordnet. Damit wird eine weitere Untersetzung zwischen den Drehzahlen der elektrischen Maschinen und der Raddrehzahl ermöglicht. Je nach Anordnung von Getriebe und Differenzial kann auch eine Kegelradstufe vorteilhaft sein.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind die elektrischen Maschinen und das Getriebe in die Fahrzeugachse, welche einen Achskörper aufweist, integriert. Die Fahrzeugachse bzw. der Achskörper mit seinen sämtlichen Komponenten

ist gegenüber dem Chassis oder Fahrzeugrahmen federnd abgestützt. Die Fahrzeugachse mit dem integrierten elektrischen Antrieb wird bevorzugt für Nutzfahrzeuge verwendet.

Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist bei einem Verfahren zum Betreiben der Antriebsanordnung vorgesehen, dass die Permanent-Synchronmaschine und die Asynchronmaschine mit unterschiedlichen Drehzahlen betrieben werden, wobei die Drehzahl der Permanent-Synchronmaschine immer geringer als die Drehzahl der Asynchronmaschine ist. Damit wird den unterschiedlichen Betriebskennlinien (Drehmoment-/Drehzahl-Diagramm) und Wirkungsgradkennfeldern beider elektrischen Maschinen Rechnung getragen.

Nach einer bevorzugten Verfahrensvariante liegen die erste Drehzahl im Bereich des optimalen, vorzugsweise des maximalen Wirkungsgrades der Permanent-Synchronmaschine und die zweite Drehzahl im Bereich des optimalen, vorzugsweise des maximalen Wirkungsgrades der Asynchronmaschine. Damit arbeiten beide elektrischen Maschinen gleichzeitig in ihrem optimalen Wirkungsgradbereich, wodurch der Energiebedarf des elektrischen Antriebes reduziert wird. Abhängig von der Wahl der elektrischen Maschinen kann das Verhältnis der Drehzahlen der Asynchronmaschine und der Permanent-Synchronmaschine ca. 1,8 betragen.

Nach einer weiteren bevorzugten Verfahrensvariante sind die Gänge stufenweise schaltbar, d. h. die Gangübersetzungen zwischen erster Vorgelegewelle und Abtriebswelle sowie die Gangübersetzungen zwischen zweiter Vorgelegewelle und Abtriebswelle werden nicht gleichzeitig, sondern nacheinander geschaltet. Beispielsweise wird beim Hochschalten vom zweiten in den dritten Gang, also vom unteren in den oberen Gang zunächst nur die Permanent-Synchronmaschine hoch geschaltet, während die Asynchronmaschine bei relativ hoher Drehzahl, hoher Leistung und gutem Wirkungsgrad im zweiten Gang bleibt. Die Drehzahl der Permanent-Synchronmaschine (im dritten Gang) ist dagegen relativ niedrig – bei hoher Leistung und gutem Wirkungsgrad. Durch das stufenweise Schalten wird auch eine Zugkraftunterbrechung vermieden.

Nach einer weiteren bevorzugten Verfahrensvariante kann eine der beiden elektrischen Maschinen, also entweder die Permanent-Synchronmaschine oder die Asynchronmaschine während des Betriebes im Fahrzeug bei optimalem Wirkungsgrad und die andere elektrische Maschine bei nicht optimalem Wirkungsgrad betrieben werden. In diesem Fall wird bei der elektrischen Maschine mit dem besseren Wirkungsgrad die Haupt- oder Primärleistung abgerufen, während die elektrische Maschine mit dem aktuell schlechteren Wirkungsgrad die noch fehlende Leistung, die Sekundärleistung, beisteuert. Damit wird eine weitere Energieeinsparung erreicht.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben, wobei sich aus der Beschreibung und/oder der Zeichnung weitere Merkmale und/oder Vorteile ergeben können. Es zeigen

- Fig. 1 eine Fahrzeugachse mit einem elektrischen Antrieb durch zwei E-Motoren und ein Drei-Gang-Schaltgetriebe,
- Fig. 2 das Schaltgetriebe gemäß Fig. 1 im ersten/zweiten Gang,
- Fig. 3 das Schaltgetriebe im zweiten Gang,
- Fig. 4 das Schaltgetriebe im zweiten/dritten Gang,
- Fig. 5 das Schaltgetriebe im dritten Gang,
- Fig. 6 das Schaltgetriebe in einer Anordnung koaxial zur Fahrzeugachse,
- Fig. 7 einen elektrischen Antrieb mit Schalt- und Verteilergetriebe für zwei Fahrzeugachsen,
- Fig. 8 einen elektrischen Antrieb mit Schalt- und Verteilergetriebe in koaxialer Anordnung für zwei Fahrzeugachsen,
- Fig. 9 eine Fahrzeugachse mit einem elektrischen Antrieb durch zwei E-Motoren und ein Vier-Gang-Schaltgetriebe in achspareller Anordnung,
- Fig. 10 das Schaltgetriebe gemäß Fig. 9 im zweiten/dritten Gang,
- Fig. 11 das Schaltgetriebe im dritten/vierten Gang,
- Fig. 12 das Schaltgetriebe im vierten Gang,
- Fig. 13 einen elektrischen Antrieb mit zwei E-Motoren und Schaltgetriebe in koaxialer Anordnung zur Fahrzeugachse,

- Fig. 14 einen elektrischen Antrieb für zwei Fahrzeugachsen durch zwei E-Motoren mit Vier-Gang-Schaltgetriebe und Verteilergetriebe in achspareller Anordnung und
- Fig. 15 den elektrischen Antrieb gemäß Fig. 14, jedoch in koaxialer Anordnung von Schalt- und Verteilergetriebe.

Fig. 1 zeigt eine Fahrzeugachse 1 mit einem elektrischen Antrieb 2, welcher zwei Elektromotoren E1, E2, ein schaltbares Summiergetriebe 3 sowie ein Achsdifferenzial 4, auch Querdifferenzial oder kurz Differenzial 4 genannt, umfasst. Die Fahrzeugachse 1, welche Antriebsräder 5, 6 aufweist, ist vereinfacht dargestellt; sie umfasst einen nicht dargestellten Achskörper, in welchen der elektrische Antrieb 2 integriert ist. Die Fahrzeugachse 1 ist – was nicht dargestellt ist – federnd gegenüber einem Fahrzeugrahmen, auch Chassis genannt, abgestützt, wobei das Fahrzeug vorzugsweise als Nutzfahrzeug ausgebildet ist. Die beiden elektrischen Maschinen E1, E2 sind unterschiedlich ausgebildet: die erste elektrische Maschine E1 ist als permanent erregte Synchronmaschine E1, auch kurz Permanent-Synchronmaschine E1 genannt, abgekürzt PSM, ausgebildet, während die zweite elektrische Maschine E2 als Asynchronmaschine E2, abgekürzt ASM, ausgebildet ist. Beide elektrischen Maschinen E1, E2 sind für den Antrieb als Elektromotoren und im Schub- oder Bremsbetrieb als Generatoren zur Rekuperation von Bremsenergie betreibbar. Die Permanent-Synchronmaschine E1 weist – wie aus dem Stand der Technik bekannt – Permanentmagnete auf, welche im Rotor (Innenläufer) zur Erzeugung eines permanenten Erregerfeldes angeordnet sind. Außenläufer-Bauweisen sind ebenfalls möglich. Die Asynchronmaschine E2 ist ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt und wird – ebenso wie die Permanent-Synchronmaschine – bereits vielfach für den Antrieb von Elektrofahrzeugen eingesetzt. Die Permanent-Synchronmaschine E1 und die Asynchronmaschine E2 unterscheiden sich insbesondere durch ihre Wirkungsgradfelder, wobei der Bereich des maximalen Wirkungsgrades der Permanent-Synchronmaschine E1 grundsätzlich bei relativ geringen Drehzahlen liegt, während der Bereich des maximalen Wirkungsgrades der Asynchronmaschine E2 grundsätzlich bei höheren Drehzahlen liegt. Beispielsweise liegt der maximale Wirkungsgrad der Permanent-Synchronmaschine E1 in einem Drehzahlbereich von etwa 4000 bis 6000 Umdrehungen pro Minute, während der maximale Wirkungsgrad der Asyn-

chronmaschine E2 beispielsweise oberhalb einer Drehzahl von ca. 6000 Umdrehungen pro Minute liegt und sich über ein relativ breites Drehzahlband, d. h. bis etwa 12000 Umdrehungen pro Minute und mehr erstreckt. Der Wirkungsgrad der Permanent-Synchronmaschine E1 liegt grundsätzlich etwas höher, beispielsweise bei 93 %, gegenüber einem Wirkungsgrad von etwa 90 % der Asynchronmaschine E2. Dieser Effekt der unterschiedlichen Wirkungsgradkennfelder wird für den erfindungsgemäßen elektrischen Antrieb durch den Parallelbetrieb von zwei unterschiedlichen elektrischen Maschinen (PSM und ASM), im Folgenden auch kurz Elektromotoren E1, E2 genannt, ausgenutzt.

Das Summiergetriebe 3 ist in einer bevorzugten Ausführungsform als schaltbares Vorgelegegetriebe 3 ausgebildet, d. h., es weist eine erste, mit dem ersten Elektromotor E1 drehfest verbundene Vorgelegewelle VGW1 sowie eine zweite, mit dem zweiten Elektromotor E2 verbundene Vorgelegewelle VGW2 sowie eine Summier- oder Abtriebswelle AW auf. Auf der ersten Vorgelegewelle VGW1 sind drei Zahnräder Z1, Z2, Z3, auch erste Gangzahnräder Z1, Z2, Z3 genannt, auf der zweiten Vorgelegewelle VGW2 drei Zahnräder Z4, Z5, Z6, auch zweite Gangzahnräder Z4, Z5, Z6 genannt, und auf der Abtriebswelle AW drei Zahnräder Z7, Z8, Z9, auch dritte Gangzahnräder Z7, Z8, Z9 genannt, teilweise drehfest und teilweise als Losräder angeordnet. Auf der ersten Vorgelegewelle VGW1 sind ferner drei Kupplungen, K1, K2, K3 und auf der zweiten Vorgelegewelle VGW2 weitere drei Kupplungen K4, K5, K6 angeordnet, welche als reib- oder kraftschlüssige, schaltbare Kupplungen ausgebildet sein können. Die Zahnräder Z1, Z4 stehen beide mit dem Zahnrad Z7, die Zahnräder Z2, Z5 stehen beide mit dem Zahnrad Z8, und die Zahnräder Z3, Z6 stehen beide mit dem Zahnrad Z9 in Eingriff. Aufgrund dieser Anordnung können mit dem Summiergetriebe 3 insgesamt drei Gänge geschaltet werden, welche im Folgenden beschrieben werden:

Beim ersten Gang, welcher in der Zeichnung durch eine fette, durchgezogene Linie dargestellt ist, verläuft der Kraftfluss (Primärkraftfluss) von der ersten elektrischen Maschine, der Permanent-Synchronmaschine E1, über die erste Vorgelegewelle VGW1 und die Zahnradstufe oder Zahnradpaarung Z3/Z9 in die Abtriebswelle AW, während die Leistung des zweiten Elektromotors, der Asynchronmaschine E2, über

die zweite Vorgelegewelle VGW2 und die Zahnradstufe Z6/Z9 als Sekundärkraftfluss in die Abtriebswelle AW fließt. Die Leistungen beider Elektromotoren E1, E2 werden also durch Eingriff mit demselben Zahnrad Z9 auf der Abtriebswelle AW summiert und anschließend über eine Stirnradstufe 7 dem Differenzial 4, welches als Kegeldifferenzial 4 ausgebildet ist, zugeführt.

Aufgrund der oben erwähnten unterschiedlichen Wirkungsgradkennfelder der Permanent-Synchronmaschine E1 und der Asynchronmaschine E2 wird die Permanent-Synchronmaschine E1 ständig mit einer geringeren Drehzahl und die Asynchronmaschine E2 mit einer höheren Drehzahl betrieben, sodass jede der beiden elektrischen Maschinen E1, E2 oder zumindest eine im optimalen Wirkungsgradbereich arbeitet. Durch das Summiergetriebe 3 wird das Drehzahlverhältnis der beiden elektrischen Maschinen E1, E2 bestimmt. Je nach Wahl der Permanent-Synchronmaschine und der Asynchronmaschine kann das Drehzahlverhältnis z. B. bei ca. 1,8 liegen.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 laufen beide Elektromotoren E1, E2 im ersten Gang, wobei die Permanent-Synchronmaschine E1 mit der geringeren Drehzahl und dem besseren Wirkungsgrad gegenüber der Asynchronmaschine E2 arbeitet. Die für den Antrieb an der Fahrzeugachse benötigte Gesamtleistung setzt sich aus den beiden Leistungsströmen über die erste und die zweite Vorgelegewelle VGW1, VGW2 zusammen, wobei die Permanent-Synchronmaschine E1 hier die Haupt- oder Primärleistung und die Asynchronmaschine E2 die für die Gesamtleitung fehlende Differenzleistung, auch Sekundärleistung oder im folgenden Sekundärkraftfluss genannt, liefern. Die Maschine mit dem jeweils schlechteren Wirkungsgrad steuert also die geringere Leistung, den Sekundärkraftfluss, bei, worauf im Folgenden jeweils hingewiesen wird.

Abweichend von der Zeichnung kann das Summiergetriebe in seiner einfachsten Form auch einstufig ausgebildet sein, d. h. beschränkt auf die beiden Zahnradstufen Z1/Z9 und Z4/Z9, wobei das Zahnrad Z9 auf der Abtriebswelle angeordnet ist.

Fig. 2 zeigt den gleichen elektrischen Antrieb 2, wie in Fig. 1 dargestellt, jedoch mit einer ersten Schaltungsvariante mit der Bezeichnung „erster/zweiter Gang“, darge-

stellt durch eine fette, durchgehende Linie für den zweiten Gang. Der erste Gang, dargestellt wie in Fig. 1, bleibt zunächst eingelegt, d. h. der Kraftfluss (Sekundärkraftfluss) läuft über die Zahnradpaarung Z6/Z9 in die Abtriebswelle AW. Der zweite Gang für die Permanent-Synchronmaschine E1 läuft über die Zahnradpaarung Z2/Z8 in die Abtriebswelle AW. Damit läuft die Asynchronmaschine E2 mit höherer Drehzahl bei einem guten Wirkungsgrad und mit hoher Leistung, während die Permanent-Synchronmaschine E1 mit niedrigerer Drehzahl in einem sehr guten Wirkungsgradbereich läuft. Durch die Schaltungsvariante „erster/zweiter Gang“ wird eine Zugkraftunterbrechung vermieden, weil während der Schaltung des zweiten Ganges für die erste elektrische Maschine E1 (PSM) der Kraftfluss der zweiten elektrischen Maschine E2 (ASM) im ersten Gang erhalten bleibt.

Fig. 3 zeigt eine weitere Schaltungsvariante „zweiter Gang“ für den elektrischen Antrieb 2, insbesondere das Summiergetriebe 3. Der zweite Gang läuft – wie auch in Fig. 2 dargestellt – von der ersten elektrischen Maschine E1 über die Zahnradpaarung Z2/Z8 in die Abtriebswelle AW. Der Kraftfluss (Sekundärkraftfluss) von der zweiten elektrischen Maschine E2 verläuft im zweiten Gang über die Zahnradpaarung Z5/Z8.

Fig. 4 zeigt eine weitere Schaltungsvariante „zweiter/dritter Gang“, d. h. wiederum eine Stufenschaltung, bei welcher der zweite Gang für die zweite elektrische Maschine E2, die Asynchronmaschine, eingelegt bleibt, während der dritte Gang für die erste elektrische Maschine E1, die Permanent-Synchronmaschine, bereits eingelegt ist. Der Kraftfluss des dritten Ganges, dargestellt durch eine fette, durchgehende Linie, läuft über die Zahnradpaarung Z1/Z7 auf die Abtriebswelle AW. Der zweite Gang der zweiten elektrischen Maschine E2, der Asynchronmaschine, läuft, wie auch in Fig. 3 dargestellt, als Sekundärkraftfluss über die Zahnradpaarung Z5/Z8. Somit bleibt auch beim Hochschalten vom zweiten in den dritten Gang der Kraftfluss erhalten, eine Zugkraftunterbrechung wird vermieden.

Fig. 5 zeigt eine weitere Schaltungsvariante für das Summiergetriebe 3, nämlich den dritten Gang für die Permanent-Synchronmaschine E1 und die Asynchronmaschine E2: Der Kraftfluss verläuft einerseits über die Zahnradpaarung Z1/Z7 und anderer-

seits als Sekundärkraftfluss über die Zahnradpaarung Z4/Z7 auf die Summier- und Abtriebswelle AW.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, nämlich einen elektrischen Antrieb 12 mit einem Summiergetriebe 13, welches koaxial zu einer Fahrzeugachse 11 angeordnet ist und im Aufbau dem Summiergetriebe 3 (Fig. 1 - 4) entspricht. Die beiden Vorgelegewellen VGW1, VGW2, welche jeweils mit der Permanent-Synchronmaschine E1 bzw. der Asynchronmaschine E2 verbunden sind, sind parallel zur Fahrzeugachse 11 angeordnet, während die Abtriebswelle AW als Hohlwelle ausgebildet und koaxial zur Fahrzeugachse 11 angeordnet ist. Die Hohlwelle AW ist mit einem Steg 14a des Differenzials 14 verbunden, welches einerseits einen rechten Achsabschnitt 11a und andererseits einen linken Achsabschnitt 11a, welcher durch die Hohlwelle AW geführt ist, antreibt. Diese koaxiale Bauweise ist besonders raumsparend und kompakt.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung, nämlich einen elektrischen Antrieb 22 für ein Elektrofahrzeug mit zwei elektrisch antreibbaren Fahrzeugachsen 21a, 21b. Der elektrische Antrieb 22 umfasst ein Summiergetriebe 23, welches von einer Permanent-Synchronmaschine E1 und einer Asynchronmaschine E2 angetrieben wird und über die Abtriebswelle AW und eine Stirnradstufe 27 ein Längsdifferenzial 24, auch Verteilergetriebe 24 genannt, antreibt. Das Verteilergetriebe 24 ist als Planetengetriebe ausgebildet, dessen Steg über die Stirnradstufe 27 angetrieben wird, dessen Sonnenrad über eine erste Antriebswelle 25a die erste Fahrzeugachse 21a und dessen Hohlrade über eine zweite Antriebswelle 25b die zweite Fahrzeugachse 21b antreiben. Das Summiergetriebe 23, welches im Aufbau dem Summiergetriebe 3 (Fig. 1 – 4) entspricht, ist achsparallel versetzt zu den beiden Antriebswellen 25a, 25b angeordnet.

Fig. 8 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung einen elektrischen Antrieb 32 für zwei Fahrzeugachsen 31a, 31b mit Summiergetriebe 33, welches über die Abtriebswelle AW ein Längsdifferenzial 34 oder Verteilergetriebe 34 antreibt. Dabei ist die Abtriebswelle AW als Hohlwelle ausgebildet und treibt den Steg des als Planetengetriebe ausgebildeten Verteilergetriebes 34 an. Über das Sonnenrad wird über

eine Antriebswelle 35a die erste Fahrzeugachse 31a, und über das Hohlrad des Planetengetriebes 34 wird über eine weitere Antriebswelle 35b die zweite Fahrzeugachse 31b angetrieben. Die Abtriebswelle AW des Summiergetriebes 33 ist koaxial zum Verteilergetriebe 34 und den beiden Antriebswellen 35a, 35b angeordnet, wodurch sich eine kompakte Bauweise ergibt.

Fig. 9 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung einen elektrischen Antrieb 42 mit einem zur Fahrzeugachse 41 achsparallel versetzt angeordneten Summiergetriebe 43, welches über eine Stirnradstufe 47 ein Querdifferenzial 47 zum Antrieb der Antriebsräder 45, 46 antreibt. Das Summiergetriebe 43 weist zwei Vorgelegewellen VGW1, VGW2, welche von einer Permanent-Synchronmaschine E1 und von einer Asynchronmaschine E2 angetrieben werden, sowie eine Abtriebswelle AW auf. Auf der ersten Vorgelegewelle VGW1 sind drei Zahnräder Z11, Z12, Z13, auch Gangzahnräder Z11, Z12, Z13 genannt, sowie drei Kupplungen K1, K4, K5 angeordnet. Auf der zweiten Vorgelegewelle VGW2 sind zwei Zahnräder Z14, Z15, auch zweite Gangzahnräder Z14, Z15 genannt, angeordnet. Auf der Abtriebswelle AW sind vier Zahnräder Z16, Z17, Z18, Z19 angeordnet (ohne das Zahnrad der Stirnradstufe 47). Auf der zweiten Vorgelegewelle VGW2 sind zwei Kupplungen K2, K3 angeordnet. Mit dem als Schaltgetriebe ausgebildeten Summiergetriebe 43 sind insgesamt vier Gänge (ohne Zwischengänge) schaltbar, von denen in Fig. 9 eine erste Schaltungsvariante „erster Gang (E1)/ zweiter Gang (E2)“ als durchgezogene, fette Linie dargestellt ist. Der Kraftfluss im ersten Gang verläuft somit von der Permanent-Synchronmaschine E1 über die erste Vorgelegewelle VGW1 und die Zahnradpaarung Z12/Z17 auf die Abtriebswelle AW, während gleichzeitig der Kraftfluss (Sekundärfluss) von der Asynchronmaschine E2 über die zweite Vorgelegewelle VGW2 und die Zahnradpaarung Z15/Z18 auf die Abtriebswelle AW verläuft. Von der Abtriebswelle AW erfolgt der Kraftfluss über die Stirnradstufe 47 in das Querdifferenzial 44, ausgebildet als Kegelraddifferenzial 44, und über die Fahrzeugachse 41 auf die Antriebsräder 45, 46 des Fahrzeuges. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 bis 4 kämmen die dritten Gangzahnräder Z16, Z17, Z18, Z19 auf der Abtriebswelle AW hier nicht jeweils mit den ersten und zweiten Gangzahnradern, sondern einerseits mit den ersten Gangzahnradern entsprechend den Zahnradpaarungen Z12/Z17 und Z13/Z19 und andererseits mit dem zweiten Gangzahnrad Z15 auf

der zweiten Vorgelegewelle VGW2 entsprechend der Zahnradpaarung Z15/Z18. Durch diese Anordnung der Gangzahnräder ergeben sich voneinander unabhängige Übersetzungsverhältnisse.

Fig. 10 zeigt den ersten Elektromotor E1 im dritten Gang, wobei der Kraftfluss (Sekundärkraftfluss) über die Zahnradpaarung Z13/Z19 erfolgt, und den zweiten Elektromotor E2 im zweiten Gang, wobei der Kraftfluss über die Zahnradpaarung Z15/Z18 erfolgt. Die Gänge für den ersten Elektromotor E1 und den zweiten Elektromotor E2 lassen sich – wie auch oben zum ersten Ausführungsbeispiel erläutert – stufenweise, d. h. hintereinander schalten, sodass keine Zugkraftunterbrechung an der Abtriebswelle AW erfolgt.

Fig. 11 zeigt den Elektromotor E1 im dritten Gang, wobei der Kraftfluss über die Zahnradpaarung Z13/Z19 erfolgt, und den Elektromotor E2 im vierten Gang, wobei der Kraftfluss (Sekundärkraftfluss) über die Zahnradpaarung Z14/Z16 auf die Abtriebswelle AW erfolgt. Ausgehend von der Schaltung gemäß Fig. 10, wurde also der dritte Gang (Z13/Z19) für den Elektromotor E1 gehalten, während nur die Schaltung für den zweiten Elektromotor E2 in den vierten Gang (Z14/Z16) erfolgte. Auch hierbei wurde die Zugkraft an der Abtriebswelle AW während der Schaltung nicht unterbrochen.

Fig. 12 zeigt den elektrischen Antrieb 42 im vierten Gang für beide Elektromotoren E1, E2, wobei der Kraftfluss von der ersten Vorgelegewelle VGW1 über die Zahnradpaarung Z11/Z16 und von der zweiten Vorgelegewelle VGW2 über die Zahnradpaarung Z14/Z16 auf die Abtriebswelle AW erfolgen.

Fig. 13 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung einen elektrischen Antrieb 52 für eine Fahrzeugachse 51, wobei das Summiergetriebe 53 für die beiden Elektromotoren E1, E2 coaxial zur Fahrzeugachse 51 angeordnet ist. Die Abtriebswelle AW des Summiergetriebes 53 ist als Hohlwelle ausgebildet und treibt einen Steg des Kegelraddifferenzials 54 an, welches über die beiden Antriebswellen 51a, 51b die Antriebsräder 55, 56 antreibt.

Fig. 14 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung einen elektrischen Antrieb 62 mit Summiergetriebe 63, einem Verteilergetriebe 64, auch Längsdifferenzial 64 genannt, für zwei elektrisch antreibbare Fahrzeugachsen 61a, 61b. Die Abtriebswelle AW des Summiergetriebes 63 ist über eine Stirnradstufe 67 mit dem Steg des als Planetengetriebe ausgebildeten Verteilergetriebes 64 verbunden. Der Abtrieb aus dem Verteilergetriebe 64 erfolgt einerseits über die Sonnenwelle auf eine erste Antriebswelle 65a zum Antrieb der ersten Fahrzeugachse 61a und andererseits über die Hohlradwelle auf eine zweite Antriebswelle 65b zum Antrieb der zweiten Fahrzeugachse 61b.

Fig. 15 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung einen elektrischen Antrieb 72 mit einem Summiergetriebe 73, welches mit einem als Planetengetriebe ausgebildeten Längsdifferenzial 74 verbunden und coaxial zu diesem angeordnet ist. Die Abtriebswelle AW des Summiergetriebes 73 ist als Hohlwelle ausgebildet und treibt den Steg des Planetengetriebes 74 an. Der Abtrieb aus dem Planetengetriebe 74 erfolgt über eine erste Antriebswelle 75a, durch die Hohlwelle AW hindurch, auf die erste Fahrzeugachse 71a, während der Antrieb der zweiten Fahrzeugachse 71b über die Antriebswelle 75b erfolgt. Die coaxiale Bauweise von Abtriebswelle AW und Verteilergetriebe 74 mit den Verteiler- oder Antriebswellen 75a, 75b ergibt eine kompakte Bauweise für einen rein elektrischen Zweiachs- oder Vierradantrieb.

Bezugszeichen

|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| 1   | Fahrzeugachse                       |
| 2   | elektrischer Antrieb                |
| 3   | Summiergetriebe                     |
| 4   | Differenzial                        |
| 5   | Antriebsräder                       |
| 6   | Antriebsräder                       |
| 7   | Stirnradstufe                       |
| 11  | Fahrzeugachse                       |
| 12  | elektrischer Antrieb                |
| 13  | Summiergetriebe                     |
| 14  | Differenzial                        |
| 21a | erste Fahrzeugachse                 |
| 21b | zweite Fahrzeugachse                |
| 22  | elektrischer Antrieb                |
| 23  | Summiergetriebe                     |
| 24  | Längsdifferenzial/Verteilergetriebe |
| 25a | Antriebswelle                       |
| 25b | Antriebswelle                       |
| 27  | Stirnradstufe                       |
| 31a | erste Fahrzeugachse                 |
| 31b | zweite Fahrzeugachse                |
| 32  | elektrischer Antrieb                |
| 33  | Summiergetriebe                     |
| 34  | Verteilergetriebe                   |
| 35a | Antriebswelle                       |
| 35b | Antriebswelle                       |
| 41  | Fahrzeugachse                       |
| 42  | elektrischer Antrieb                |
| 43  | Summiergetriebe                     |
| 44  | Differenzial                        |
| 45  | Antriebsräder                       |

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| 46         | Antriebsräder                       |
| 47         | Stirnradstufe                       |
| 51         | Fahrzeugachse                       |
| 51a        | erster Achsabschnitt                |
| 51b        | zweiter Achsabschnitt               |
| 52         | elektrischer Antrieb                |
| 53         | Summiergetriebe                     |
| 54         | Kegelraddifferenzial                |
| 55         | Antriebsräder                       |
| 56         | Antriebsräder                       |
| 61a        | erste Fahrzeugachse                 |
| 61b        | zweite Fahrzeugachse                |
| 62         | elektrischer Antrieb                |
| 63         | Summiergetriebe                     |
| 64         | Längsdifferenzial/Verteilergetriebe |
| 65a        | Antriebswelle                       |
| 65b        | Antriebswelle                       |
| 67         | Stirnradstufe                       |
| 71a        | erste Fahrzeugachse                 |
| 71b        | zweite Fahrzeugachse                |
| 72         | elektrischer Antrieb                |
| 73         | Summiergetriebe                     |
| 74         | Verteilergetriebe                   |
| 75a        | Antriebswelle                       |
| 75b        | Antriebswelle                       |
| AW         | Abtriebswelle                       |
| E1         | erster Elektromotor (PSM)           |
| E2         | zweiter Elektromotor (ASM)          |
| K1 – K6    | erste bis sechste Kupplung          |
| VGW1       | erste Vorgelegewelle                |
| VGW2       | zweite Vorgelegewelle               |
| Z1, Z2, Z3 | erste Gangzahnräder                 |

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| Z4, Z5, Z6    | zweite Gangzahnräder |
| Z7, Z8, Z9    | dritte Gangzahnräder |
| Z11, Z12, Z13 | erste Gangzahnräder  |
| Z14, Z15      | zweite Gangzahnräder |
| Z16 – Z19     | dritte Gangzahnräder |

### Patentansprüche

1. Anordnung zum Antrieb eines Elektrofahrzeuges, umfassend

- mindestens eine elektrisch antreibbare Fahrzeugachse (1, 11, 21a, 21b, 31a, 31b, 41, 51, 61a, 61b, 71a, 71b),
- zwei elektrische Maschinen (E1, E2) zum Antrieb der mindestens einen Fahrzeugachse (1, 11, 21a, 21b, 31a, 31b, 41, 51, 61a, 61b, 71a, 71b),
- ein zwischen den elektrischen Maschinen (E1, E2) und der mindestens einen Fahrzeugachse (1, 11, 21a, 21b, 31a, 31b, 41, 51, 61a, 61b, 71a, 71b) angeordnetes Getriebe (3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73),

dadurch gekennzeichnet, dass eine der beiden elektrischen Maschinen (E1, E2) als permanent erregte Synchronmaschine (E1) und die andere als Asynchronmaschine (E2) ausgebildet ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe als Summiergetriebe (3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73) ausgebildet ist und zwei Eingangswellen und eine Abtriebswelle (AW) aufweist.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangswellen als eine erste und eine zweite Vorgelegewelle (VGW1, VGW2) ausgebildet sind, wobei die erste Vorgelegewelle (VGW1) mit der permanent erregten Synchronmaschine (E1) und die zweite Vorgelegewelle (VGW2) mit der Asynchronmaschine (E2) verbunden sind.

4. Anordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Maschinen (E1, E2) parallel zur Fahrzeugachse (1, 11, 41, 51) angeordnet sind.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtriebswelle (AW) parallel zur Fahrzeugachse (1, 11, 41, 51) angeordnet ist.

6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtriebswelle (AW) koaxial zur Fahrzeugachse (11, 51) angeordnet ist.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Fahrzeugachse (1, 11, 41, 51) ein Differenzial (4, 14, 44, 54) aufweist und dass die Abtriebswelle (AW) direkt oder mittelbar mit dem Differenzial (4, 14, 44, 54) verbunden ist.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, gekennzeichnet durch zwei elektrisch antreibbare Fahrzeugachsen (21a, 21b, 31a, 31b, 61a, 61b, 71a, 71b) und ein Verteilergetriebe (24, 34, 64, 74), welches eingangsseitig mit der Abtriebswelle (AW) und ausgangsseitig mit den beiden Fahrzeugachsen (21a, 21b, 31a, 31b, 61a, 61b, 71a, 71b) verbunden ist.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Getriebe als Schaltgetriebe (3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73) ausgebildet ist.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Gang für die erste und die zweite elektrische Maschine (E1, E2) schaltbar ist.

11. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass auf der ersten Vorgelegewelle (VGW1) erste Gangzahnräder (Z1, Z2, Z3), auf der zweiten Vorgelegewelle (VGW2) zweite Gangzahnräder (Z4, Z5, Z6) und auf der Abtriebswelle (AW) dritte Gangzahnräder (Z7, Z8, Z9) angeordnet sind, wobei die ersten Gangzahnräder (Z1, Z2, Z3) und die zweiten Gangzahnräder (Z4, Z5, Z6) jeweils mit den dritten Gangzahnradern (Z7, Z8, Z9) in Eingriff stehen.

12. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass auf der ersten Vorgelegewelle (VGW1) erste Gangzahnräder (Z11, Z12, Z13), auf der zweiten Vorgelegewelle (VGW2) zweite Gangzahnräder (Z14, Z15) und auf der Abtriebswelle (AW) dritte Gangzahnräder (Z16, Z17, Z18, Z19) angeordnet sind, wobei die dritten Gangzahnräder (Z17, Z19) mit den ersten Gangzahnradern (Z12, Z13) und das dritte Gangzahnrad (Z18) mit dem zweiten Gangzahnrad (Z15) in Eingriff stehen.

13. Anordnung nach Anspruch 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein erstes und ein zweites Gangzahnrad (Z1, Z4, Z11, Z14) als Losräder ausgebildet sind.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass auf der ersten und der zweiten Vorgelegewelle (VGW1, VGW2) Schaltelemente (K1 bis K6) angeordnet sind.

15. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Abtriebswelle (AW) des Getriebes (3, 43) und dem Differenzial (4, 44) eine Stirnradstufe (7, 47) angeordnet ist.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden elektrischen Maschinen (E1, E2) und das Getriebe (3, 13, 43, 53) in die Fahrzeugachse (1, 11, 41, 51) integriert sind.

17. Verfahren zum Betreiben der Antriebsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die permanent erregte Synchronmaschine (E1) mit einer ersten Drehzahl ( $n_1$ ) und die Asynchronmaschine (E2) mit einer zweiten Drehzahl ( $n_2$ ) betrieben werden, wobei die erste Drehzahl kleiner als die zweite Drehzahl ist ( $n_1 < n_2$ ).

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Drehzahl ( $n_1$ ) im Bereich des optimalen, vorzugsweise des maximalen Wirkungsgrades der permanent erregten Synchronmaschine (E1) und die zweite Drehzahl ( $n_2$ ) im Bereich des optimalen, vorzugsweise des maximalen Wirkungsgrades der Asynchronmaschine (E2) liegt.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die einzelnen Gänge stufenweise schaltbar sind, wobei beim Hochschalten die Asynchronmaschine (E2) im unteren Gang; d. h. bei relativ hoher Drehzahl verbleibt, während die permanent erregte Synchronmaschine (E1) in den höheren Gang schaltet und mit relativ niedriger Drehzahl läuft.

20. Verfahren nach Anspruch 17, 18, oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass diejenige elektrische Maschine (E1 oder E2), welche aktuell mit dem optimalen Wirkungsgrad betrieben wird, die maximale Leistung (Primärleistung) liefert, während die jeweils andere elektrische Maschine (E2 oder E1), die nicht mit dem optimalen Wirkungsgrad betrieben wird, die restliche, für den Antrieb des Fahrzeuges erforderliche Leistung (Sekundärleistung) erbringt.

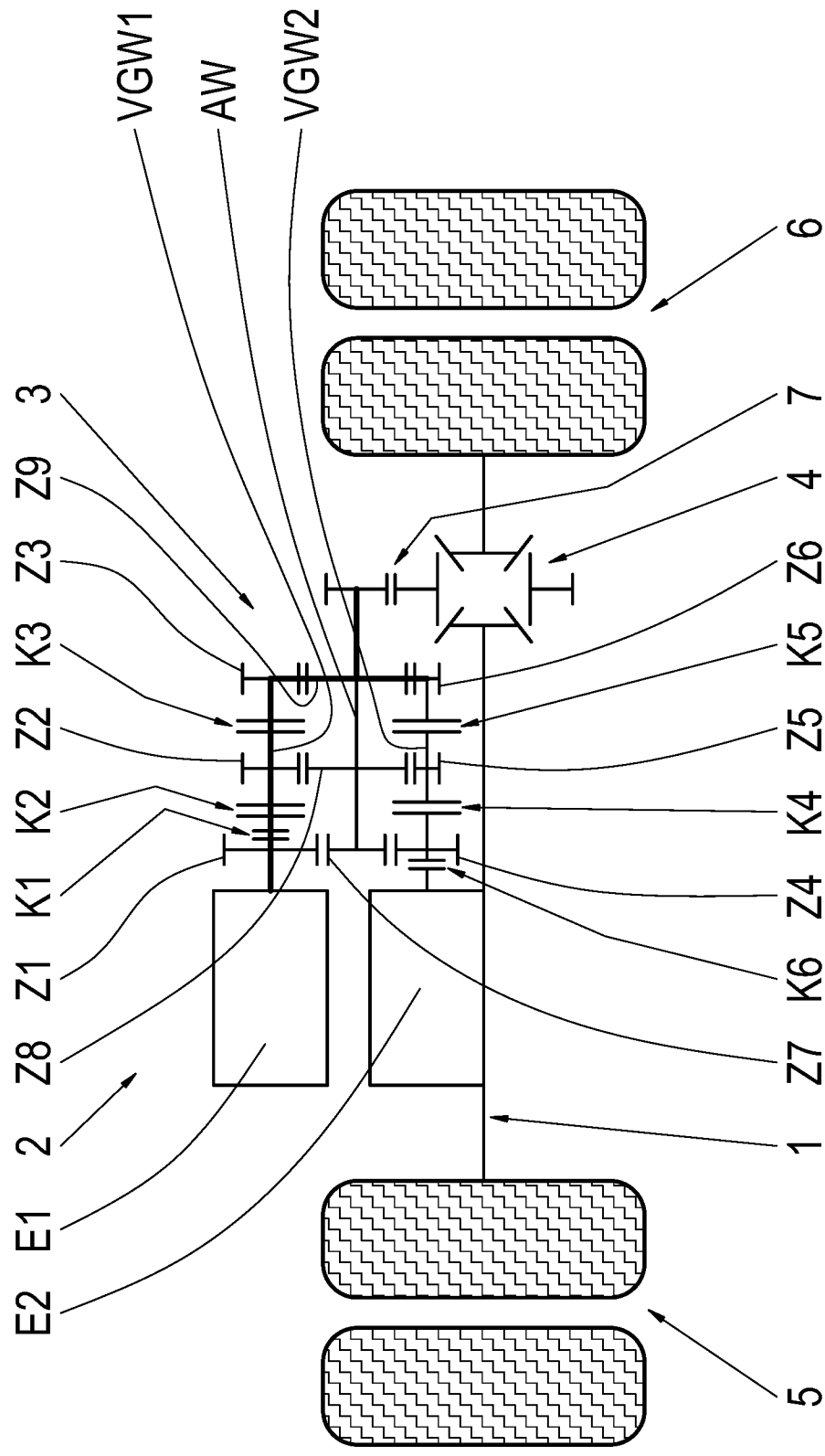


Fig. 1

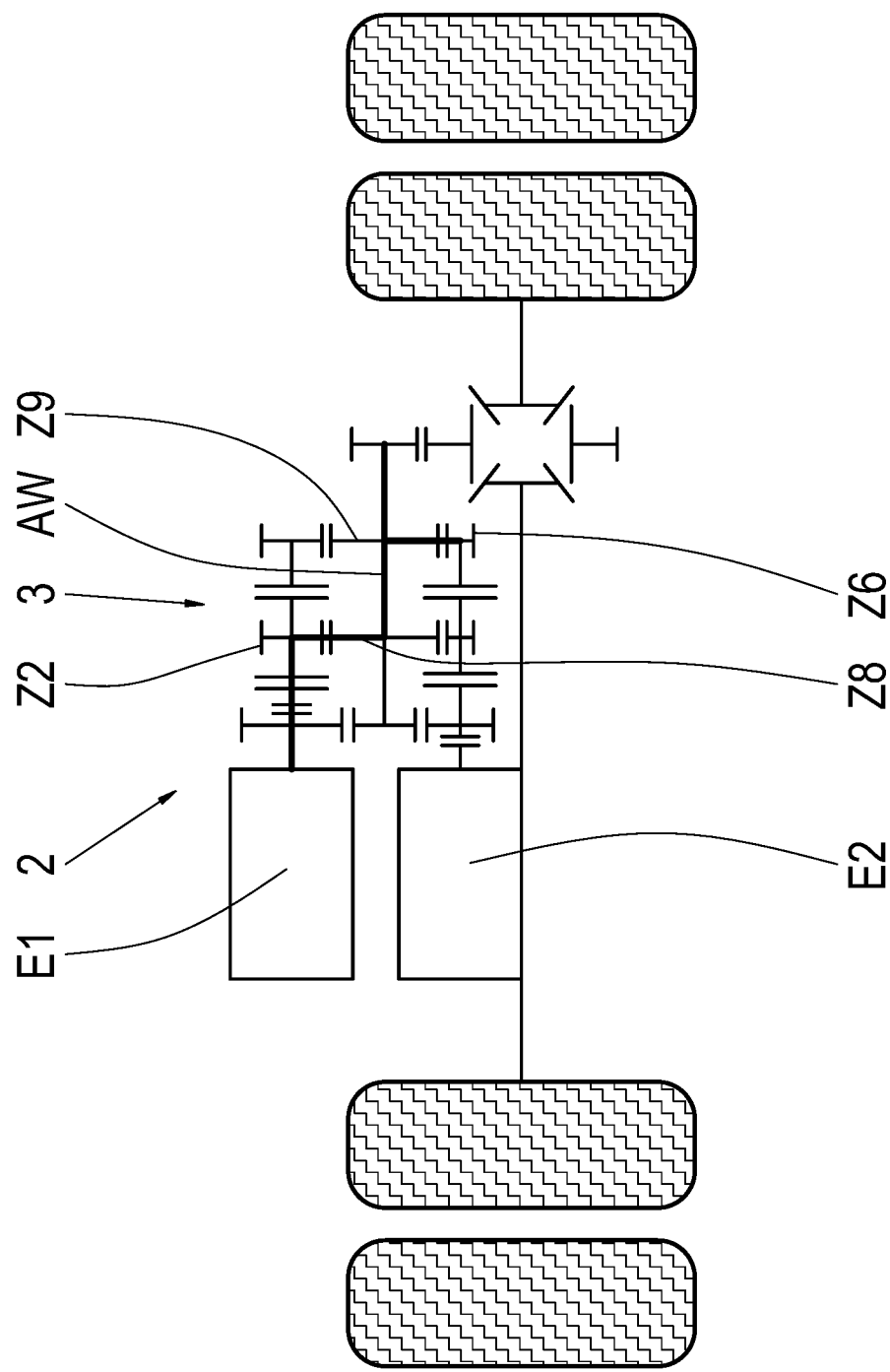


Fig. 2

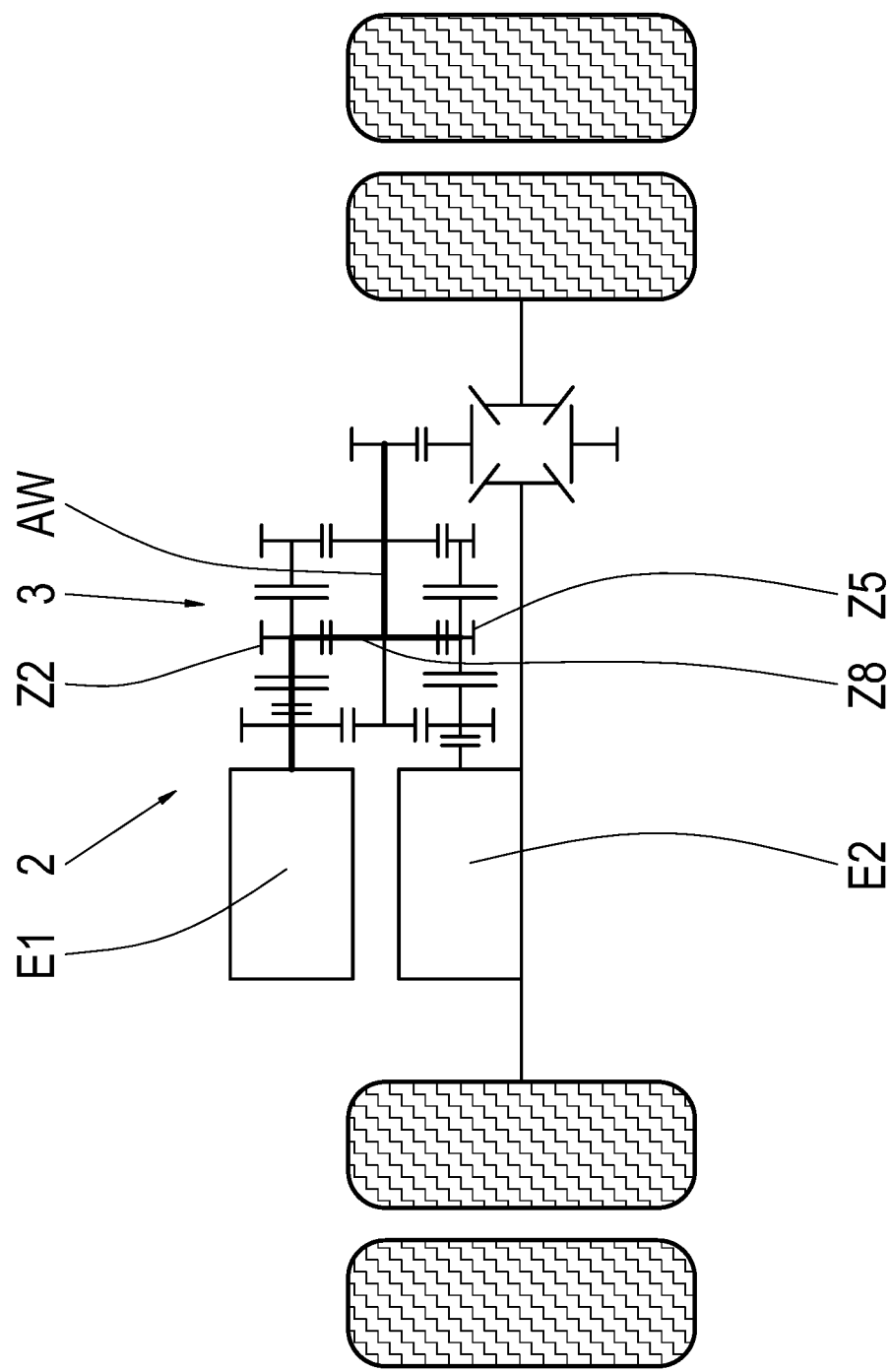


Fig. 3

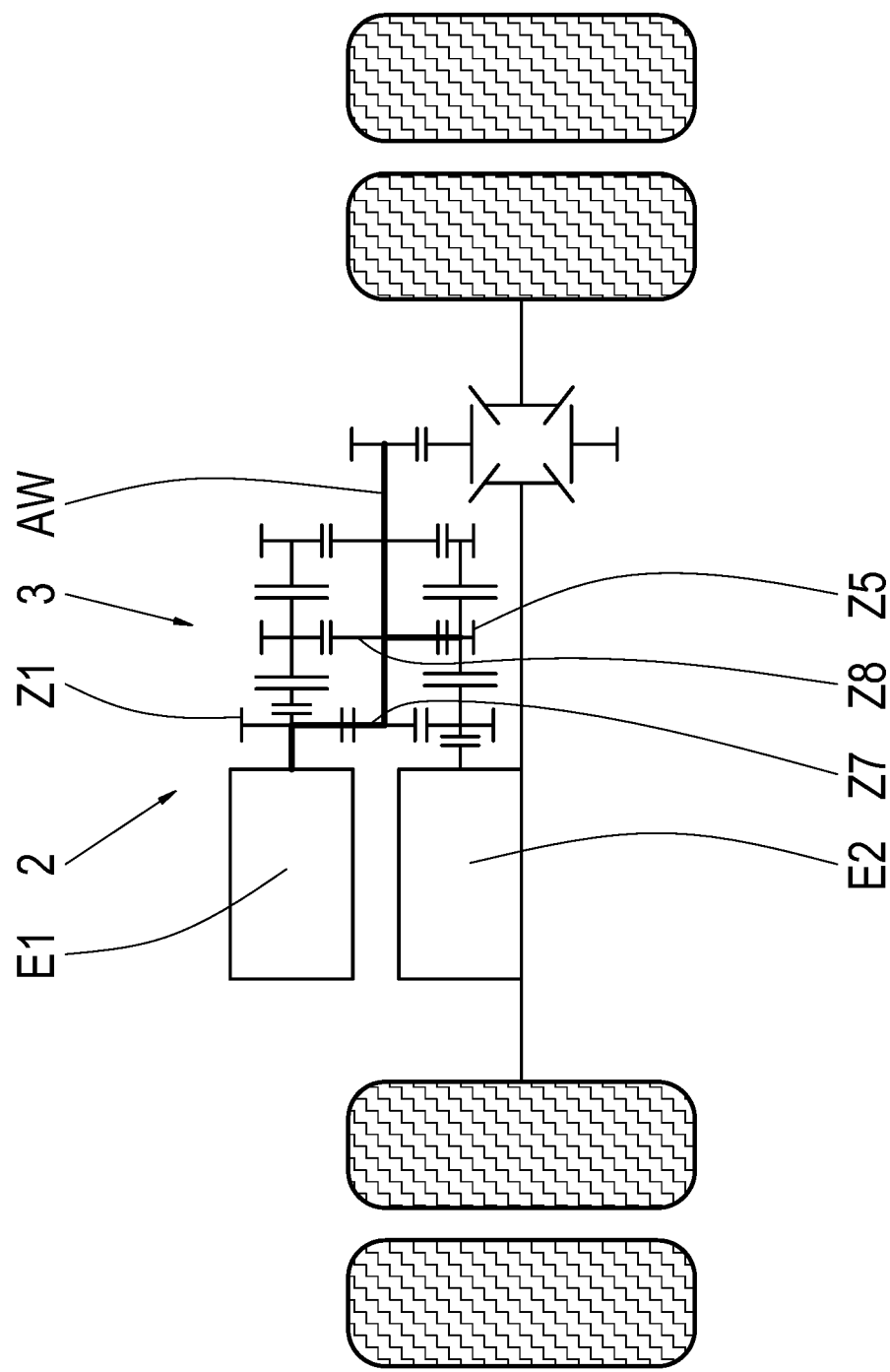


Fig. 4

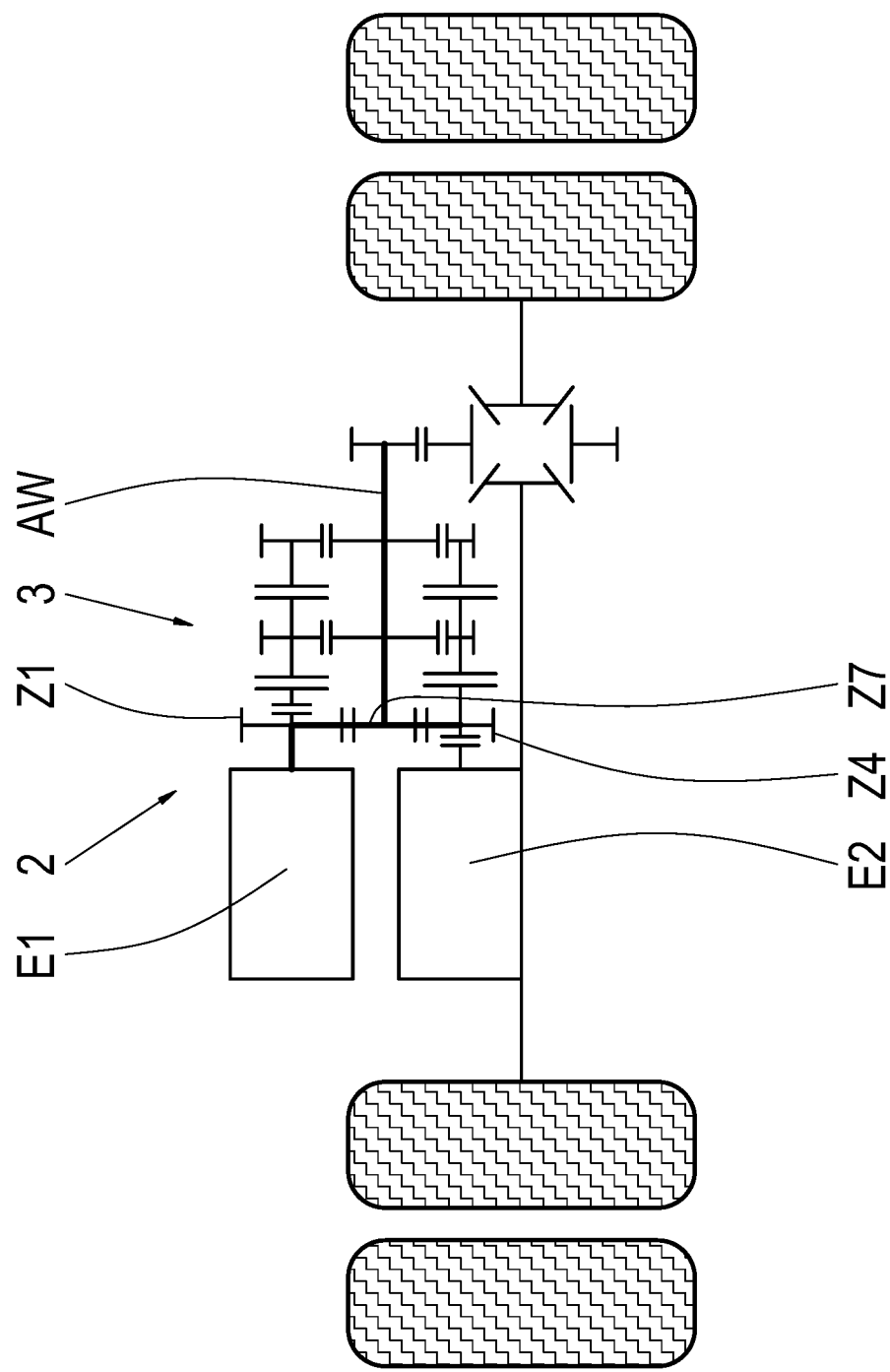


Fig. 5

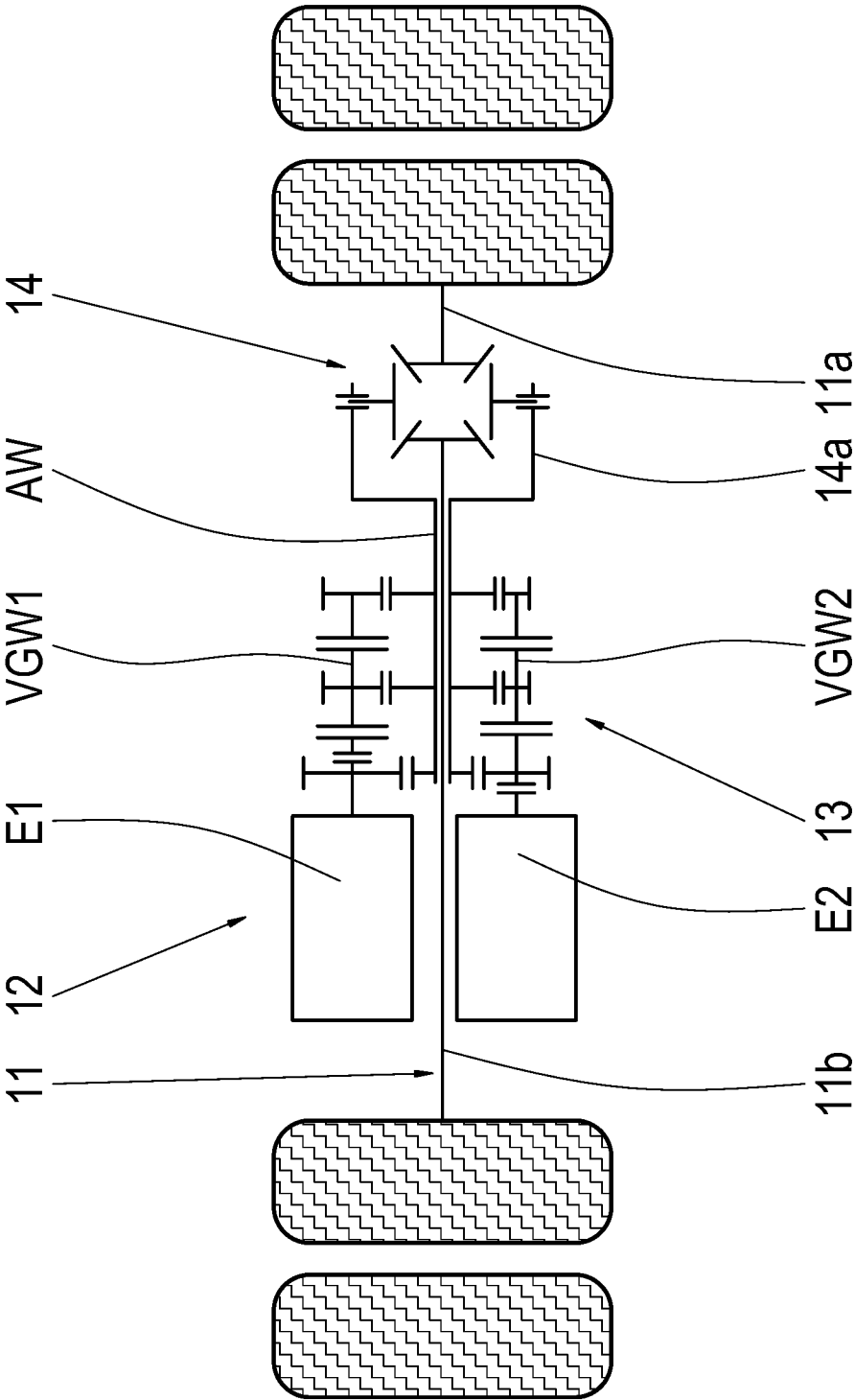


Fig. 6

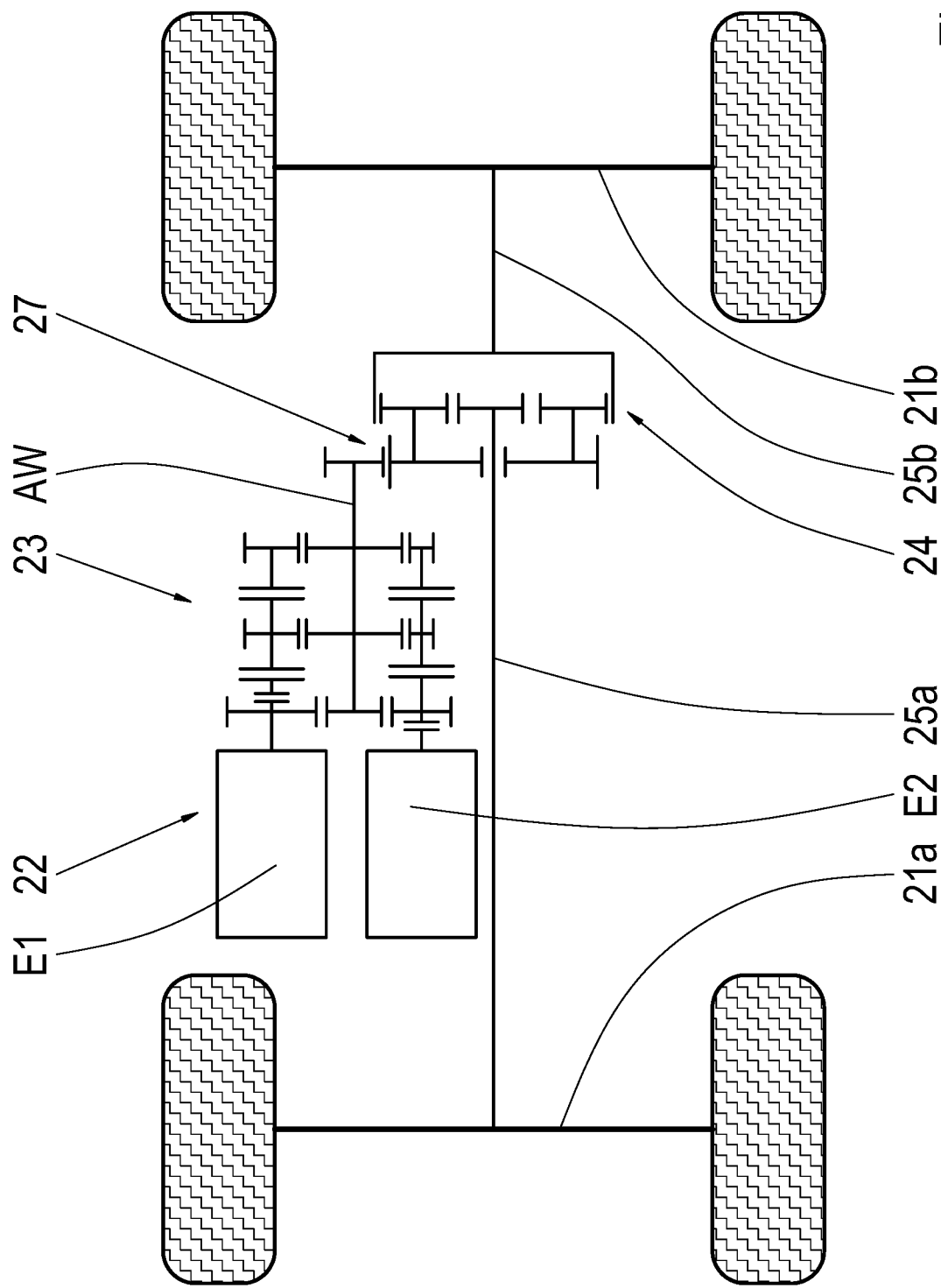


Fig. 7

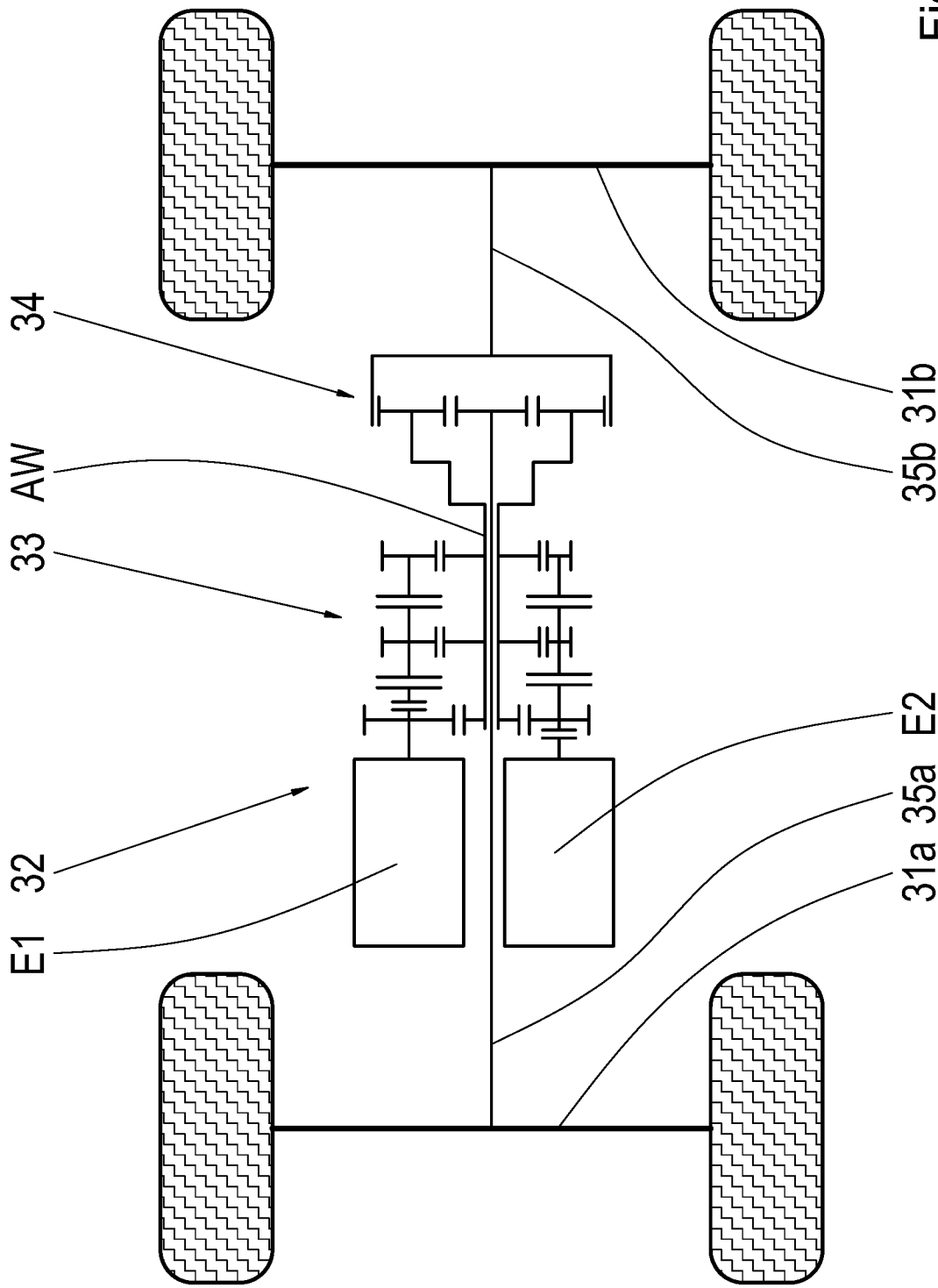


Fig. 8

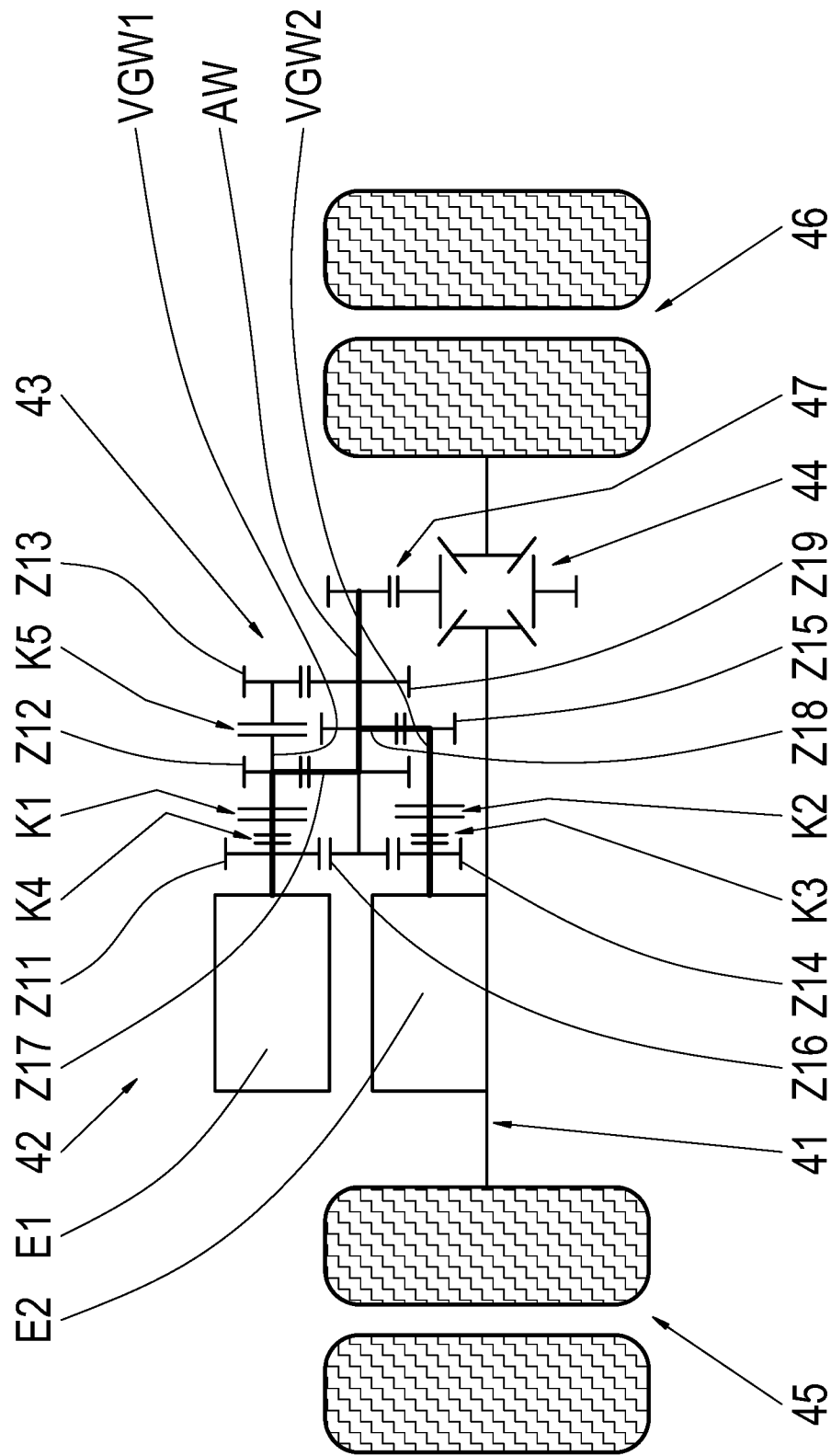


Fig. 9

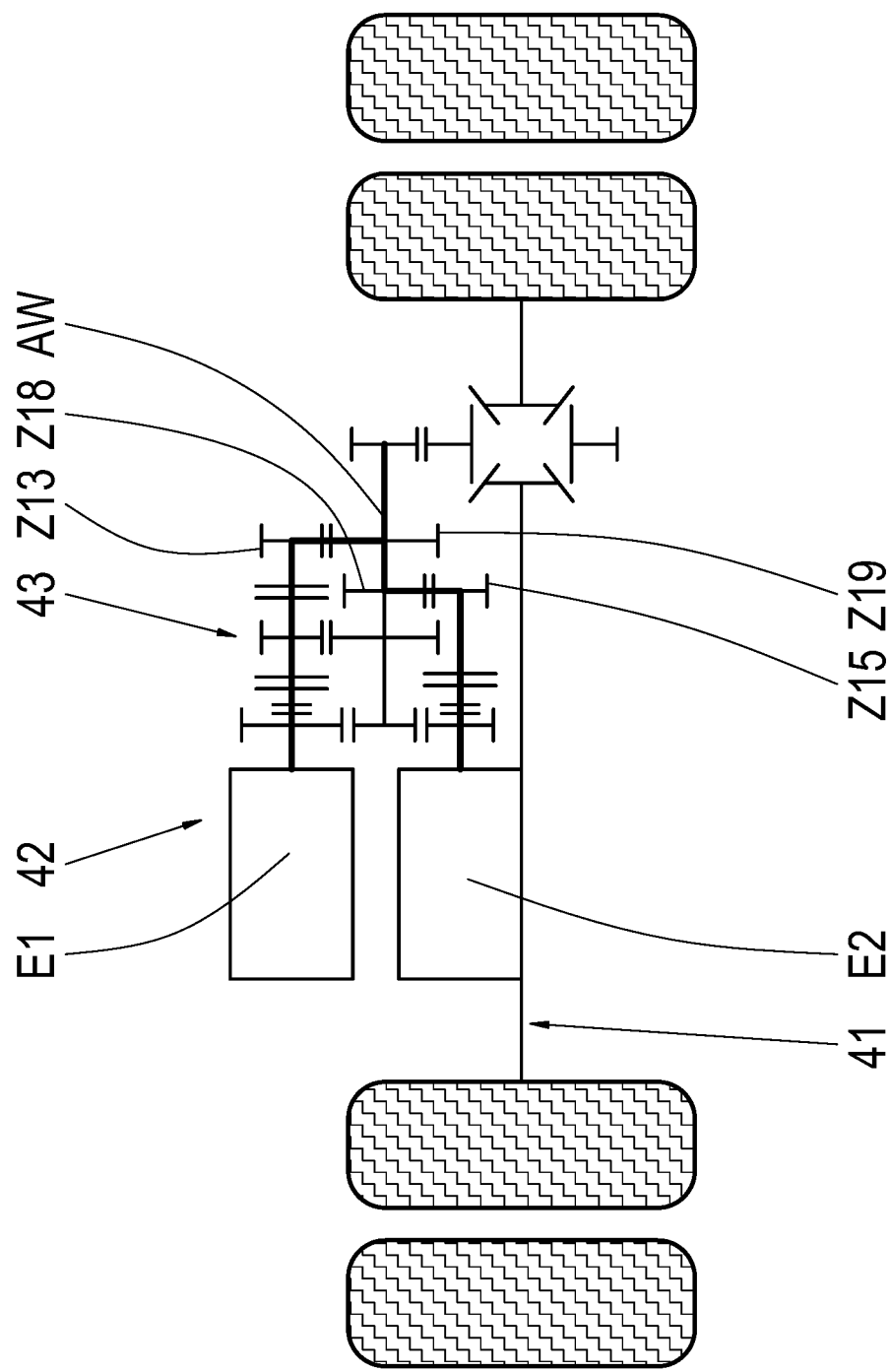


Fig. 10

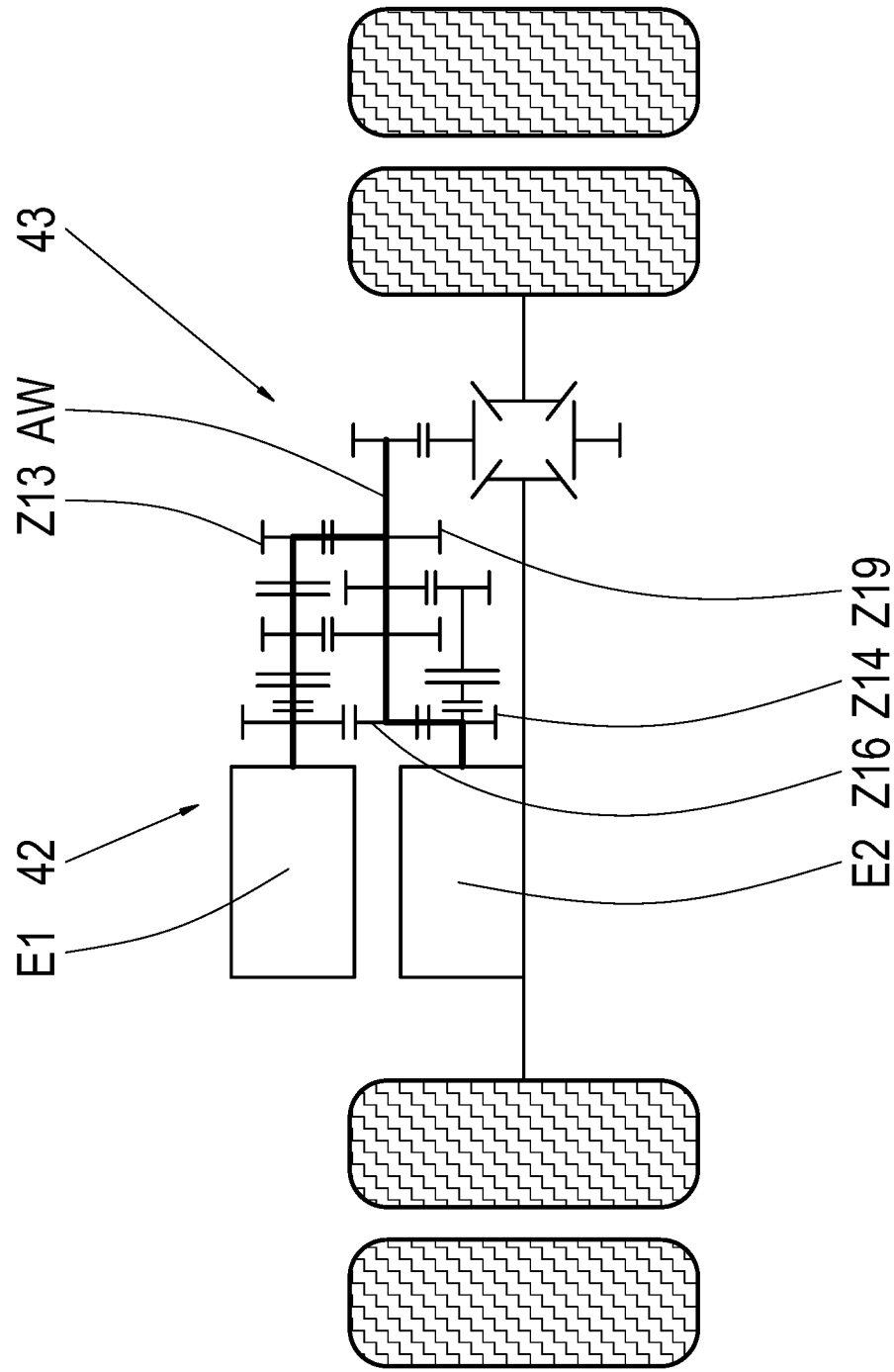


Fig. 11

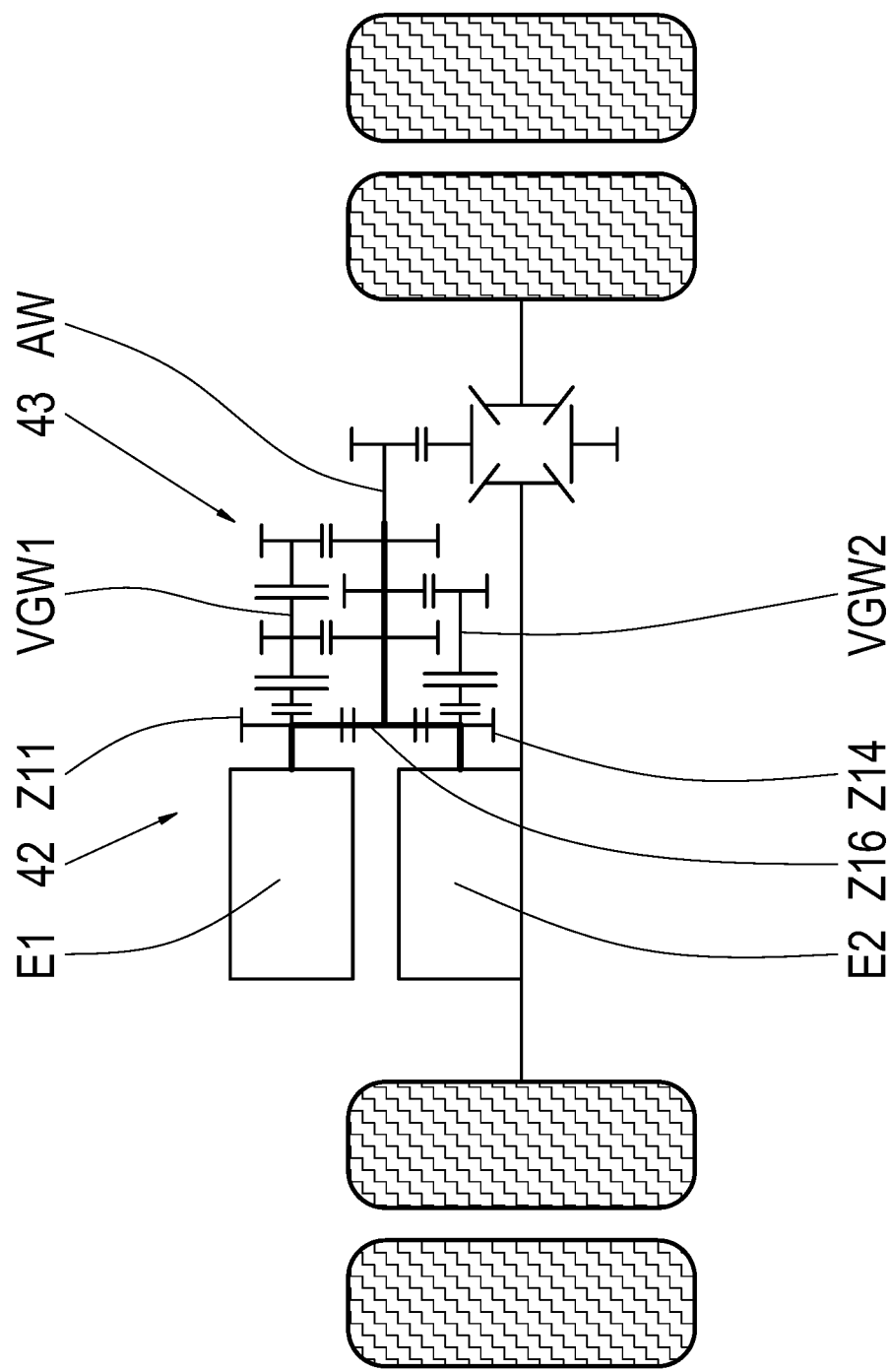


Fig. 12

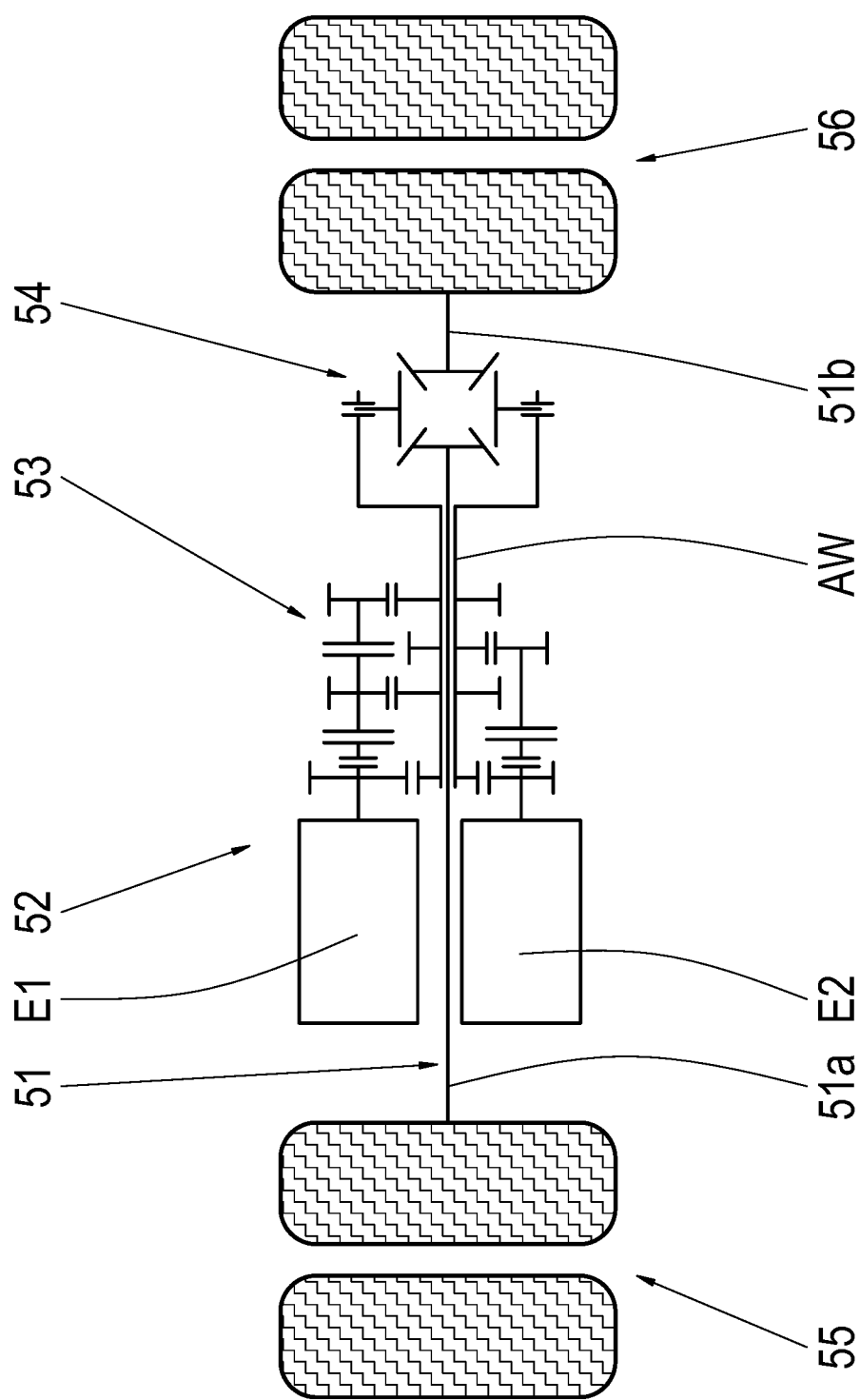


Fig. 13

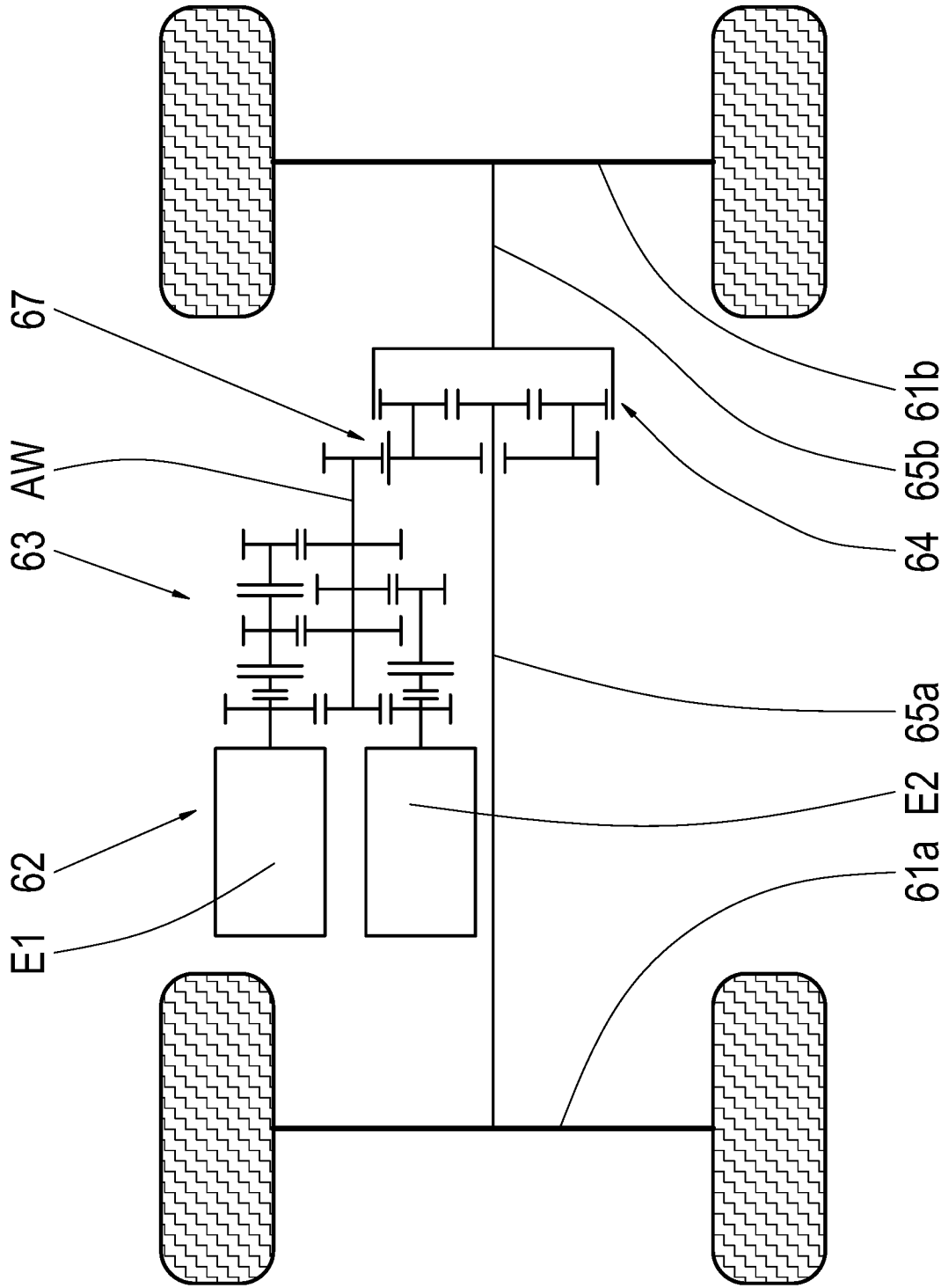


Fig. 14

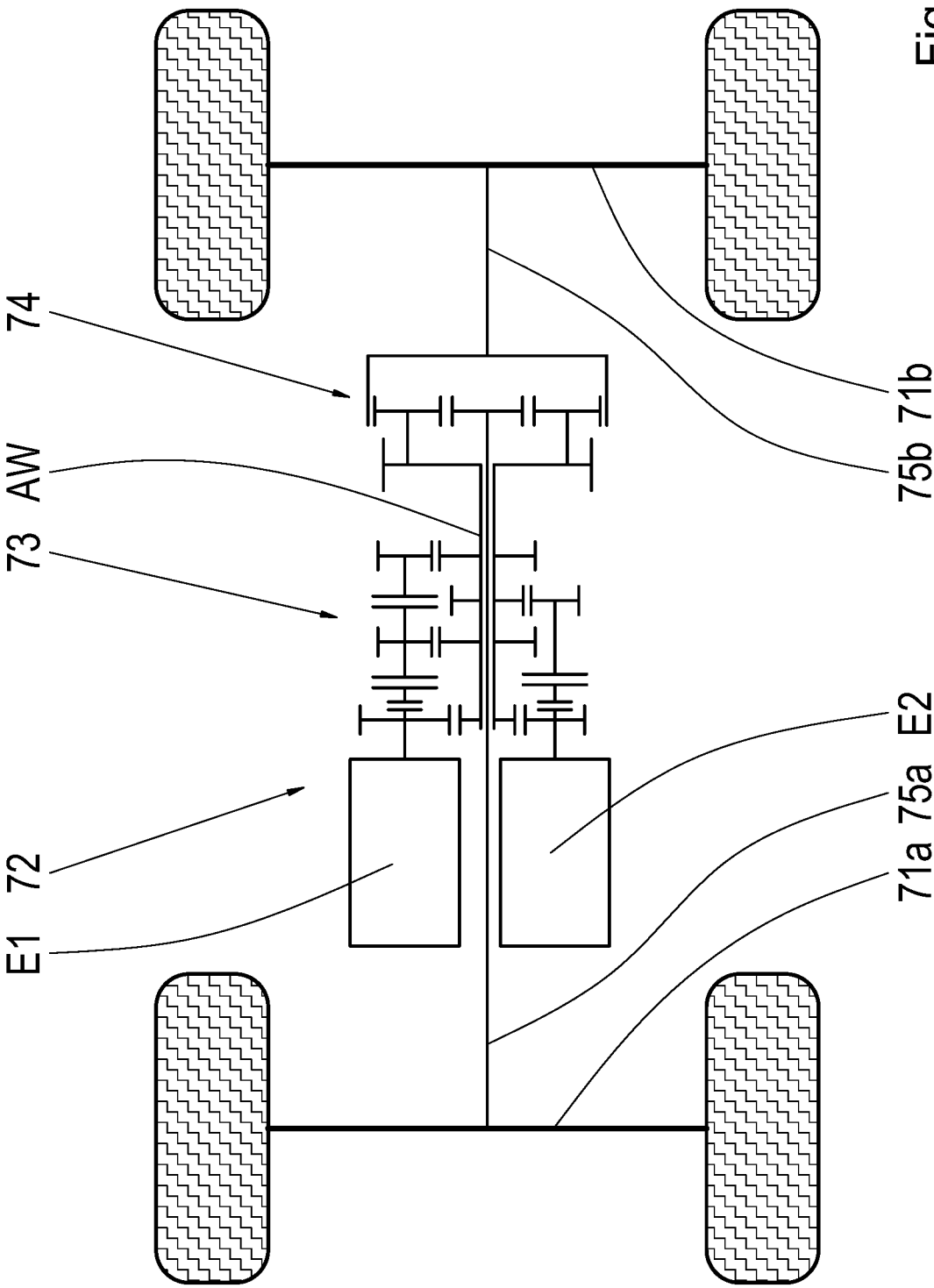


Fig. 15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/066961****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B60K 1/00**(2006.01)i; **B60K 1/02**(2006.01)i; **B60K 17/346**(2006.01)i; **B60K 17/356**(2006.01)i

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

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)

EPO-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<br>A    | DE 102012110269 A1 (PORSCHE AG [DE]) 30 April 2014 (2014-04-30)<br>figures 1, 9<br>paragraphs [0019], [0020], [0027] - [0029]                                         | 1-7,9-20<br>8         |
| X         | WO 2017080571 A1 (VOLVO TRUCK CORP [SE]) 18 May 2017 (2017-05-18)<br>figures 1-5<br>page 1, line 3 - line 8<br>page 7, line 12 - line 20<br>page 7, line 24 - line 26 | 1-7,9-16              |
| A         | US 2011259657 A1 (FUECHTNER MARTIN [DE]) 27 October 2011 (2011-10-27)<br>abstract; figures 1-4                                                                        | 4-6                   |
| X         | US 2013066529 A1 (MURAYAMA MAI [JP]) 14 March 2013 (2013-03-14)<br>figures 1, 2<br>paragraphs [0102] - [0126]                                                         | 8                     |
| A         | DE 102013005721 A1 (AUDI AG [DE]) 09 October 2014 (2014-10-09)<br>abstract; figure 1                                                                                  | 1                     |



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

**04 September 2019**

Date of mailing of the international search report

**12 September 2019**

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office**  
**p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk**  
**Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

**Waldstein, Martin**

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/066961**

| Patent document<br>cited in search report |              |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) |                 | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|--------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| DE                                        | 102012110269 | A1 | 30 April 2014                        | CN                      | 103786568 A     | 14 May 2014                          |
|                                           |              |    |                                      | DE                      | 102012110269 A1 | 30 April 2014                        |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 5806274 B2      | 10 November 2015                     |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 2014084102 A    | 12 May 2014                          |
|                                           |              |    |                                      | KR                      | 20140053788 A   | 08 May 2014                          |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2014116201 A1   | 01 May 2014                          |
| WO                                        | 2017080571   | A1 | 18 May 2017                          | CN                      | 108349361 A     | 31 July 2018                         |
|                                           |              |    |                                      | EP                      | 3374219 A1      | 19 September 2018                    |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 2019502060 A    | 24 January 2019                      |
|                                           |              |    |                                      | WO                      | 2017080571 A1   | 18 May 2017                          |
| US                                        | 2011259657   | A1 | 27 October 2011                      | CN                      | 102233810 A     | 09 November 2011                     |
|                                           |              |    |                                      | DE                      | 102010017966 A1 | 27 October 2011                      |
|                                           |              |    |                                      | FR                      | 2959174 A1      | 28 October 2011                      |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 5520253 B2      | 11 June 2014                         |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 2011230755 A    | 17 November 2011                     |
|                                           |              |    |                                      | KR                      | 20110118578 A   | 31 October 2011                      |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2011259657 A1   | 27 October 2011                      |
|                                           |              |    |                                      |                         |                 |                                      |
| US                                        | 2013066529   | A1 | 14 March 2013                        | DE                      | 112011100468 T5 | 24 January 2013                      |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | 5316724 B2      | 16 October 2013                      |
|                                           |              |    |                                      | JP                      | WO2012127656 A1 | 24 July 2014                         |
|                                           |              |    |                                      | US                      | 2013066529 A1   | 14 March 2013                        |
|                                           |              |    |                                      | WO                      | 2012127656 A1   | 27 September 2012                    |
| DE                                        | 102013005721 | A1 | 09 October 2014                      | NONE                    |                 |                                      |

| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>INV. B60K1/00 B60K1/02 B60K17/346 B60K17/356<br>ADD.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         |                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br>B60K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)<br>EPO-Internal, WPI Data                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| Kategorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                      | Betr. Anspruch Nr.                                     |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | DE 10 2012 110269 A1 (PORSCHE AG [DE])<br>30. April 2014 (2014-04-30)                                                                                                                   | 1-7,9-20                                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Abbildungen 1, 9<br>Absätze [0019], [0020], [0027] - [0029]                                                                                                                             | 8                                                      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | WO 2017/080571 A1 (VOLVO TRUCK CORP [SE])<br>18. Mai 2017 (2017-05-18)<br>Abbildungen 1-5<br>Seite 1, Zeile 3 - Zeile 8<br>Seite 7, Zeile 12 - Zeile 20<br>Seite 7, Zeile 24 - Zeile 26 | 1-7,9-16                                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | US 2011/259657 A1 (FUECHTNER MARTIN [DE])<br>27. Oktober 2011 (2011-10-27)<br>Zusammenfassung; Abbildungen 1-4                                                                          | 4-6                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -/-                                                                                                                                                                                     |                                                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>"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)<br>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>"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<br>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>"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<br>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |                                                                                                                                                                                         |                                                        |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                         | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts    |
| 4. September 2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                         | 12/09/2019                                             |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040,<br>Fax: (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                         | Bevollmächtigter Bediensteter<br><br>Waldstein, Martin |

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                                             |                    |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie*                                            | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                          | Betr. Anspruch Nr. |
| X                                                     | US 2013/066529 A1 (MURAYAMA MAI [JP])<br>14. März 2013 (2013-03-14)<br>Abbildungen 1, 2<br>Absätze [0102] - [0126]<br>----- | 8                  |
| A                                                     | DE 10 2013 005721 A1 (AUDI AG [DE])<br>9. Oktober 2014 (2014-10-09)<br>Zusammenfassung; Abbildung 1<br>-----                | 1                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/066961

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 102012110269 A1                                 | 30-04-2014                    | CN 103786568 A                    | 14-05-2014                    |
|                                                    |                               | DE 102012110269 A1                | 30-04-2014                    |
|                                                    |                               | JP 5806274 B2                     | 10-11-2015                    |
|                                                    |                               | JP 2014084102 A                   | 12-05-2014                    |
|                                                    |                               | KR 20140053788 A                  | 08-05-2014                    |
|                                                    |                               | US 2014116201 A1                  | 01-05-2014                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| WO 2017080571 A1                                   | 18-05-2017                    | CN 108349361 A                    | 31-07-2018                    |
|                                                    |                               | EP 3374219 A1                     | 19-09-2018                    |
|                                                    |                               | JP 2019502060 A                   | 24-01-2019                    |
|                                                    |                               | WO 2017080571 A1                  | 18-05-2017                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| US 2011259657 A1                                   | 27-10-2011                    | CN 102233810 A                    | 09-11-2011                    |
|                                                    |                               | DE 102010017966 A1                | 27-10-2011                    |
|                                                    |                               | FR 2959174 A1                     | 28-10-2011                    |
|                                                    |                               | JP 5520253 B2                     | 11-06-2014                    |
|                                                    |                               | JP 2011230755 A                   | 17-11-2011                    |
|                                                    |                               | KR 20110118578 A                  | 31-10-2011                    |
|                                                    |                               | US 2011259657 A1                  | 27-10-2011                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| US 2013066529 A1                                   | 14-03-2013                    | DE 112011100468 T5                | 24-01-2013                    |
|                                                    |                               | JP 5316724 B2                     | 16-10-2013                    |
|                                                    |                               | JP WO2012127656 A1                | 24-07-2014                    |
|                                                    |                               | US 2013066529 A1                  | 14-03-2013                    |
|                                                    |                               | WO 2012127656 A1                  | 27-09-2012                    |
| -----                                              |                               |                                   |                               |
| DE 102013005721 A1                                 | 09-10-2014                    | KEINE                             |                               |
| -----                                              |                               |                                   |                               |