

(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
3. September 2015 (03.09.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/128078 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
B60W 20/00 (2006.01) *B60K 6/48* (2007.10)
B60W 10/08 (2006.01) *B60W 30/184* (2012.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/000416
- (22) Internationales Anmeldedatum:
24. Februar 2015 (24.02.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2014 203 727.1
28. Februar 2014 (28.02.2014) DE
- (71) Anmelder: **MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH**
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).
- (72) Erfinder: **OSZFOLK, Benjamin**; Löwentaler Straße 27,
88046 Friedrichshafen (DE). **GOHLKE, Martin**;
Haldenweg 11/3, 88069 Tettnang (DE). **SCHMALZING,**
Claus-Oliver; Lortzingstraße 67, 88339 Bad Waldsee
(DE). **RIEGGER, Peter**; Von-Mader-Straße 5, 88662
Überlingen (DE). **SCHWEIZER, Martin**;
Hainbuchenweg 7, 88696 Owingen (DE). **LEHMANN,**
Ingo; Waldsteigerstraße 4, 88696 Owingen (DE).
- (74) Anwalt: **RRPS EUROPEAN PATENT ATTORNEYS**;
c/o Rolls-Royce Power Systems AG, Intellectual Property /
TRI, Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A DRIVE TRAIN FOR A MOTOR VEHICLE, DRIVE TRAIN AND MOTOR
VEHICLE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ANTRIEBSSTRANGS FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG,
ANTRIEBSSTRANG UND KRAFTFAHRZEUG

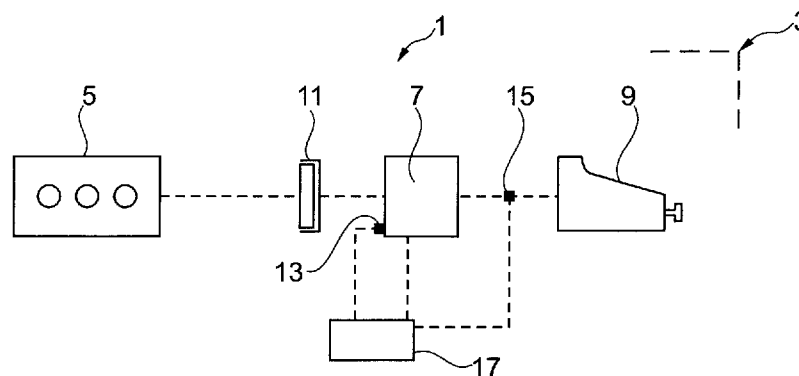


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a drive train (1) for a motor vehicle (3), which comprises an internal combustion engine (5) and an electric machine (7). Said internal combustion engine (5) and the electric machine (7) are connected together and the rotational irregularities of the internal combustion engine (5) are determined. Said method is characterized in that the electric machine (7) is controlled such that the connection between the internal combustion engine (5) and the electric machine (7) is released when the drive train (1) is in operation.

(57) Zusammenfassung: Es wird Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstrangs (1) für ein Kraftfahrzeug (3), der eine Brennkraftmaschine (5) und eine elektrische Maschine (7) aufweist, wobei die Brennkraftmaschine (5) und die elektrische Maschine (7) miteinander verbunden sind, wobei Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine (5) ermittelt

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/128078 A1



Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

werden, vorgeschlagen. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die elektrische Maschine (7) so angesteuert wird, dass die Verbindung zwischen der Brennkraftmaschine (5) und der elektrischen Maschine (7) im Betrieb des Antriebsstrangs (1) entlastet wird.

BESCHREIBUNG

5 Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstrangs für ein Kraftfahrzeug, Antriebsstrang und Kraftfahrzeug

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstrangs für ein Kraftfahrzeug gemäß Anspruch 1, einen Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug gemäß Anspruch 5, und ein
10 Kraftfahrzeug gemäß Anspruch 10.

Verfahren zum Betreiben von Antriebssträngen, Antriebsstränge und Kraftfahrzeuge der hier angesprochenen Art sind bekannt. Ein solcher Antriebsstrang weist eine Brennkraftmaschine sowie eine elektrische Maschine auf, wobei die Brennkraftmaschine und die elektrische
15 Maschine miteinander – drehmomentübertragend – verbunden oder gekoppelt sind. Die Brennkraftmaschine weist im Betrieb Drehungleichförmigkeiten, insbesondere Drehmomentschwankungen auf. Typische Ursachen hierfür sind beispielsweise wechselnde Gas- und Massenkräfte insbesondere in als Hubkolbenmotor ausgebildeten Brennkraftmaschinen. Zunehmend werden elektrische Maschinen und Brennkraftmaschinen in sogenannten
20 hybridisierten Antriebssträngen seriell oder parallel miteinander gekoppelt. Dabei zeigt sich, dass elektrische Maschinen ein großes Massenträgheitsmoment bezüglich ihrer Drehachse besitzen, das nicht ohne weiteres in den Antriebsstrang integriert werden kann. Die große Drehmasse einer elektrischen Maschine führt in Verbindung mit den Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine zu einer erheblichen Belastung der Kopplung zwischen den beiden
25 Maschinen. Sind diese unmittelbar – ohne eine Kupplung – und daher drehstarr, oder über eine vergleichsweise drehstarren Kupplung miteinander gekoppelt, ist die Größe und Leistung der elektrischen Maschine durch das ankoppelbare Trägheitsmoment limitiert, da sonst die Verbindungsbauteile überlastet werden. Jede Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine führt nämlich unmittelbar zu einer Be- oder Entschleunigung der großen Drehmasse der
30 elektrischen Maschine, wodurch nach dem newtonschen Reaktionsprinzip beziehungsweise dem dritten newtonschen Axiom erhebliche Kräfte beziehungsweise Torsionswechselmomente in die koppelnden Bauteile eingeleitet werden. Die gleiche Überlegung führt bei einer Kopplung der beiden Maschinen durch eine drehweiche Kupplung zu der Erkenntnis, dass diese sehr stark belastet wird. Daher müssen sehr große drehweiche Kupplungen eingesetzt werden, die jedoch

bei vielen Anwendungen schon aufgrund von Bauraumbeschränkungen nicht in Frage kommen. Steht umgekehrt grundsätzlich genügend Bauraum zur Verfügung, ist es gleichwohl nachteilig, diesen für die drehweiche Kupplung vorhalten zu müssen und nicht anderweitig einsetzen zu können. Hinzu kommt, dass große, drehweiche Kupplungen teuer sind. Außerdem treten in einer
5 großen, drehweichen Kupplung vergleichsweise hohe Verluste auf, da Drehmomentspitzen durch Verformung des dämpfenden Elements in Wärme umgewandelt werden.

Aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 195 32 128 A1 geht ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstrangs hervor, bei dem Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine
10 ermittelt werden, wobei eine elektrische Maschine gegenphasig zum Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine angesteuert wird, um Drehungleichförmigkeiten an einem Getriebeeingang zu dämpfen. Während dieses Ziel erreicht wird, führt die gegenphasige Ansteuerung der elektrischen Maschine jedoch zu einer Verschärfung der zuvor beschriebenen Probleme. Insbesondere wirkt die gegenphasige Ansteuerung bezüglich der Kopplung zwischen der
15 Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine wie eine zusätzliche Vergrößerung der angekoppelten Drehmasse, sodass die koppelnden Bauteile zusätzlich belastet werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstrangs zu schaffen, welches die genannten Nachteile nicht aufweist. Entsprechend liegt der Erfindung
20 die Aufgabe zugrunde, einen Antriebsstrang und ein Kraftfahrzeug zu schaffen, bei welchen diese Nachteile nicht auftreten.

Die Aufgabe wird gelöst, indem ein Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs mit den Merkmalen des Anspruchs 1 geschaffen wird. Dadurch, dass die
25 elektrische Maschine so angesteuert wird, dass die – drehmomentübertragende – Verbindung oder Kopplung zwischen der Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine im Betrieb des Antriebsstrangs entlastet wird, wirkt die Ansteuerung wie eine Reduzierung der an die Brennkraftmaschine angekoppelten Drehmasse der elektrischen Maschine. Die Verbindungsbauteile werden also entlastet. Hierdurch ist es bei einer unmittelbaren Kopplung
30 zwischen den beiden Maschinen möglich, eine größere oder leistungstärkere elektrische Maschine zu verwenden, als dies bisher bekannt ist, weil deren Drehmasse durch die Ansteuerung effektiv – aus Sicht der Verbindungsbauteile – reduziert wird. Anders formuliert ergibt sich durch die Ansteuerung für das newtonsche Reaktionsgesetz eine abhängig von der aktiven Ansteuerung reduzierte Drehmasse, sodass die tatsächlich eingekoppelte Drehmasse

ohne Gefahr der Bauteilüberlastung erhöht werden kann. Gleiches gilt bei Kopplung der Maschinen mithilfe einer drehstarrten Kupplung. Wird eine drehweiche Kupplung verwendet, zeigt sich, dass diese auf der Grundlage der zuvor angestellten Überlegungen entsprechend weniger stark belastet wird. Sie kann daher kleiner ausfallen, sodass es entweder auch bei
5 geringerem zur Verfügung stehendem Bauraum möglich ist, eine solche Kupplung einzusetzen, oder Bauraum eingespart wird, der ansonsten für die Kupplung verwendet werden müsste. Zugleich treten in einer kleineren Kupplung geringere Verluste auf. Selbstverständlich ist es auch möglich, an einem im Rahmen des Verfahrens betriebenen, konventionellen Antriebsstrang nichts zu verändern, wodurch sich dann schlicht die Lebensdauer der verwendeten Komponenten
10 aufgrund der Entlastungseffekte erhöht.

Unter einer Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine wird hier vorzugsweise eine resultierende Drehungleichförmigkeit verstanden, das heißt die letztlich in der Verbindung zwischen der Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine wirksame Summe aller
15 möglichen Ursachen für die Drehungleichförmigkeit beziehungsweise Drehmomentschwankung.

Typischerweise sind die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine abhängig von deren Drehzahl und dem abgegebenen Drehmoment. Daher wird vorzugsweise die elektrische Maschine auch in Abhängigkeit der Drehzahl und des Drehmoments der Brennkraftmaschine zur
20 Entlastung der Kopplung zwischen den beiden Maschinen angesteuert.

Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die elektrische Maschine gleichphasig zu einem Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine angesteuert wird. Der Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine wird dabei erfasst und
25 phasengleich zur Ansteuerung der elektrischen Maschine – vorzugsweise mit reduziertem Drehmoment – verwendet. Wirkt also eine momentane Drehmomentschwankung der Brennkraftmaschine beschleunigend auf eine diese mit der elektrischen Maschine koppelnde Welle, wird die elektrische Maschine gleichzeitig mit einem – vorzugsweise geringeren – Drehmoment angesteuert, welches ebenfalls eine Beschleunigung der Welle bewirkt.
30 Entsprechendes gilt für eine Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine, welche tendenziell eine bremsende Wirkung auf die Kopplungswelle hat, wobei auch in diesem Fall die elektrische Maschine gleichsinnig, also ebenfalls mit – vorzugsweise reduziertem – bremsenden Drehmoment angesteuert wird. Während die Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine als solche tendenziell geeignet ist, eine Verspannung in der Verbindung mit der elektrischen

Maschine herbeizuführen, und eine aus dem Stand der Technik bekannte, gegenphasige Ansteuerung der elektrischen Maschine noch zu einer Vergrößerung dieser Verspannung führt, bewirkt die gleichphasige Ansteuerung eine Verringerung der Verspannung und damit eine Entlastung der Verbindung sowie eine Reduzierung des in dieser wirkenden

5 Torsionswechsellmoments.

Vorzugsweise wird die elektrische Maschine nicht ausschließlich mit dem zu der Drehmomentschwankung der Brennkraftmaschine gleichphasigen, vorzugsweise jedoch reduzierten, Drehmoment angesteuert. Vielmehr wird – wie allgemein in hybridisierten

10 Antriebssträngen üblich – die elektrische Maschine genutzt, um entweder die Brennkraftmaschine zu unterstützen, indem ein zu deren Drehmoment gleichsinniges Drehmoment in den Antriebsstrang eingeleitet wird, oder um in dem Antriebsstrang vorhandene und/oder von der Brennkraftmaschine erzeugte mechanische Energie in elektrische Energie umzuwandeln, wobei die elektrische Maschine als Generator betrieben wird und insoweit ein
15 bremsendes Drehmoment in den Antriebsstrang einleitet. Die Ansteuerung der elektrischen Maschine zur Entlastung der Verbindung wird bevorzugt diesem Drehmoment überlagert. Dabei zeigt sich, dass die beiden Drehmomentverläufe typischerweise zeitlich und auch bezüglich ihrer Beträge voneinander separiert werden können, weil das sehr viel größere, zur Unterstützung der Brennkraftmaschine oder zur Erzeugung elektrischer Energie aufgebrauchte Drehmoment auf
20 einer größeren Zeitskala fluktuiert als das kleinere Drehmoment, welches vorgesehen ist, um die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine auszugleichen.

Vorzugsweise wird die elektrische Maschine über einen mit ihr wirkverbundenen

Frequenzumrichter gleichphasig zu dem Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine

25 angesteuert. Dies wird bevorzugt durch eine Steuerungseinrichtung durchgeführt, welche hierzu eingerichtet und mit dem Frequenzumrichter wirkverbunden ist.

Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine durch den Frequenzumrichter der

30 elektrischen Maschine ermittelt werden. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass sie zugleich ökonomisch, effizient und sehr genau ist. Es bedarf nämlich keiner separaten Teile, insbesondere keiner separaten Sensoren, da die die Drehungleichförmigkeiten von der elektrischen Maschine selbst beziehungsweise der zu ihrer Ansteuerung ohnehin vorgesehenen Umrichtertechnik ermittelt werden. Diese ist in der Lage, die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine

sehr genau zu erfassen. Diese erzeugen nämlich Ungleichförmigkeiten in der Relativbewegung zwischen einem Rotor und einem Stator der elektrischen Maschine, die ihrerseits wiederum zu Ungleichförmigkeiten in den in der elektrischen Maschine wirkenden elektromagnetischen Feldern führen. Solche Schwankungen der elektromagnetischen Felder sind in dem

5 Frequenzumrichter ohne weiteres erfassbar, sodass letztlich die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine dort problemlos detektiert werden können. Zur gleichphasigen Ansteuerung der elektrischen Maschine mit dem Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine, insbesondere zur Auswertung der Ungleichförmigkeiten und zur gleichphasigen Erzeugung eines Ansteuersignals für die elektrische Maschine, wird vorzugsweise ein FPGA-Baustein (Field
10 Programmable Gate Array – im Anwendungsfeld programmierbare, logische Gatter-Anordnung) verwendet. Mit diesem ist eine sehr schnelle und genaue, parallele Auswertung möglich, sodass die elektrische Maschine ohne weiteres in Echtzeit gleichphasig zu dem Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine angesteuert werden kann.

15 Alternativ oder zusätzlich wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine durch wenigstens einen Sensor ermittelt werden. Dabei ist es möglich, dass ein Drehzahlsensor verwendet wird. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass ein Drehmomentsensor verwendet wird, der unmittelbar ein von der Brennkraftmaschine abgegebenes Drehmoment
20 erfasst. Der Sensor ist vorzugsweise an einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine angeordnet.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine abhängig von wenigstens einem Betriebsparameter derselben aus einem Kennfeld ermittelt werden. Insbesondere durch Prüfstandsversuche ist es möglich, typische
25 Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von Betriebsparametern zu ermitteln und diese in einem Kennfeld zu hinterlegen, welches dann bei allen Brennkraftmaschinen einer Serie verwendet werden kann. Im Betrieb der Brennkraftmaschine genügt es dann, den wenigstens einen Betriebsparameter zu ermitteln und die hiervon abhängigen Drehungleichförmigkeiten aus dem Kennfeld auszulesen. Als solcher
30 Betriebsparameter können beispielsweise eine Drehzahl und/oder eine Drosselklappenstellung sowie bevorzugt ein momentaner Kurbelwellenwinkel der Brennkraftmaschine verwendet werden. Auch andere Betriebsparameter, wie beispielsweise eine eingespritzte Brennstoffmenge, ein Einspritzzeitpunkt, ein Zylinderinnendruck, eine Abgasrückführrate, und/oder Konzentrationen verschiedener Stoffe im Abgas können zur Charakterisierung des

Betriebszustands der Brennkraftmaschine und somit zur Identifizierung von in einem Kennfeld hinterlegten Drehungleichförmigkeiten herangezogen werden.

5 Wird auf eine von dem Frequenzumrichter oder einem Sensor erfasste Drehungleichförmigkeit zurückgegriffen, handelt es sich hier um eine – rückgekoppelte – Regelung, da die tatsächlich vorliegende Drehungleichförmigkeit zu einer unmittelbaren Rückkopplung auf diese selbst führt. Wird dagegen eine aus einem Kennfeld ausgelesene Drehungleichförmigkeit zur Ansteuerung der elektrischen Maschine herangezogen, handelt es sich hierbei um eine – nicht-rückgekoppelte – Steuerung. Eine Regelung ist vorteilhaft, weil sie sehr genau ist. Dafür ist sie allerdings
10 langsamer als eine Steuerung. Eine Steuerung ist zwar weniger genau als eine Regelung, dafür hat sie jedoch den Vorteil, sehr schnell zu sein. Dadurch ist sie besonders geeignet zur Anwendung im hohen Drehzahlbereich des Antriebsstrangs.

Es ist auch eine adaptive Steuerung möglich, bei der die an sich kennfeldbasierte Ansteuerung
15 der elektrischen Maschine durch eine Messung zeitlich vorausgehender Drehungleichförmigkeiten modifiziert wird. Auch ist es möglich, die elektrische Maschine anhand einer aus zeitlich vorausgehenden Drehungleichförmigkeiten vorhergesagten Drehungleichförmigkeit anzusteuern. Auch dies ist eine Form einer nicht-rückgekoppelten Steuerung.

20 Auch Mischformen zwischen einer Regelung und einer Steuerung können Anwendung finden. Beispielsweise ist es möglich, bestimmte Informationen zur Ansteuerung der elektrischen Maschine – beispielsweise einen Ansteuerungswinkel – aus einem Kennfeld zu entnehmen, während andere Ansteuerungsinformationen – beispielsweise eine Ansteuerungsamplitude – aus
25 einer Messung abgeleitet werden. Insbesondere ist eine Regelung mit Vorsteuerung möglich, bei dem die Ansteuerung der elektrischen Maschine zunächst kennfeldbasiert voreingestellt und anschließend bezüglich kleinerer Abweichungen des tatsächlichen Werts zu dem voreingestellten Wert nachgeregelt wird. Schließlich ist es möglich, in einem niedrigen Drehzahlbereich – beispielsweise in einem Leerlauf – mit einer Regelung zu arbeiten, während bei höheren
30 Drehzahlen, bei denen die Regelung zeitlich gegebenenfalls zu aufwendig wäre, zu einer Steuerung übergegangen wird.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die elektrische Maschine gleichphasig zu dem Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine

drehzahlabhängig nur in wenigstens einem Drehzahlbereich angesteuert wird, in dem eine Resonanz der Verbindung zwischen der Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine gegeben ist. Es zeigt sich, dass die Kopplung zwischen der Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine als schwingungsfähiges System betrachtet werden kann. Dies gilt in
5 besonderem Maße dann, wenn eine drehelastische Kupplung zwischen der Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine vorgesehen ist. Allerdings ist es grundsätzlich möglich, auch eine noch so starre, reale Welle als elastische Kopplung zu beschreiben und damit ein zumindest prinzipiell schwingungsfähiges System zu erhalten. In dem schwingungsfähigen System treten Resonanzen auf. Dabei zeigt sich, dass in Drehzahlbereichen, in denen Resonanzen auftreten, die
10 an der Kopplung angreifenden Torsionswechselmomente eine zulässige Grenzbelastung der koppelnden Bauteile, insbesondere einer drehelastischen Kupplung, deutlich übersteigen. Dabei ist es möglich, dass in anderen Drehzahlbereichen, in denen kein Resonanzfall vorliegt, die Torsionswechselmomente unter, teilweise deutlich unter dem Grenzwert bleiben. In einem solchen Fall ist es ohne entsprechende Ansteuerung der elektrischen Maschine erforderlich, eine
15 drehelastische Kupplung einzusetzen, deren zulässige Grenzbelastung oberhalb einer höchsten, im Resonanzfall auftretenden Torsionswechselbelastung liegt. Hierdurch wird die Kupplung nicht nur sehr groß und teuer, sondern ist auch für einen weiten Drehzahlbereich, in dem keine Resonanz auftritt, weitaus überdimensioniert. Wird die elektrische Maschine aber in den Drehzahlbereichen, in denen Resonanzen auftreten, in der zuvor beschriebenen Weise
20 angesteuert, führt dies zu einer sehr effizienten Dämpfung der Resonanzen, die insbesondere auf das Niveau der in den übrigen Drehzahlbereichen herrschenden Torsionswechselmomente reduziert werden können.

Dadurch ist es möglich, eine drehelastische Kupplung einzusetzen, deren Grenzbelastung auf im
25 Mittel anfallende Torsionswechselmomente ausgelegt ist. Diese ist somit nicht mehr überdimensioniert, sondern genau an die mittleren Torsionswechselmomente angepasst und kann sehr viel leichter ausgebildet sein. Auch ohne die Verwendung einer drehelastischen Kopplung bewirkt eine Ansteuerung der elektrischen Maschine im Rahmen des Verfahrens im Resonanzfall, dass jedenfalls Spitzenbelastungen der Verbindung deutlich reduziert werden.
30 Darüber hinaus zeigt sich, dass eine entsprechende Ansteuerung der elektrischen Maschine nur in Drehzahlbereichen, in denen Resonanzen auftreten, sehr ökonomisch ist, weil die Durchführung des Verfahrens in anderen Bereichen, in denen keine erhöhten Torsionswechselmomente auftreten, unterbleiben kann. Entsprechend wird bevorzugt die elektrische Maschine in Drehzahlbereichen, in denen keine Resonanzen der Verbindung

zwischen der Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine gegeben sind, nicht zur Entlastung der Verbindung und insbesondere nicht gleichphasig angesteuert.

- Durch den Einsatz dieser Ausführungsform des Verfahrens wird also die Belastung der
- 5 Verbindung oder Kopplung zwischen der elektrischen Maschine und der Brennkraftmaschine drehzahlselektiv verringert, sodass sich eine drehzahlabhängige Dämpfung der Torsionswechsellmomente ergibt. Das Verfahren wird daher bevorzugt nur im Bereich der Resonanzen angewendet.
- 10 Die drehzahlabhängige Ansteuerung der elektrischen Maschine nur in wenigstens einem Drehzahlbereich, in dem eine Resonanz auftritt, wird besonders bevorzugt in einem sogenannten Aussetzerbetrieb der Brennkraftmaschine durchgeführt. Hierbei handelt es sich um einen Betriebszustand, bei dem bei einer als Hubkolbenmotor ausgebildeten Brennkraftmaschine wenigstens ein Zylinder ausfällt oder durch gezielte Zylinderabschaltung abgeschaltet wird.
- 15 Hierdurch entstehen größere Unwuchten und somit größere Drehungleichförmigkeiten als in einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine, in der alle Zylinder befeuert werden. Die elektrische Maschine und insbesondere der Frequenzumrichter können im Rahmen des Verfahrens zugleich als Sensoreinrichtung verwendet werden, mit deren Hilfe ein Aussetzerbetrieb erkennbar ist. Vorzugsweise ist so sogar feststellbar, welcher oder welche
- 20 Zylinder ausgefallen sind oder nicht befeuert werden. Dies ist ohne weiteres aufgrund charakteristischer Ungleichförmigkeiten beim Aussetzen bestimmter Zylinder möglich. Zusätzlich werden Unwuchten im Aussetzerbetrieb vorzugsweise durch Änderung der Zündreihenfolge der noch befeuerten Zylinder der Brennkraftmaschine gedämpft.
- 25 Die Aufgabe wird auch gelöst, indem ein Antriebsstrang für ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 5 geschaffen wird. Der Antriebsstrang weist eine Brennkraftmaschine und eine elektrische Maschine auf, wobei die Brennkraftmaschine und die elektrische Maschine miteinander gekoppelt sind. Es ist außerdem eine Steuerungseinrichtung vorgesehen, die eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einer der zuvor beschriebenen
- 30 Ausführungsformen. Dadurch verwirklichen sich die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren ausgeführt wurden.

Der Antriebsstrang ist vorzugsweise als hybridisierter Antriebsstrang ausgebildet, wobei die Brennkraftmaschine und die elektrische Maschine insbesondere seriell oder parallel miteinander gekoppelt sind. Dabei wird bevorzugt eine sogenannte P1- oder P2-Topologie verwirklicht.

- 5 Die Steuerungseinrichtung ist vorzugsweise ausgebildet als Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine (Engine Control Unit – ECU). Alternativ ist es möglich, dass eine separate Steuerungseinrichtung zur Ansteuerung der elektrischen Maschine vorgesehen ist, die zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet ist.
- 10 Es ist möglich, dass die Steuerungseinrichtung durch entsprechende Gestaltung ihrer Schaltkreise, also hardwareseitig, zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet ist. Alternativ ist es möglich, dass ein Computerprogrammprodukt in die Steuerungseinrichtung geladen ist, welches Anweisungen aufweist, aufgrund derer das Verfahren durchgeführt wird, wenn das Computerprogrammprodukt auf der Steuerungseinrichtung ausgeführt wird.
- 15 Die Steuerungseinrichtung ist vorzugsweise mit dem Frequenzumrichter der elektrischen Maschine zur Erfassung einer Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine wirkverbunden. Dabei ist es – wie zuvor beschrieben – ohne weiteres möglich, die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine mithilfe des Frequenzumrichters zu ermitteln. Dies stellt eine besonders
- 20 genaue und zugleich effiziente Art der Ermittlung der Drehungleichförmigkeiten dar.
- Vorzugsweise weist die Steuerungseinrichtung einen FPGA-Baustein (Field Programmable Gate Array) zur parallelen Auswertung der Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine in Echtzeit sowie zur Erzeugung eines Ansteuerungssignals für die elektrische Maschine ebenfalls
- 25 in Echtzeit auf. Auf diese Weise ist auch bei hohen Drehzahlen eine sehr schnelle und genaue Ansteuerung der elektrischen Maschine gleichphasig zu den Drehmomentschwankungen der Brennkraftmaschine möglich.

- Alternativ ist die Steuerungseinrichtung vorzugsweise mit wenigstens einem Sensor zur
- 30 Erfassung einer Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine wirkverbunden. Der Sensor ist bevorzugt als Drehzahlsensor und/oder als Drehmomentsensor ausgebildet. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass die Steuerungseinrichtung mit einer Sensiereinrichtung für wenigstens einen Betriebsparameter der Brennkraftmaschine wirkverbunden ist, wobei die Steuerungseinrichtung zugleich Zugriff auf ein Kennfeld hat, aus dem abhängig von dem

wenigstens einen Betriebsparameter eine Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine auslesbar ist. Bevorzugt ist ein solches Kennfeld in die Steuerungseinrichtung implementiert.

Schließlich ist die Steuerungseinrichtung vorzugsweise mit der elektrischen Maschine zu deren
5 Ansteuerung wirkverbunden, besonders bevorzugt über den Frequenzumrichter.

Es wird ein Ausführungsbeispiel des Antriebsstrangs bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die elektrische Maschine und die Brennkraftmaschine unmittelbar miteinander gekoppelt sind. Besonders bevorzugt ist dabei ein Anker oder Rotor der elektrischen Maschine unmittelbar
10 auf einer Kurbelwelle oder auf einer mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine verbundenen Abtriebswelle drehfest angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass eine sehr einfache und kostengünstige Verbindung zwischen der elektrischen Maschine und der Brennkraftmaschine gegeben ist.

15 Alternativ sind die Brennkraftmaschine und die elektrische Maschine vorzugsweise über eine Kupplung, insbesondere über eine schaltbare Kupplung, miteinander verbunden. Dies hat den Vorteil, dass die Verbindung zwischen der elektrischen Maschine und der Brennkraftmaschine bedarfsgerecht bezüglich ihrer Drehelastizität durch Wahl der Kupplung eingestellt werden kann. Ist eine schaltbare Kupplung vorgesehen, kann eine größere Zahl von Betriebszuständen des
20 hybridisierten Antriebsstrangs durch Schalten der Kupplung verwirklicht werden.

Im Rahmen des Verfahrens zum Betreiben eines Antriebsstrangs werden die Bauteile, welche die elektrische Maschine mit der Brennkraftmaschine verbinden, unabhängig davon entlastet, ob eine unmittelbare Kopplung oder eine Kopplung über eine – vorzugsweise schaltbare –
25 Kupplung gegeben ist.

Es wird auch ein Ausführungsbeispiel des Antriebsstrangs bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die Brennkraftmaschine und die elektrische Maschine drehstarr miteinander verbunden sind. Dabei ist es zum einen möglich, dass diese ohne Kupplung unmittelbar
30 miteinander gekoppelt sind, wie es zuvor erläutert wurde. Es ist aber auch möglich, dass eine Kupplung vorgesehen ist, die drehstarr ausgebildet ist. In beiden Fällen werden die verbindenden Bauteile im Rahmen des Verfahrens entlastet.

Alternativ ist es möglich, dass die elektrische Maschine und die Brennkraftmaschine drehweich miteinander verbunden sind. Hierzu ist vorzugsweise eine drehelastische, insbesondere drehweiche Kupplung, vorzugsweise eine schaltbare Kupplung, zwischen den beiden Maschinen angeordnet. Diese Kupplung wird im Rahmen des Verfahrens entlastet. Alternativ oder
5 zusätzlich ist es möglich, eine kleinere Kupplung zu verwenden, weil diese nicht mehr dieselben Beanspruchungen und insbesondere Torsionswechselmomente abfangen muss, die ohne Anwendung des Verfahrens von der Kupplung aufgenommen werden müssten.

Dadurch, dass es möglich ist, eine kleinere Kupplung einzusetzen, wird nicht zuletzt auch die
10 Länge des Antriebsstrangs insgesamt reduziert, sodass dieser eine insgesamt kürzere Bauweise aufweisen kann. Dies führt bei einem Kraftfahrzeug, welches den Antriebsstrang aufweist, letztlich zu einer Verkleinerung oder zu mehr anderweitig nutzbarem Raum.

Es wird auch ein Ausführungsbeispiel des Antriebsstrangs bevorzugt, das sich durch ein Getriebe
15 auszeichnet. Dieses ist vorzugsweise mit der elektrischen Maschine gekoppelt. Besonders bevorzugt ist das Getriebe entweder unmittelbar oder über eine – vorzugsweise schaltbare – Kupplung mit der elektrischen Maschine verbunden. Das Getriebe ist bevorzugt als Wechselgetriebe, insbesondere als manuelles Schaltgetriebe, als Automatikgetriebe oder als CVT-Getriebe (Continuously Variable Transmission – stufenloses Getriebe) ausgebildet. Mithilfe
20 des Getriebes ist es möglich, den Antriebsstrang in einem größeren Geschwindigkeitsbereich oder Drehzahlbereich einer Abtriebswelle des Antriebsstrangs einzusetzen, als dies ohne Getriebe möglich ist.

Es zeigt sich, dass das Getriebe in einem Antriebsstrang, der keine elektrische Maschine,
25 sondern nur eine auf das Getriebe wirkende Brennkraftmaschine aufweist, unmittelbar durch dessen Drehungleichförmigkeiten belastet wird. Dabei sind herkömmliche Getriebe normalerweise ohne weiteres in der Lage, diese Drehungleichförmigkeiten abzufangen.

Gemäß dem Stand der Technik ist vorgesehen, eine elektrische Maschine in den Antriebsstrang
30 einzukoppeln und gegenphasig zu den Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine anzusteuern, um das Getriebe zu entlasten. Gemäß dem vorliegenden Verfahren wird nun die elektrische Maschine gleichphasig zu der Brennkraftmaschine angesteuert, welches die Verbindung zwischen der Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine entlastet. Dies könnte gemäß einer ersten Überlegung dazu führen, dass das Getriebe zusätzlich belastet wird,

- weil sich die Drehmomentschwankungen der Brennkraftmaschine und die induzierten Drehmomentschwankungen der elektrischen Maschine addieren und in Summe auf das Getriebe wirken. Dies erweist sich allerdings bei genauerer Betrachtung als nicht richtig: Vielmehr wirkt die elektrische Maschine bereits allein aufgrund ihrer großen Drehmasse dämpfend, sodass
- 5 schon ohne jegliche Ansteuerung der elektrischen Maschine Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine nur in deutlich verringertem Maß auf das Getriebe wirken. Wird die elektrische Maschine nun gleichphasig zu der Brennkraftmaschine angesteuert, erhöht sich zwar die Belastung des Getriebes im Vergleich zu einer gänzlich fehlenden Ansteuerung der elektrischen Maschine und selbstverständlich auch im Vergleich zu einer gegenphasigen
- 10 Ansteuerung derselben, jedoch liegen die am Getriebe feststellbaren Torsionswechsellmomente auch bei gleichphasiger Ansteuerung der elektrischen Maschine aufgrund der Dämpfung durch die große Drehmasse höchstens im Bereich der konventionell zu erwartenden Werte in einem klassischen Antriebsstrang, in dem das Getriebe ohne elektrische Maschine mit der Brennkraftmaschine verbunden ist. Typischerweise liegen die Torsionswechsellmomente unter
- 15 solchen Werten. Das Getriebe wird daher höchstens im ohnehin üblichen und aus dem Stand der Technik bekannten Rahmen belastet. Dies ist ohne weiteres hinnehmbar, insbesondere in Hinblick auf die massive Entlastung der Verbindungsteile zwischen der Brennkraftmaschine und der elektrischen Maschine, welche durch das Verfahren erreicht wird.
- 20 Besonders wird ein Ausführungsbeispiel des Antriebsstrangs bevorzugt, bei welchem dieser als seriell hybridisierter Antriebsstrang ausgebildet ist, in dem die Brennkraftmaschine, die elektrische Maschine und das Getriebe in Reihe miteinander verbunden sind. Hierdurch lässt sich eine Vielzahl von Betriebszuständen nach Art eines Vollhybrids realisieren, sodass erhebliche Brennstoffeinsparungen erreicht werden können. Vorzugsweise ist die elektrische Maschine
- 25 zwischen der Brennkraftmaschine und dem Getriebe angeordnet. Dies ist besonders vorteilhaft in Hinblick auf die mit dem hybridisierten Antriebsstrang erreichbaren Betriebszustände und dem damit verbundenen, reduzierten Brennstoffverbrauch.

- Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Hubkolbenmotor ausgebildet. Alternativ ist es auch
- 30 möglich, dass die Brennkraftmaschine als Kreiskolbenmotor oder als Turbine ausgebildet ist. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dient die Brennkraftmaschine dem Antrieb insbesondere schwerer Land- oder Wasserfahrzeuge, beispielsweise von Minenfahrzeugen, Zügen, wobei die Brennkraftmaschine in einer Lokomotive oder einem Triebwagen eingesetzt wird, oder von Schiffen. Auch ein Einsatz der Brennkraftmaschine zum Antrieb eines der

Verteidigung dienenden Fahrzeugs, beispielsweise eines Panzers, ist möglich. Ein Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine wird vorzugsweise auch stationär, beispielsweise zur stationären Energieversorgung im Notstrombetrieb, Dauerlastbetrieb oder Spitzenlastbetrieb eingesetzt, wobei die Brennkraftmaschine in diesem Fall vorzugsweise einen Generator antreibt.

5 Auch eine stationäre Anwendung der Brennkraftmaschine zum Antrieb von Hilfsaggregaten, beispielsweise von Feuerlöschpumpen auf Bohrinseln, ist möglich. Weiterhin ist eine Anwendung der Brennkraftmaschine im Bereich der Förderung fossiler Roh- und insbesondere Brennstoffe, beispielsweise Öl und/oder Gas, möglich. Auch eine Verwendung der Brennkraftmaschine im industriellen Bereich oder im Konstruktionsbereich, beispielsweise in
10 einer Konstruktions- oder Baumaschine, zum Beispiel in einem Kran oder einem Bagger, ist möglich. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Dieselmotor, als Benzinmotor, als Gasmotor zum Betrieb mit Erdgas, Biogas, Sondergas oder einem anderen geeigneten Gas, ausgebildet. Insbesondere wenn die Brennkraftmaschine als Gasmotor ausgebildet ist, ist sie für den Einsatz in einem Blockheizkraftwerk zur stationären Energieerzeugung geeignet.

15 Die Aufgabe wird schließlich auch gelöst, indem ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 10 geschaffen wird. Dieses weist einen Antriebsstrang nach einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele auf. Hierdurch verwirklichen sich in Zusammenhang mit dem Kraftfahrzeug die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren und dem
20 Antriebsstrang erläutert wurden.

Besonders wird ein Kraftfahrzeug bevorzugt, das als Schienenfahrzeug ausgebildet ist. Gerade im Bereich von Schienenfahrzeugen treten – aufgrund der größeren verwendeten Brennkraftmaschinen – erhebliche Torsionswechsellmomente im Bereich der Kopplung zwischen
25 einer Brennkraftmaschine und einer elektrischen Maschine auf, sodass sich hier die Vorteile des Verfahrens in besonderer Weise verwirklichen.

Alternativ ist es möglich, dass das Kraftfahrzeug als Straßenfahrzeug, insbesondere als Personenkraftwagen, als Nutzfahrzeug, als Schwertransporter oder in anderer geeigneter Weise,
30 als Geländefahrzeug, beispielsweise als Muldenkipper, insbesondere für den Minenbetrieb, oder in anderer geeigneter Weise ausgebildet ist. Es ist auch möglich, dass das Kraftfahrzeug als Wasserfahrzeug, insbesondere als Schiff oder als Unterseeboot, ausgebildet ist.

Die Beschreibung des Verfahrens einerseits und des Antriebsstrangs beziehungsweise des Kraftfahrzeugs andererseits sind komplementär zueinander zu verstehen. Insbesondere sind Merkmale des Antriebsstrangs, die in Zusammenhang mit dem Verfahren explizit oder implizit beschrieben wurden, bevorzugt einzeln oder in Kombination miteinander Merkmale eines

5 Ausführungsbeispiels des Antriebsstrangs. Umgekehrt sind Verfahrensschritte, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit dem Antriebsstrang beschrieben wurden, bevorzugt einzeln oder in Kombination miteinander Schritte einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens.

Weiterhin ist der Antriebsstrang vorzugsweise gekennzeichnet durch wenigstens ein Merkmal, das sich aus einem Verfahrensschritt des Verfahrens ergibt. Umgekehrt ist das Verfahren

10 vorzugsweise gekennzeichnet durch wenigstens einen Verfahrensschritt, der sich aus wenigstens einem Merkmal des Antriebsstrangs ergibt.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

- 15 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels des Antriebsstrangs;
- Fig. 2 eine schematische, diagrammatische Darstellung der an dem Antriebsstrang bei Ansteuerung nach einem Verfahren gemäß dem Stand der Technik wirkenden Momente;
- Fig. 3 eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens als Flussdiagramm,
- 20 und
- Fig. 4 eine schematische, diagrammatische Darstellung der bei Ansteuerung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren in dem Antriebsstrang wirkenden Momente.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Antriebsstrangs 1 für ein Kraftfahrzeug 3, der eine Brennkraftmaschine 5 und eine elektrische Maschine 7 aufweist. Die Brennkraftmaschine 5 und die elektrische Maschine 7 sind miteinander gekoppelt. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist außerdem ein Getriebe 9 vorgesehen, welches hier unmittelbar mit der elektrischen Maschine 7 gekoppelt ist.

30 Die Brennkraftmaschine 5 und die elektrische Maschine 7 sind über eine drehelastische Kupplung 11 miteinander verbunden. Insgesamt ist der Antriebsstrang 1 hier als parallel hybridisierter Antriebsstrang ausgebildet, wobei die Brennkraftmaschine 5, die elektrische Maschine 7 und das Getriebe 9 in Reihe miteinander verbunden sind. Dabei ist die elektrische Maschine 7 hier zwischen der Brennkraftmaschine 5 und dem Getriebe 9 angeordnet.

Schematisch ist ein erster Sensor 13 dargestellt, durch den Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine 5 erfassbar sind. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des Antriebsstrangs 1 wird die elektrische Maschine 7 in Verbindung mit einem zu ihrer

5 Ansteuerung vorgesehenen Frequenzumrichter selbst als Sensor 13 zur Erfassung der Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine 5 verwendet. Alternativ ist der Sensor 13 bevorzugt als Drehzahl- und/oder als Drehmomentsensor ausgebildet, wobei er in dem Antriebsstrang 1 zwischen der Brennkraftmaschine 5 und der Kupplung 11 angeordnet sein kann. Bevorzugt ist der erste Sensor 13 mit der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine 5 oder mit

10 einer mit der Kurbelwelle verbundenen Abtriebswelle verbunden.

Optional ist ein zweiter Sensor 15 zwischen der elektrischen Maschine 7 und dem Getriebe 9 angeordnet, mit dem an einem Eingang des Getriebes 9 anliegende Drehmomentungleichförmigkeiten erfassbar sind. Der zweite Sensor 15 ist bevorzugt als

15 Drehzahl- und/oder Drehmomentsensor ausgebildet.

Der Antriebsstrang 1 weist eine Steuerungseinrichtung 17 auf, die eingerichtet ist, um Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine 5 zu ermitteln und die elektrische Maschine 7 so anzusteuern, dass die Kopplung zwischen der Brennkraftmaschine 5 und der elektrischen

20 Maschine 7 im Betrieb des Antriebsstrangs 1 entlastet wird. Die Steuerungseinrichtung 17 weist vorzugsweise einen Frequenzumrichter zur Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 auf, der zugleich gemeinsam mit dieser zur Erfassung der Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine 5 und somit als erster Sensor 13 verwendet wird. Die Steuerungseinrichtung 17 weist weiterhin bevorzugt einen FPGA-Baustein (Field Programmable Gate Array) zur

25 Auswertung der Drehungleichförmigkeiten sowie zur Erzeugung eines Ansteuerungssignals für die elektrische Maschine in Echtzeit auf.

Es ist möglich, dass die Steuerungseinrichtung 17 zusätzlich auch mit dem zweiten Sensor 15 wirkverbunden ist, falls dieser vorgesehen ist.

30

Es ist offensichtlich, dass Drehungleichförmigkeiten, insbesondere Drehmomentschwankungen der Brennkraftmaschine 5 deren Kopplung mit der elektrischen Maschine 7 und insbesondere hier die Kupplung 11 stark belasten, insbesondere weil die elektrische Maschine 7 ein großes Massenträgheitsmoment bezüglich ihrer Drehachse aufweist.

Wird die elektrische Maschine 7 nicht zur Dämpfung der Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine 5 angesteuert, wirken diese auch auf das Getriebe 9 und sind insoweit – wenn beide Sensoren 13, 15 vorgesehen sind – nicht nur durch den ersten Sensor 13, sondern auch durch den zweiten Sensor 15 – möglicherweise in durch die Drehmasse der elektrischen Maschine 7 gedämpfter Form – erfassbar.

Aus dem Stand der Technik ist ein Verfahren bekannt, bei welchem die elektrische Maschine 7 gegenphasig zu den Drehmomentschwankungen der Brennkraftmaschine 5 angesteuert wird.

Fig. 2 zeigt in schematischer und diagrammatischer Darstellung die bei Durchführung dieses konventionellen Verfahrens wirkenden Momente. Dabei ist gemäß einer durchgezogenen Kurve 19 hier das von der Brennkraftmaschine 5 abgegebene Drehmoment M_{VM} gegen die Zeit t aufgetragen. Dieses zeigt in der vereinfachten Darstellung gemäß Figur 2 periodische, nämlich sinusförmige, Schwankungen. Als punktierte Kurve 21 ist das durch gegenphasige Ansteuerung induzierte Drehmoment M_{EM} der elektrischen Maschine 7 dargestellt. Dabei zeigt ein Vergleich der beiden Kurven 19, 21, dass vorzugsweise die Drehmomentschwankung der elektrischen Maschine 7 mit reduzierter Amplitude im Vergleich zu der Drehmomentschwankung der Brennkraftmaschine 5 induziert wird.

Durch einen ersten Doppelpfeil P_1 ist das Torsionswechsellmoment dargestellt, welches von dem ersten Sensor 13 in Figur 1 erfassbar ist, wenn die elektrische Maschine 7 nicht, nämlich weder gegenphasig noch gleichphasig, abhängig von den Drehmomentschwankungen der Brennkraftmaschine 5 angesteuert wird. Dieses Torsionswechsellmoment ist dann auch in dem Sensor 15 registrierbar und belastet das Getriebe 9. Dieses ist allerdings typischerweise so ausgelegt, dass es dieses Torsionswechsellmoment ohne weiteres abfangen kann.

Gleichwohl ist nach dem bekannten Stand der Technik vorgesehen, dass die elektrische Maschine 7 zur Verringerung der Belastung des Getriebes 9 zur Erzeugung eines gegenphasigen Drehmomentverlaufs gemäß der Kurve 21 angesteuert wird. Hierdurch wird die durch den Sensor 15 erfassbare Torsionswechselbelastung des Getriebes 9 im Vergleich zu der Darstellung gemäß dem Doppelpfeil P_1 deutlich reduziert, gegebenenfalls sogar vollständig beseitigt. In dem Sensor 15 ist dann also nur noch eine geringe oder sogar gar keine Drehungleichförmigkeit mehr erfassbar. Das Getriebe 9 ist entlastet.

Es zeigt sich aber, dass aufgrund der gegenphasigen Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 in dem ersten Sensor 13 eine deutlich höhere Torsionswechselbelastung feststellbar ist, wobei das hier messbare Torsionswechselmoment in Figur 2 durch einen Doppelpfeil P_2 dargestellt ist. Es wird so unmittelbar deutlich, dass durch die gegenphasige Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 die Belastung der Verbindung zwischen dieser und der Brennkraftmaschine 5 deutlich erhöht wird, wobei insbesondere die Kupplung 11 stärker belastet wird. Diese muss nämlich im Vergleich zu dem ohne Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 wirksamen Torsionswechselmoment P_1 nun das größere Torsionswechselmoment P_2 abfangen.

Um nun die Kopplung zwischen der Brennkraftmaschine 5 und der elektrischen Maschine 7 und insbesondere die Kupplung 11 zu entlasten, ist das hier vorgeschlagene Verfahren vorgesehen.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform dieses Verfahrens nach Art eines Flussdiagramms. Dabei wird in einem ersten Schritt S1 eine Drehungleichförmigkeit der Brennkraftmaschine 5, vorzugsweise mithilfe des Frequenzumrichters der elektrischen Maschine 7, ermittelt. In einem Schritt S2 wird anhand der ermittelten Drehungleichförmigkeit ein zu den Drehmomentschwankungen der Brennkraftmaschine 5 gleichphasiges Ansteuerungssignal zur Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 erzeugt, wobei diese in einem dritten Schritt S3 mit dem Ansteuerungssignal gleichphasig zu den Drehmomentschwankungen der Brennkraftmaschine 5 angesteuert wird.

Es zeigt sich noch, dass das Verfahren gemäß einer bevorzugten Ausführungsform in vorteilhafter Weise nur in Drehzahlbereichen durchgeführt wird, in denen eine Resonanz der Kopplung zwischen der Brennkraftmaschine 5 und der elektrischen Maschine 7 gegeben ist. Insbesondere durch die drehelastische Kupplung 11 stellt diese Kopplung nämlich ein schwingungsfähiges System dar, welches drehzahlabhängig Resonanzen zeigt. Durch die drehzahlselektive, gleichphasige Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 ist es möglich, diese Resonanzen zu dämpfen, wodurch die Kupplung 11 nicht mehr ausgelegt werden muss, um auch die Torsionswechselmomente in den Resonanzspitzen abzufangen, sondern vielmehr nur noch auf im Mittel anfallende Torsionswechselmomente. Sie kann daher deutlich kleiner und leichter ausgebildet sein.

Alternativ ist es selbstverständlich vorzugsweise möglich, dass das Verfahren fortwährend im Betrieb des Antriebsstrangs 1 durchgeführt wird. Die elektrische Maschine 7 wird dann permanent gleichphasig zu den Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine 5 angesteuert.

5 **Fig. 4** zeigt eine schematische und diagrammatische Darstellung der wirkenden Momente bei Ansteuerung der elektrischen Maschine gemäß dem Verfahren nach Figur 3. Die Darstellung ist dabei analog zu der Darstellung gemäß Figur 2, insoweit sind gleiche und funktionsgleiche Elemente mit gleichen Symbolen und Bezugszeichen versehen, sodass diesbezüglich auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird. Es wird unmittelbar klar, dass durch die
10 gleichphasige Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 hier das in dem ersten Sensor 13 detektierbare Torsionswechsellmoment P_2 im Vergleich zu dem ohne Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 wirkenden Torsionswechsellmoment P_1 deutlich reduziert ist. Dadurch wird die Verbindung zwischen der Brennkraftmaschine 5 und der elektrischen Maschine 7 entlastet. Insbesondere wird die Kupplung 11 entlastet.

15 An dem zweiten Sensor 15 sind nun zwar größere Torsionswechsellmomente, die auf das Getriebe 9 wirken, detektierbar, als dies bei einer gegenphasigen Ansteuerung der elektrischen Maschine 7 der Fall ist, gleichwohl liegen diese aufgrund der stark dämpfend wirkenden Drehmasse der elektrischen Maschine 7 noch unterhalb oder höchstens in einem Bereich, in
20 welchem sie auch lägen, wenn die Brennkraftmaschine 5 unmittelbar mit dem Getriebe 9 gekoppelt wäre, also in der Größenordnung der durch den Pfeil P_1 dargestellten Torsionswechsellmomente. Wichtig ist demnach folgende Erkenntnis: Das durch den Doppelpfeil P_2 dargestellte Torsionswechsellmoment ist das bei gleichphasig angesteuerter elektrischer Maschine 7 an dem ersten Sensor 13 detektierbare Torsionswechsellmoment. An dem zweiten
25 Sensor 15 ist dagegen ein Torsionswechsellmoment detektierbar, welches in der Größenordnung des durch den Doppelpfeil P_1 dargestellten Torsionswechsellmoments liegt.

Während also die Kopplung zwischen der Brennkraftmaschine 5 und der elektrischen Maschine 7, insbesondere die Kupplung 11, im Rahmen des hier vorgeschlagenen Verfahrens deutlich
30 entlastet wird, wird das Getriebe 9 durch dieses Verfahren zumindest nicht wesentlich mehr belastet, als dies ohnehin bei einem konventionellen Antriebsstrang 1 der Fall ist. Zur Aufnahme solcher Belastungen ist das Getriebe 9 jedoch typischerweise ausgelegt, sodass hiermit kein Nachteil verbunden ist. Demgegenüber ist die Entlastung der Verbindung zwischen der

Brennkraftmaschine 5 und der elektrischen Maschine 7, insbesondere die Entlastung der Kupplung 11, von entscheidendem Vorteil.

- 5 Insgesamt zeigt sich nämlich, dass es hierdurch im Rahmen des hier vorgeschlagenen Verfahrens möglich ist, eine größere oder leistungsstärkere elektrische Maschine 7 in den Antriebsstrang 1 zu integrieren, und/oder die Kupplung 11 kleiner und leichter auszubilden, wodurch es weiter möglich ist, den Antriebsstrang 1 insgesamt kürzer auszubilden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben eines Antriebsstrangs (1) für ein Kraftfahrzeug (3), der eine Brennkraftmaschine (5) und eine elektrische Maschine (7) aufweist, wobei die Brennkraftmaschine (5) und die elektrische Maschine (7) miteinander verbunden sind, wobei Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine (5) ermittelt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (7) so angesteuert wird, dass die Verbindung zwischen der Brennkraftmaschine (5) und der elektrischen Maschine (7) im Betrieb des Antriebsstrangs (1) entlastet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (7) gleichphasig zu einem Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine (5) angesteuert wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Drehungleichförmigkeiten der Brennkraftmaschine (5) durch einen Frequenzumrichter der elektrischen Maschine (7), durch wenigstens einen Sensor (13) und/oder abhängig von wenigstens einem Betriebsparameter der Brennkraftmaschine (5) aus einem Kennfeld ermittelt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (7) drehzahlabhängig nur in wenigstens einem Drehzahlbereich gleichphasig zu dem Drehmomentverlauf der Brennkraftmaschine (5) angesteuert wird, in dem eine Resonanz der Verbindung zwischen der Brennkraftmaschine (5) und der elektrischen Maschine (7) gegeben ist.
5. Antriebsstrang (1) für ein Kraftfahrzeug (3), mit einer Brennkraftmaschine (5) und einer elektrischen Maschine (7), wobei die Brennkraftmaschine (5) und die elektrische Maschine (7) miteinander verbunden sind, und mit einer Steuerungseinrichtung (17), die eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4.

6. Antriebsstrang (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennkraftmaschine (5) und die elektrische Maschine (7) unmittelbar miteinander oder über eine – vorzugsweise schaltbare – Kupplung miteinander verbunden sind.
- 5 7. Antriebsstrang (1) nach einem der Ansprüche 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennkraftmaschine (5) und die elektrische Maschine (7) drehstarr oder drehweich miteinander verbunden sind.
8. Antriebsstrang (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **gekennzeichnet durch** ein Getriebe
10 (9), wobei das Getriebe bevorzugt – vorzugsweise unmittelbar oder über eine Kupplung – mit der elektrischen Maschine (7) verbunden ist.
9. Antriebsstrang (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Antriebsstrang (1) als parallel hybridisierter Antriebsstrang (1) ausgebildet ist, in dem die
15 Brennkraftmaschine (5), die elektrische Maschine (7) und das Getriebe (9) in Reihe miteinander verbunden sind, wobei bevorzugt die elektrische Maschine (7) zwischen der Brennkraftmaschine (5) und dem Getriebe (9) angeordnet ist.
10. Kraftfahrzeug (3), mit einem Antriebsstrang nach einem der Ansprüche 5 bis 9.
- 20 11. Kraftfahrzeug (3) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kraftfahrzeug (3) als Schienenfahrzeug ausgebildet ist.

1/2

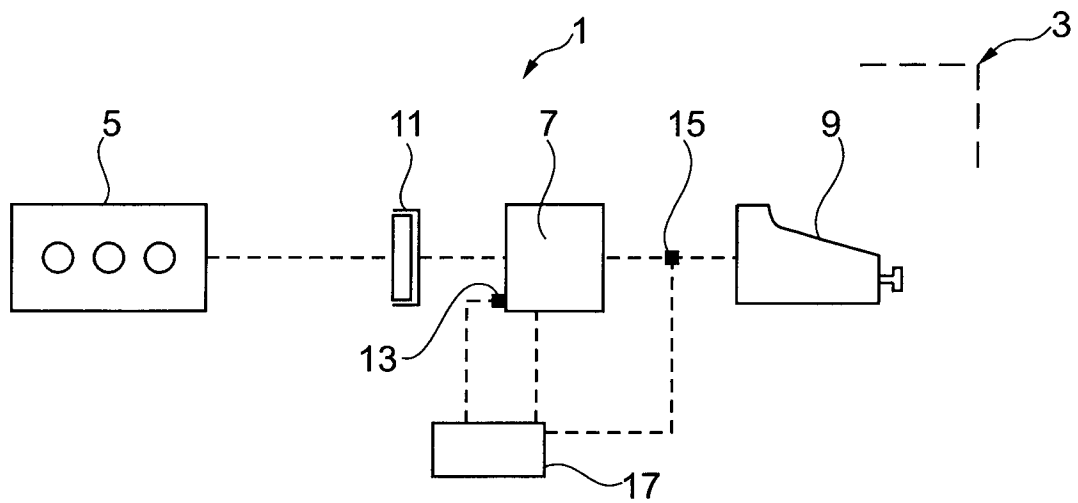


Fig. 1

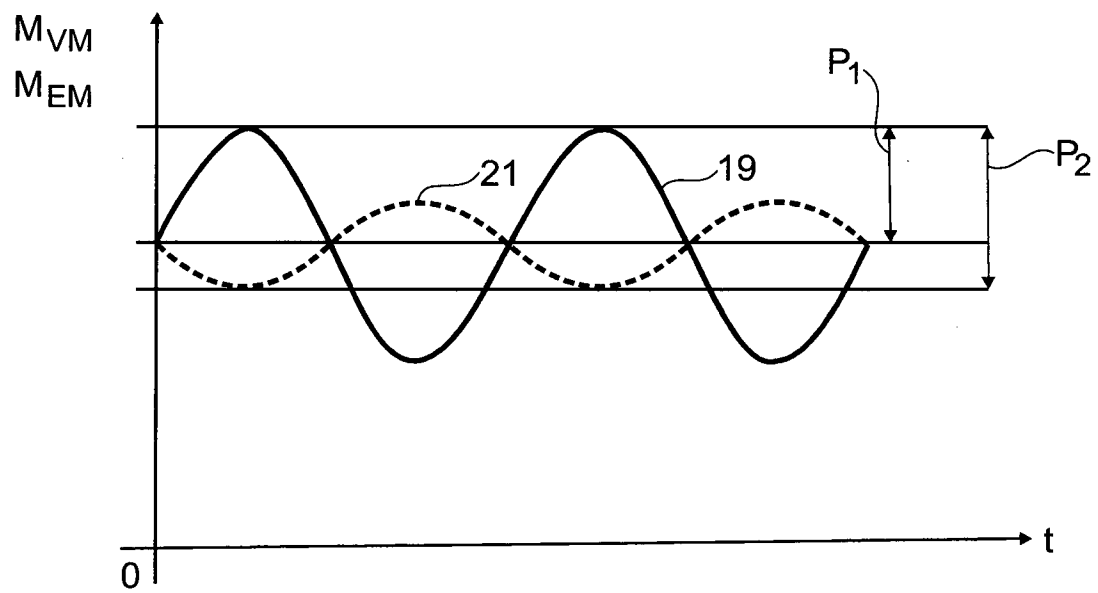


Fig. 2

2/2

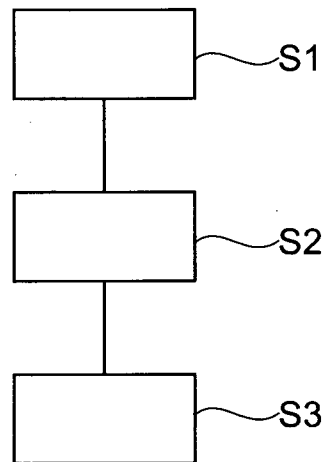


Fig. 3

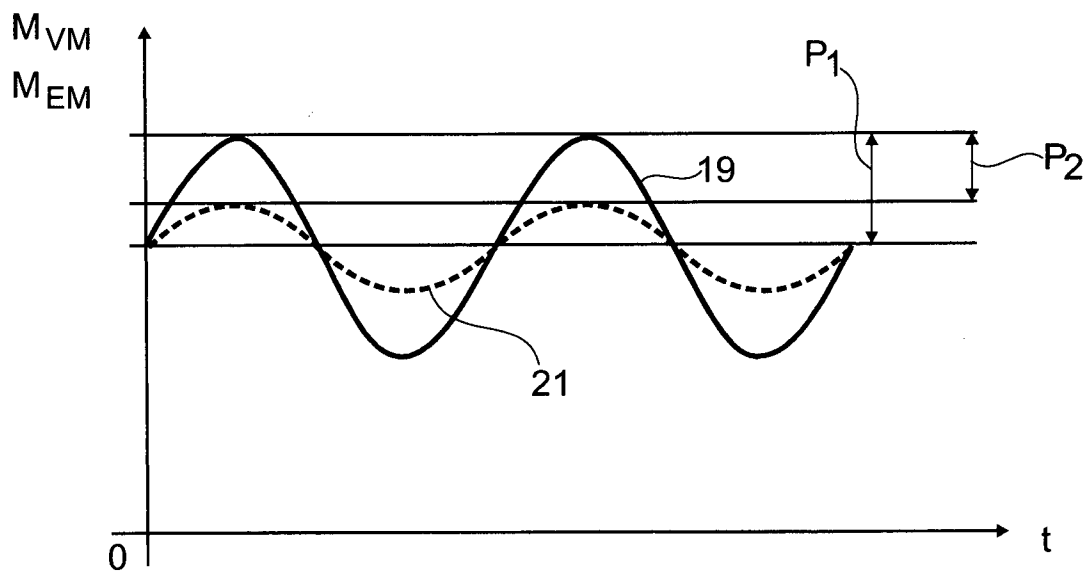


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/000416

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B60W20/00 B60W10/08 B60K6/48 B60W30/184 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60W 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	JP 2013 086516 A (TOYOTA MOTOR CORP) 13 May 2013 (2013-05-13) paragraphs [0028], [0031] - [0033]; figures 1,2,4,5 -----	1-3,5,7, 10,11
X	EP 1 439 296 A2 (TOYODA CHUO KENKYUSHO KK [JP]; TOYOTA MOTOR CO LTD [JP] TOYOTA CHUO KE) 21 July 2004 (2004-07-21) paragraphs [0024], [0026], [0029], [0038], [0046] - [0049]; claim 1; figures 1,5,8 -----	1-5,7-11
X	JP 2013 095205 A (DAIHATSU MOTOR CO LTD) 20 May 2013 (2013-05-20) paragraphs [0012], [0018], [0022], [0025]; figures 1,2,3(a),5 -----	1-3,5-11
☐ 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 11 May 2015		Date of mailing of the international search report 01/06/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Rameau, Pascal

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/000416

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2013086516	A	13-05-2013	NONE

EP 1439296	A2	21-07-2004	EP 1439296 A2 21-07-2004
			JP 3958220 B2 15-08-2007
			JP 2004222439 A 05-08-2004
			US 2004142790 A1 22-07-2004

JP 2013095205	A	20-05-2013	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B60W20/00 B60W10/08 B60K6/48 B60W30/184 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B60W 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) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2013 086516 A (TOYOTA MOTOR CORP) 13. Mai 2013 (2013-05-13) Absätze [0028], [0031] - [0033]; Abbildungen 1,2,4,5 -----	1-3,5,7,10,11
X	EP 1 439 296 A2 (TOYODA CHUO KENKYUSHO KK [JP]; TOYOTA MOTOR CO LTD [JP] TOYOTA CHUO KE) 21. Juli 2004 (2004-07-21) Absätze [0024], [0026], [0029], [0038], [0046] - [0049]; Anspruch 1; Abbildungen 1,5,8 -----	1-5,7-11
X	JP 2013 095205 A (DAIHATSU MOTOR CO LTD) 20. Mai 2013 (2013-05-20) Absätze [0012], [0018], [0022], [0025]; Abbildungen 1,2,3(a),5 -----	1-3,5-11
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. Mai 2015		01/06/2015
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Rameau, Pascal

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/000416

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2013086516 A	13-05-2013	KEINE	

EP 1439296 A2	21-07-2004	EP 1439296 A2	21-07-2004
		JP 3958220 B2	15-08-2007
		JP 2004222439 A	05-08-2004
		US 2004142790 A1	22-07-2004

JP 2013095205 A	20-05-2013	KEINE	
