



(10) **DE 10 2018 202 854 B4** 2020.01.02

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 202 854.0**  
(22) Anmeldetag: **26.02.2018**  
(43) Offenlegungstag: **29.08.2019**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **02.01.2020**

(51) Int Cl.: **B60W 20/13** (2016.01)  
**B60W 20/12** (2016.01)  
**B60W 10/22** (2006.01)  
**B60W 10/26** (2006.01)  
**B60W 40/09** (2012.01)

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

(73) Patentinhaber:  
**AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE**

(72) Erfinder:  
**Lassenberger, Stephan, 85049 Ingolstadt, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2009 010 144	A1
DE	10 2010 036 658	A1
DE	10 2013 112 678	A1
DE	10 2014 009 448	A1
DE	10 2016 005 125	A1

**Audi Digital Illustrated - 12 und 48 Volt,  
14.10.2015. URL: <https://www.audi-illustrated.com>**

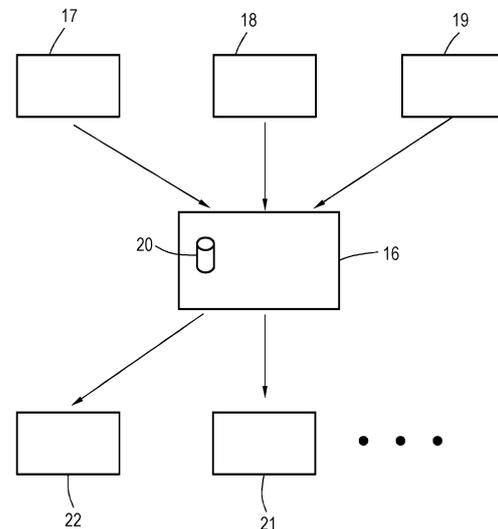
**[com/de/future-performance-2015/12\\_und\\_48\\_Volt](https://www.audi-illustrated.com/de/future-performance-2015/12_und_48_Volt)  
[abgerufen am 20.11.2018]**

**BERGANDER, C.: Motor Talk: Audi ERot: Stoßdämpfer mit Rekuperation – Bei Audi sollen Schlaglöcher Strom erzeugen, 10.08.2016. URL: <https://www.motor-talk.de/news/bei-audi-sollen-schlagloecher-strom-erzeugen-t5776339.html?page=2> [abgerufen am 20.11.2018]**

**HILLER, S.: So sollen Audis neue Stoßdämpfer Strom erzeugen, 27.10.2016. URL: <https://energyload.eu/elektromobilitaet/elektroauto/audi-stosdaempfer-strom-erot/> [abgerufen am 20.11.2018]**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb eines Bordnetzes eines Hybridkraftfahrzeugs und Hybridkraftfahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betrieb eines Bordnetzes (6) eines Hybridkraftfahrzeugs (1), wobei an das Bordnetz (6) ein Energiespeicher (7), ein Elektromotor (4) eines Hybrid-Antriebsstrangs (2), der auch einen Verbrennungsmotor (3) aufweist, und generatorisch betreibbare Aktoren (9) eines elektromechanischen Fahrwerksystems angeschlossen sind, wobei zur Einspeisung von durch wenigstens einen Teil der Aktoren (9) erzeugter elektrischer Energie in das Bordnetz (6) wenigstens eine Reservekapazität (20) des Energiespeichers (7) freigehalten wird, wobei die freizuhaltende Reservekapazität (20) in Abhängigkeit wenigstens einer den aktuellen und zukünftigen Betrieb des Hybridkraftfahrzeugs (1) beschreibenden Situationsinformation dynamisch angepasst wird, wobei als Situationsinformation ein prädiktiver Rückspeisebedarf des elektromechanischen Fahrwerksystems für die Zukunft in Abhängigkeit einer eine zukünftige Route des Hybridkraftfahrzeugs (1) beschreibenden Routeninformation unter Berücksichtigung von Streckenklassen und/oder Fahrbahnbeschaffenheiten entlang der Route ermittelt wird, wobei in Abhängigkeit des prädiktiven Rückspeisebedarfs ein die zukünftigen Reservekapazitäten beschreibender Reservekapazitätsverlauf entlang der Route ermittelt wird, wobei zusätzlich auch ein prädiktiver Ladezustand des Energiespeichers (7) und ein Rekuperationspotential des Elektromotors (4) entlang der Route ermittelt und bei der Ermittlung der freizuhaltenden Reservekapazität (20) berücksichtigt wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Bordnetzes eines Hybridkraftfahrzeugs, wobei an das Bordnetz ein Energiespeicher, insbesondere eine Batterie, ein Elektromotor eines Hybrid-Antriebsstrangs, der auch einen Verbrennungsmotor aufweist, und generatorisch betreibbare Aktoren eines elektromechanischen Fahrwerksystems angeschlossen sind, wobei zur Einspeisung von durch wenigstens einen Teil der Aktoren erzeugter elektrischer Energie in das Bordnetz wenigstens eine Reservekapazität des Energiespeichers freigehalten wird. Daneben betrifft die Erfindung ein Hybridkraftfahrzeug.

**[0002]** Hybridkraftfahrzeuge weisen in ihrem Hybrid-Antriebsstrang sowohl einen Elektromotor als auch einen Verbrennungsmotor auf. Dabei wurden insbesondere auch Hybridkraftfahrzeuge vorgeschlagen, bei denen die Leistung des Elektromotors eher klein ist, so dass der Elektromotor an einem Bordnetz mittlerer Spannung, beispielsweise bei 48 V, betrieben werden kann. Derartige Hybridkraftfahrzeuge können auch elektromechanische Fahrwerksysteme aufweisen, die auf der gleichen Spannungslage liegen und somit an das selbe Bordnetz angeschlossen werden können.

**[0003]** Elektromechanische Fahrwerksysteme umfassen beispielsweise Wankstabilisatoren und weisen üblicherweise Aktoren auf, beispielsweise ansteuerbare Dämpfer und/oder Stabilisatoren, um verschiedene Verstellungen des Aufbaus gegenüber den Rädern zu ermöglichen, so dass beispielsweise ein Ausgleich von Aufbaubewegungen und dergleichen ermöglicht werden. Derartige Aktoren können beispielsweise einen Elektromotor umfassen beziehungsweise ein Elektromotor sein, wobei insbesondere jedem Rad wenigstens ein Aktor zugeordnet ist.

**[0004]** Wie bereits erwähnt, werden für elektromechanische Fahrwerksysteme mit höherer Leistungsanforderung Spannungslagen oberhalb der heute in Kraftfahrzeugen gebräuchlichen 12 V eingesetzt. So wurden im Stand der Technik bereits aktive Rad-aufhängungen und/oder aktive Wankstabilisierungen vorgeschlagen, die mit einer Spannungslage von 48 V arbeiten. Diese elektromechanischen Fahrwerksysteme bieten prinzipiell, insbesondere im Fall von Elektromotoren in den Aktoren, auch die Möglichkeit, die Aktoren generatorisch zu betreiben. Ein generatorischer Betrieb ist beispielsweise zweckmäßig, wenn eine Hubbewegung des Aufbaus über den Aktor abzubremsen ist. Dann ist es möglich, mechanische Bewegungsenergie in elektrische Energie umzuwandeln, welche wieder in den Energiespeicher des Bordnetzes des elektromechanischen Fahrwerksystems zurückgespeist wird.

**[0005]** Im Stand der Technik wurde auch bereits vorgeschlagen, Stoßdämpfer beziehungsweise Radaufhängungen im Allgemeinen mit generatorischen Mitteln zur Energierückgewinnung an dieser Stelle auszustatten. Beispielsweise offenbart DE 10 2009 010 144 A1 ein Verfahren und eine Ladevorrichtung zum Aufladen einer Kraftfahrzeugbatterie, wobei eine mechanische Leistung an der Fahrzeugfederung in elektrische Leistung umgewandelt wird. DE 10 2010 036 658 A1 betrifft eine Vorrichtung zur Umwandlung von kinematischer Energie in elektrische Energie mittels einer beweglichen Fahrzeugkomponente eines Kraftfahrzeugs, wobei mittels der Energieerzeugungseinheit generierte Spannungsspitzen als elektrische Energie in die Energiespeichereinheit eingespeist werden können, um diese aufzuladen. Die Energieerzeugungseinheit kann die Funktion einer beweglichen Fahrzeugkomponente, insbesondere eines Stoß- oder Schwingungsdämpfers, übernehmen.

**[0006]** Aus Kosten- und Bauraumgründen ist es sinnvoll, in Hybridkraftfahrzeugen, welche auch über ein auf der gleichen Spannungslage wie der Elektromotor des Hybrid-Antriebsstrangs arbeitendes elektromechanisches Fahrwerksystem verfügen, die Bordnetzkomponenten im Verbund zu nutzen, mithin sowohl den Elektromotor des Hybrid-Antriebsstrangs als auch die generatorisch betreibbaren Aktoren des elektromechanischen Fahrwerksystems an dasselbe Bordnetz anzuschließen. In einem solchen Hybridkraftfahrzeug wird der Energiespeicher des Bordnetzes durch den Hybrid-Antriebsstrang stärker und vor allem in größeren Hüben zyklisiert als dies gewöhnlich für separate Energiespeicher, die nur dem elektromechanischen Fahrwerksystemen zugeordnet sind, der Fall ist.

**[0007]** Um eine Rückspeisung der elektrischen Energie bei generatorischem Betrieb des elektromechanischen Fahrwerksystems jederzeit gewährleisten zu können, wurde vorgeschlagen, ein maximales Rückspeisepotenzial des elektromechanischen Fahrwerksystems in dem Bordnetz statisch vorzuhalten, insbesondere als Reservekapazität des Energiespeichers. Eine solche Reservekapazität, also der statische Rückspeisevorhalt, muss bei der Systemauslegung des Bordnetzes berücksichtigt werden und kann prinzipiell durch zwei Maßnahmen umgesetzt werden. Eine erste Möglichkeit besteht in einer Reduzierung des Ausnutzungsgrades des bestehenden Bordnetzes für das Hybridsystem des Hybridkraftfahrzeugs, insbesondere also in einer Reduzierung der nutzbaren Ladezustände des Energiespeichers. Dies bedeutet allerdings eine Einschränkung der Nutzung elektrischer Energie, so dass die Kohlendioxid-Kennziffer des Kraftfahrzeugs verschlechtert wird, nachdem die potenziell über Rekuperation durch den Hybrid-Antriebsstrang rückgespeiste Energie begrenzt werden muss.

**[0008]** Eine weitere Lösungsmöglichkeit ist die Vergrößerung des Energiespeichers über die für den Hybrid-Antriebsstrang benötigte Auslegungsgröße. Dies entspricht letztlich der Vergrößerung des Energiespeichers des Bordnetzes um den statischen Rückspeisevorhalt des elektromechanischen Fahrwerksystems. Durch diese vergrößerte Auslegung steigen Kosten und Aufwand für das Bordnetz deutlich an.

**[0009]** Dabei sei darauf hingewiesen, dass aus Kosten- und Bauraumgründen eine Verkomplizierung der Aktoren selbst nicht gewünscht ist. Aus Sicherheitsgründen sind die Aktoren des elektromechanischen Fahrwerksystems nicht abschaltbar, so dass mithin generierte elektrische Energie durch Umwandlung mechanischer Energie grundsätzlich in das Bordnetz eingespeist wird.

**[0010]** DE 10 2016 005 125 A1 betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Energiespeichereinrichtung eines Mild-Hybrid-Kraftfahrzeugs sowie eine Ladezustandssteuereinrichtung für ein Mild-Hybrid-Kraftfahrzeug. Dabei soll die Energiespeichereinrichtung eine Gesamtkapazität aufweisen, allerdings soll ein Ladezustand der Energiespeichereinrichtung zwischen einem oberen und einem unteren Schwellwert für einen Zielladezustandsbereich der Energiespeichereinrichtung eingestellt werden. Während mindestens einer Fahrt soll ein Lade- und ein Entladevorgang mit Bezug auf mit der Energiespeichereinrichtung ausgetauschte Energiemengen überwacht und daraus mit einer vorgebbaren Wahrscheinlichkeit zu erwartende Energiemengen für zukünftige Lade- und Entladevorgänge ermittelt werden, woraus wiederum der obere und der untere Schwellwert für den Zielladezustandsbereich angepasst werden sollen.

**[0011]** DE 10 2014 009 448 A1 betrifft eine prädiktive Ladezustandssteuerung einer Energiespeichereinrichtung eines elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugs, wobei ein Energiebedarf einer ersten Einrichtung eines Bordnetzes auf einem Streckenabschnitt prädiziert werden soll und bei Unterschreiten eines vorbestimmten Schwellenwerts des prädizierten Energiebedarfs der ersten Einrichtung eine für die erste Einrichtung des Bordnetzes reservierte Energiemenge eines Energievorhalts der Energiespeichereinrichtung zumindest teilweise einer zweiten Einrichtung des Bordnetzes zugeteilt werden soll. So soll der Kraftstoffverbrauch und damit der CO<sub>2</sub>-Ausstoss verringert werden. Eine unnötige Energiereserve soll vermieden werden. Bei der ersten Einrichtung kann es sich um eine Fahrwerkseinrichtung handeln, beispielsweise einen elektrischen Turbolader und/oder einen Wankstabilisator, bei der zweiten Einrichtung um eine Komforteinrichtung.

**[0012]** DE 10 2013 112 678 A1 betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Ladezustands einer Batterie ei-

nes Bordnetzes, bei dem eine variable untere Ladegrenze nicht unterschritten und eine variable obere Ladegrenze der Batterie nicht überschritten werden soll.

**[0013]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein demgegenüber verbessertes Energiemanagement in einem Bordnetz, an das sowohl ein elektromechanisches Fahrwerksystem als auch ein Elektromotor eines Hybrid-Antriebsstrangs angeschlossen sind, zu ermöglichen.

**[0014]** Zur Lösung dieser Aufgabe sind bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß die Merkmale des Anspruchs 1 vorgesehen.

**[0015]** Erfindungsgemäß wurde bekannt, dass der Kapazitätsbedarf für die Rückspeisung von Aktoren von elektromechanischen Fahrwerksystemen vor allem vom Streckenprofil, dem Fahrerprofil und der Fahrbahnbeschaffenheit abhängig ist. Durch Vernetzung entsprechender Situationsinformationen und Fahrstilinformationen mit dem Energiemanagement des Bordnetzes, beispielsweise in einem Energiemanagementsteuergerät, ist es möglich, den aktuell benötigten Rückspeisevorhalt, also die freizuhaltende Reservekapazität, abzuschätzen. Auf diese Weise kann die freizuhaltende Reservekapazität dynamisch an den zu erwartenden Bedarf angepasst werden. Bei einem kleineren Rückspeisevorhalt des elektromechanischen Fahrwerksystems kann die freiwerdende Kapazität des Energiespeichers durch das Hybridsystem des Hybrid-Antriebsstrangs genutzt werden, das bedeutet, durch Verringerung der Reservekapazität freigegebene Kapazität des Energiespeichers kann dem Elektromotor bereitgestellt werden. Der Energiespeicher des Bordnetzes des Hybridkraftfahrzeugs kann hierdurch besser ausgelastet werden und gegebenenfalls auch kleiner ausgelegt werden, ohne die Kohlendioxid-Kennziffer des Hybridkraftfahrzeugs zu verschlechtern.

**[0016]** Dabei sei noch angemerkt, dass auch grundsätzlich passive Rückspeiseelemente eines Fahrwerksystems, beispielsweise die in DE 10 2009 010 144 A1 beziehungsweise DE 10 2010 036 658 A1 genannten Fahrzeugkomponenten, welche elektrische Energie rückspeisen können, als Aktoren im erfindungsgemäßen Sinne genutzt und aufgefasst werden können. Besondere Vorteile ergeben sich jedoch im Rahmen der vorliegenden Erfindung hauptsächlich für tatsächliche, mithin aktiv ansteuerbare Aktoren, beispielsweise solche, die einen Aktor-Elektromotor aufweisen, da diese in ihrer aktuellen Form auslegungsbedingt grundsätzlich generierte Energie in das Bordnetz rückspeisen und zu einer Vermeidung dieses Vorgangs aufwendig umgestaltet werden müssten. Bei dem elektromechanischen Fahrwerksystem handelt es sich also insbesondere um ein aktives Fahrwerksystem.

**[0017]** Ein Rückspeisevorhalt und somit die freizuhalten- de Reservekapazität ist üblicherweise auch auf einen Zeitraum, insbesondere einen Prädiktionszeitraum, bezogen, beispielsweise einen, für den angenommen wird, dass die aktuelle Fahrsituation bezüglich der rückgewinnbaren Energie über die Aktoren erhalten bleibt und/oder vorhersagbar ist. Ergibt sich beispielsweise, worauf im Folgenden noch näher eingegangen wird, aus digitalem Kartenmaterial eines Navigationssystems des Kraftfahrzeugs, dass eine unebene Landstraße schlechter Fahrbahnbeschaffenheit, die eine große Menge umwandelbarer mechanischer Energie bereitstellt, ohne dass dies durch zu verbrauchende Energie kompensiert wird, befahren wird, ergibt sich ein größerer Rückspeisevorhalt. Entsprechend kann es im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch zweckmäßig sein, dass ein Zeitraum, auf den die freizuhalten- de Reservekapazität bezogen ist, ebenso dynamisch gewählt wird, insbesondere aufgrund der den zukünftigen Betrieb des Kraftfahrzeugs beschreibenden Situationsinformation. Ist beispielsweise von vornherein bekannt, wie lange ein abwärtsführendes, kurvenreiches Stück anhält, in dem mehr Energie seitens der Aktoren generiert wird als sie verbraucht wird und zudem von dem Elektromotor kein besonderer Verbrauch zu erwarten ist, kann eine entsprechende freizuhalten- de Reservekapazität für dieses Streckenstück bereitgehalten werden; ein „Zeitraum“ kann dabei im Übrigen auch durch eine abzufahrende Streckenlänge beschrieben sein.

**[0018]** Es sei zudem an dieser Stelle angemerkt, dass eine zu geringe Bemessung der freizuhalten- den Reservekapazität des Energiespeichers nicht zwangsläufig zu einer Überladung des Bordnetzes führen muss, nachdem Maßnahmen existieren, um Energiesenken innerhalb des Bordnetzes bei Bedarf zu erzeugen, beispielsweise ein Betrieb des Elektromotors, obwohl dies in der aktuellen Situation nicht nötig beziehungsweise nicht energieeffizient wäre.

**[0019]** In einer zweckmäßigen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann als Situationsinformation eine Streckenklasse und/oder eine Fahrbahnbeschaffenheit der aktuell und/oder zukünftig befahrenen Strecke verwendet werden. In einer möglichen, einfachen Realisierung kann beispielsweise eine statische Klassifizierung des Rückspeisevorhalts (hoch, mittel, niedrig) auf Basis von Streckentypen (beispielsweise Stadtverkehr, Autobahn, kurvige Landstraße) in Zusammenhang mit einer Regelstrategie des elektromechanischen Fahrwerksystems erfolgen. Jedoch wird eine dezidierte Analyse, die sich insbesondere auch auf weitere Eigenschaften der vorausliegenden Strecke bezieht, bevorzugt, wie im Folgenden noch genauer dargelegt werden wird. Streckenklassen können beispielsweise eine Stadtverkehrsklasse und/oder eine Autobahnklasse und/oder eine kurvige Landstraßenklasse und/oder

eine wenig kurvige Landstraßenklasse und/oder eine Offroadklasse umfassen. Besonders bevorzugt ist es, wenn die Streckenklasse von einem Navigationssystem des Kraftfahrzeugs bereitgestellt wird, insbesondere aus digitalem Kartenmaterial des Navigationssystems in Zusammenschau mit einer aktuellen Position des Kraftfahrzeugs, welche beispielsweise mittels einem GPS-Sensor beziehungsweise allgemein GNSS-Sensor bestimmt werden kann.

**[0020]** Die vorliegende Erfindung sieht vor, dass als Situationsinformation ein prädiktiver Rückspeisebedarf für die Zukunft in Abhängigkeit einer insbesondere von einem Navigationssystem des Hybridkraftfahrzeugs gelieferten, eine zukünftige Route des Hybridkraftfahrzeugs beschreibenden Routeninformation unter Berücksichtigung von Streckenklassen und/oder Fahrbahnbeschaffenheiten entlang der Route ermittelt wird. Während die Kenntnis über die derzeit befahrene Strecke mittels digitalem Kartenmaterial aus dem Navigationssystem bereits zweckmäßig ist, um das voraussichtliche Rückspeisepotenzial des elektromechanischen Fahrwerksystems abzuschätzen, kann durch eine Verknüpfung mit der über das Navigationssystem geplanten Route eine noch bessere Vorausschau erstellt werden. Insbesondere kann dabei nicht nur abgeschätzt werden, wie lange die aktuelle Fahrsituation des Hybridkraftfahrzeugs weiter bestehen wird, sondern durch die Berücksichtigung anschließender Streckenabschnitte sowie deren Streckenklasse/Fahrbahnbeschaffenheit kann auch dort bereits ein Rückspeisebedarf vorhergesagt werden, was wiederum für den vorangehenden Streckenabschnitt und die dortige benötigte freigehaltene Reservekapazität berücksichtigt werden kann. Mit besonderem Vorteil ist vorgesehen, in Abhängigkeit des prädiktiven Rückspeisebedarfs einen die zukünftigen Reservekapazitäten beschreibenden Reservekapazitätsverlauf entlang der Route zu ermitteln.

**[0021]** Zusätzlich werden auch ein prädiktiver Ladezustand des Energiespeichers und ein Rekuperationspotenzial des Elektromotors entlang der Route ermittelt und bei der Ermittlung der freizuhalten- den Reservekapazität berücksichtigt. Ist beispielsweise aufgrund einer geplanten häufigen Nutzung des Elektromotors ohnehin mit einem niedrigen Ladezustand des Energiespeichers zu rechnen, ist es problemloser möglich, generatorisch erzeugte Energie der Aktoren unterzubringen. Informationen über den zusätzlichen Einfluss des Elektromotors des Hybrid-Antriebsstrangs können ferner auch bei der Ausglättung des Reservekapazitätsverlaufs entlang der Route berücksichtigt werden, so dass beispielsweise kurze Abschnitte einer Streckenklasse, insbesondere, wenn ohnehin ein relativ leerer Energiespeicher erwartet wird, nicht zwangsläufig zu einer Anpassung der Reservekapazität für solche Abschnitte führen.

**[0022]** Mit besonderem Vorteil ist jedoch eine wechselseitige Verknüpfung der Prädiktion hinsichtlich des Elektromotors und der Prädiktion hinsichtlich des elektromechanischen Fahrwerksystems möglich, um die Effizienz des Energiemanagements insgesamt zu verbessern. So sieht eine besonders bevorzugte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung vor, dass bei einer Vorausplanung des Betriebs des Hybrid-Antriebsstrangs in Abhängigkeit von dem Rekupe-  
rationspotenzial des Elektromotors entlang der Route, auch der prädiktive Rückspeisebedarf berücksichtigt wird. Es ist im Stand der Technik bereits bekannt, prädiktive Betriebsstrategien für Hybrid-Antriebsstränge aufgrund einer bekannten Route festzulegen. Derartige Betriebsstrategien beinhalten beispielsweise, wann und in welchem Maße der Elektromotor zum Antrieb beitragen soll, wann wie stark durch den Elektromotor rekupe-  
riert werden soll und dergleichen. Ist nun auch bekannt, wie der zukünftige Energiehaushalt des elektromechanischen Fahrwerksystems, insbesondere von dieser erhaltbare rückgespeiste Energie, aussieht, kann auch dies im Hinblick auf die Betriebsstrategie miteinbezogen werden, um eine übergreifende energetische Optimierung der Effizienz zu ermöglichen. Ist beispielsweise im Voraus bekannt, dass zusätzliche elektrische Energie generatorisch von den Aktoren des elektromechanischen Fahrwerksystems erhalten wird, kann ein Verbrauch dieser Energie miteingeplant werden, um beispielsweise den Kraftstoffverbrauch seitens des Verbrennungsmotors zu begrenzen, auch wenn beispielsweise der Einsatz des Elektromotors nicht wirkungsgradoptimal wäre. In einer derartigen Ausprägung wird mithin eine besonders effiziente Betriebsweise eines Hybridsystems im Verbund mit einem elektromechanischen Fahrwerksystem erreicht. Denn zur Verbesserung des Energiemanagements des gesamten Bordnetzes können die beschriebenen Informationen des elektromechanischen Fahrwerksystems mit prädiktiven Rückspeisepotenzialen aus der Rekupe-  
rationsfunktion des Hybrid-Antriebsstrangs verknüpft werden.

**[0023]** Eine allgemeine vorteilhafte Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die Fahrstilinformation den Fahrstil eines aktuellen Fahrers in Hinblick auf Aufbaubewegungen des Hybridkraftfahrzeugs beschreibt. Tendiert ein Fahrer beispielsweise zu einer eher sportlichen, dynamischen Fahrweise ist mit einer geringeren Rückspeisung von elektrischer Energie durch die Aktoren zu rechnen, welche stattdessen mehr Energie zu ihrem Betrieb benötigen könnten. Letztlich beschreibt die Fahrstilinformation insgesamt also, wie viel mechanische Bewegung durch den Fahrstil des Fahrers voraussichtlich induziert wird, die in elektrische Energie umgewandelt werden kann, wofür beispielsweise untersucht werden kann, wie hart der Fahrer beschleunigt/bremst, wie schnell er in Kurven einfährt und dergleichen. Entsprechende Vorgehensweisen zur Klassifizierung

von Fahrern hinsichtlich ihres Fahrstils sind im Stand der Technik bereits grundsätzlich bekannt und können auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung entsprechend eingesetzt werden.

**[0024]** Vorteilhaft ist es ferner, wenn als Situationsinformation ein dynamisch und/oder benutzergesteuert einstellbarer Betriebsparameter des elektromechanischen Fahrwerksystems verwendet wird. Ein entsprechender Betriebsparameter kann beispielsweise beschreiben, mit wie viel Energieverbrauch durch die Aktoren des elektromechanischen Fahrwerksystems zu rechnen ist, insbesondere im Vergleich zu dem Rückspeisepotential, das besteht. Beispielsweise wurde im Stand der Technik bereits vorgeschlagen, dem Fahrer die Möglichkeit zu geben, elektromechanische Fahrwerksysteme auf eine eher sportliche Fahrweise oder auf eine eher komfortorientierte Fahrweise abzustimmen. Entsprechende, meist mehrere Betriebsparameter des elektromechanischen Fahrwerksystems beschreibende Betriebsmodi erlauben Aussagen darüber, wie viel Energie, beispielsweise durch stärkere benötigte Dämpfung, voraussichtlich für die Aktoren benötigt wird und welche Situationen sich ergeben können, in denen die Aktoren (insbesondere durch nichtgedämpfte Aufbaubewegungen) Energie erzeugen, so dass ein ersichtlicher Einfluss auf den Rückspeisevorrat und somit die freizuhaltende Reservekapazität besteht, welche beispielsweise durch einen entsprechenden Modifizierungsfaktor, der aus dem wenigstens einen Betriebsparameter ableitbar ist, verwendet werden kann. Mithin kann die dynamisch beziehungsweise fahrerseitig beeinflussbare Regelstrategie des elektromechanischen Fahrwerksystems in ihrem Einfluss auf das Rückspeisepotential berücksichtigt werden, um eine noch genauere Voraussage zu erlauben.

**[0025]** In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann vorgesehen sein, dass zur Erniedrigung des Ladezustands des Energiespeichers, insbesondere zur Realisierung einer erhöhten Reservekapazität, ein Anteil der Energie des Energiespeichers über einen Gleichspannungswandler in ein Niederspannungsnetz des Hybridkraftfahrzeugs ausgegeben wird. Neben dem hier beschriebenen Bordnetz, an das der Elektromotor des Hybrid-Antriebsstrangs sowie die Aktoren des elektromechanischen Fahrwerksystems angeschlossen sind und das beispielsweise eine Spannungslage von 48 V aufweisen kann, weisen Hybridkraftfahrzeuge üblicherweise auch wenigstens ein weiteres Bordnetz niedriger Spannung, mithin das Niederspannungsnetz, auf. Während es grundsätzlich nachteilig wäre, elektrische Energie auf die Niederspannungsseite zu verschieben, kann doch, wenn ein besonders hoher Energieeinput seitens des Elektromotors und/oder der Aktoren festgestellt wurde, es in Ausnahmefällen sinnvoll sein, gewinnbare bzw. gewonnene Energie, statt sie zu verwerfen

oder anderweitig weniger sinnvoll einzusetzen, auf die Niederspannungsseite zu verschieben. Insbesondere erlaubt es das erfindungsgemäße Verfahren im Sinne eines gemeinsamen Energiemanagements für den Hybrid-Antriebsstrang und das elektromechanische Fahrwerkssystem auch, dass eine Erniedrigung des Ladezustands des Energiespeichers auch herbeigeführt wird, wenn ein hohes Rekuperationspotenzial seitens des Elektromotors besteht. Auch in solchen Fällen kann mithin elektrische Energie in das Niederspannungsnetz verschoben werden, beispielsweise zum Aufladen einer entsprechenden Niederspannungsbatterie.

**[0026]** Gerade auch im Zusammenhang mit der Eröffnung solcher zusätzlichen Möglichkeiten, wie der Energieverschiebung auf eine Niederspannungsseite, zeigen sich die Vorteile eines ganzheitlichen Energiemanagementansatzes für ein Bordnetz, an das Aktoren eines elektromechanischen Fahrwerkssystems und ein Elektromotor eines Hybrid-Antriebsstrangs angeschlossen sind. Nicht nur können Rückspeisepotenziale und Verbrauchspotenziale zu einer aufeinander abgestimmten Energiemanagementstrategie verarbeitet werden, sondern es können auch verschiedene Möglichkeiten genutzt werden, im Sinne einer insgesamt energetischen Optimierung Energie aus dem Bordnetz zu entfernen, insbesondere durch den grundsätzlich eher ungewollten Vorgang des Verschiebens von elektrischer Energie in ein Niederspannungsnetz. Eine entsprechende Energiemanagementstrategie ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn eine Bergabfahrt (hohes Rückspeisepotenzial des Hybrid-Antriebsstrangs) auf kurviger Strecke (hoher Rückspeisebedarf des elektromechanischen Fahrwerkssystems) vorliegt.

**[0027]** Neben den Verfahren betrifft die Erfindung auch ein Hybridkraftfahrzeug, aufweisend ein Bordnetz, an das ein Energiespeicher, insbesondere eine Batterie, ein Elektromotor eines Hybrid-Antriebsstrangs, der auch einen Verbrennungsmotor aufweist, und generatorisch betreibbare Aktoren eines elektromechanischen Fahrwerkssystems angeschlossen sind, wobei dem Bordnetz ein Energiemanagementsteuergerät des Hybridkraftfahrzeugs zugeordnet ist, welches zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist. Sämtliche Ausführungen bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich analog auf das erfindungsgemäße Hybridkraftfahrzeug übertragen, mit welchem mithin ebenso die bereits genannten Vorteile erhalten werden können.

**[0028]** Weitere Vorteile und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnung. Dabei zeigen:

**Fig. 1** eine Prinzipskizze eines erfindungsgemäßen Hybridkraftfahrzeugs, und

**Fig. 2** eine Skizze zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0029]** **Fig. 1** zeigt eine Prinzipskizze eines erfindungsgemäßen Hybridkraftfahrzeugs **1**. Dieses weist einen Hybrid-Antriebsstrang **2** auf, von dessen Komponenten vorliegend ein Verbrennungsmotor **3**, ein Elektromotor **4** und ein Getriebe **5** gezeigt sind. Der Elektromotor **4**, welcher zur Rekuperation selbstverständlich auch generatorisch betreibbar ist, wird hierbei bei einer Spannungslage von 48 V genutzt und ist an ein entsprechendes Bordnetz **6** angeschlossen, in dem auch ein wiederaufladbarer elektrischer Energiespeicher **7**, hier eine Batterie, vorliegt.

**[0030]** An das Bordnetz **6** sind vorliegend jedoch auch einzelnen Rädern **8** zugeordnete Aktoren **9** angeschlossen, wobei die Aktoren **9** auch generatorisch betrieben werden können. Bei den Aktoren **9** kann es sich um Stabilisatoren, Dämpfer oder dergleichen handeln, die insbesondere selbst einen Aktor-Elektromotor aufweisen können. Die Aktoren **9** können in dem sich ergebenden aktiven, elektromechanischen Fahrwerkssystem angesteuert werden, um die Höhe des Aufbaus zu den Rädern **8** anzupassen, beispielsweise Schwingungen auszugleichen und dergleichen. Beispielsweise kann das elektromechanische Fahrwerkssystem wankstabilisierend wirken.

**[0031]** Dem Bordnetz **6**, welches somit insgesamt eine Spannungslage von 48 V aufweist, ist ein Energiemanagement-Steuergerät **10** zugeordnet, welches mit weiteren Fahrzeugsystemen verbunden ist und von diesen Informationen erhalten kann, beispielsweise mit einem Navigationssystem **11**, einem Fahrerinformationssystem **12**, welches eine Fahrstilinformation liefern kann sowie sonstigen Fahrzeugsystemen **13**, die beispielsweise auf Sensordaten basierende Situationsinformationen liefern können, insbesondere, was die Fahrbahnbeschaffenheit und den vorausliegenden Streckenverlauf, der auch aus Kameradaten präzisiert werden kann, angeht.

**[0032]** Das Bordnetz **6** ist ferner über einen Gleichspannungswandler **14** mit einem hier nur angedeuteten Niederspannungsnetz **15** des Hybrid-Kraftfahrzeugs **1** verbunden, welches beispielsweise eine Spannungslage von 12 V aufweisen kann. Das Energiemanagement Steuergerät **10** ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet, das mit Hilfe der Zusammenhangsskizze der **Fig. 2** näher erläutert werden soll.

**[0033]** Das eigentliche Energiemanagement wird dabei durch einen zentralen Schritt **16** angedeutet, der verschiedene Eingangsinformationen, die sowohl den Hybrid-Antriebsstrang **2** als auch das elektromechanische Fahrwerkssystem beziehungsweise sei-

ne Aktoren **9** betreffen, verwendet, um ein ganzheitliches, beide angeschlossene System berücksichtigende Energiemanagement durchzuführen. Eine wesentliche Eingangsinformation stammt dabei aus einer mittels Schritt **17** angedeuteten Prädiktion, die auf Situationsinformationen zur Streckenklasse und zur Fahrbahnbeschaffenheit beruht. Dabei werden, insbesondere aufgrund einer von dem Navigationssystem **11** bereitgestellten Route nebst Zusatzinformationen für einen möglichst weiten Zeitraum in die Zukunft vorliegend der Rückspeisebedarf der Aktoren **9**, der Energiebedarf der Aktoren **9**, ein Energiebedarf des Elektromotors **4** und ein Rekuperationspotenzial des Elektromotors **4**, insbesondere entlang der Route, vorausberechnet. Auch kann hier bereits auf einen Verlauf des Ladezustands des Energiespeichers **7** geschlossen werden. Weitere Eingangsinformationen des Schrittes **16**, die insbesondere das elektromechanische Fahrwerksystem betreffen, sind eine Fahrstilinformation **18** über den Fahrstil eines Fahrers und Betriebsparameter des elektromechanischen Fahrwerksystems, insbesondere ein von einem Benutzer gewählter Betriebsmodus.

**[0034]** Das Energiemanagement in Schritt **16** umfasst nun insbesondere auch die Ermittlung einer freizuhaltenden Reservekapazität **20** des Energiespeichers **7**, um den Rückspeisebedarf des elektromechanischen Fahrwerksystems decken zu können. Das bedeutet, von den Aktoren **9** generierte elektrische Energie kann grundsätzlich in dem Bordnetz **6**, konkret wenigstens teilweise im Energiespeicher **7**, untergebracht werden. Die freizuhaltende Reservekapazität **20** wird dabei dynamisch angepasst, nachdem beispielsweise auf einer kurvigen Strecke mehr Rückspeisebedarf durch die Aktoren **9** besteht, als bei einer geraden, ruhigen Fahrt, beispielsweise auf einer Autobahn. Wird bislang freigehaltene Reservekapazität **20** im Laufe der Zeit freigegeben, wird diese dem Elektromotor **4** und somit dem Hybridsystem bereitgestellt. Dies ermöglicht eine verbesserte Ausnutzung der vorhandenen Kapazität des Energiespeichers **7**. In die Ermittlung der freizuhaltenden Reservekapazität **20** gehen insbesondere auch die Fahrstilinformation **18** und die Betriebsparameter **19** ein, insbesondere in Form von Korrekturfaktoren.

**[0035]** Das Energiemanagement des Schrittes **16** geht jedoch über eine dynamische Variation des Rückspeisevorhalts, also der freizuhaltenden Reservekapazität **20**, deutlich hinaus. Denn der Rückspeisebedarf der Aktoren **9** wird auch im Hinblick auf die Ermittlung einer Betriebsstrategie für den Hybrid-Antriebsstrang **2** berücksichtigt, gemeinsam mit dem Rekuperationspotenzial des Elektromotors **4**, um insbesondere den Kraftstoffverbrauch durch den Verbrennungsmotor **3** möglichst gering zu halten, so dass auch voraussichtlich rückgespeiste Energie der Aktoren **9** möglichst weitgehend verwendet werden kann. Doch nicht nur ein Betrieb des Elektromotors

**4**, angedeutet im Schritt **21**, kann als Maßnahme zur Entfernung von elektrischer Energie aus dem Bordnetz **6** in Betracht gezogen werden, sondern es ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch möglich, beispielsweise, um die freizuhaltende Reservekapazität **20** zu schaffen bzw. unmittelbar generierte Energie der Aktoren **9** zu verbrauchen oder aber auch, um Rekuperationspotenzial des Elektromotors **4** zu nutzen, wie im Schritt **22** angedeutet, über den Gleichspannungswandler **14** elektrische Energie von dem Bordnetz **6** in das Niederspannungsnetz **15** zu verschieben, beispielsweise um eine dortige Niederspannungsbatterie aufzuladen.

**[0036]** Insbesondere ergibt sich also durch das vernetzte Energiemanagement unter gleichzeitiger Betrachtung des elektromechanischen Fahrwerksystems und des Hybridsystems eine deutliche Verbesserung des Energiehaushalts, so dass mit anderen Worten gesagt werden kann, dass durch die Vernetzung des Rückspeisebedarfs des elektromechanischen Fahrwerksystems in Abhängigkeit von Strecken- und Fahrerprofil beziehungsweise Fahrbahnbeschaffenheiten mit der Betriebsstrategie des Hybridsystems eine übergreifende energetische Optimierung der Effizienz ermöglicht wird.

**[0037]** Dabei sei noch darauf hingewiesen, dass grundlegend, allerdings für Hybridsysteme als solche, bereits bekannte Konzepte beziehungsweise Algorithmen im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch auf die Vorausberechnung der Rekuperation des elektromechanischen Fahrwerksystems angewendet werden können. In Analogie zum Elektromotor **4** und seiner Rekuperation können bestimmten Streckenabschnitten unter Kenntnis ihrer Eigenschaften beispielsweise mittlere Rückspeiseraten zugeordnet werden, die dann gegebenenfalls über von der Fahrstilinformation und dergleichen abhängige Korrekturfaktoren angepasst werden können. Im Rahmen der Einbindung in die Ermittlung einer Betriebsstrategie für den Hybrid-Antriebsstrang **2** können ermittelte Rückspeisebedarfe des elektromechanischen Fahrwerksystems letztlich, gegebenenfalls unter zusätzlicher Berücksichtigung des Verbrauchs der Aktoren **9** bzw. des Elektromotors **4**, dem Rückspeisepotenzial des Elektromotors **4** hinzugefügt werden. Auf diese Weise ist mit dem bekannten Wissen eine konkrete Umsetzung der erfindungsgemäßen Ansätze möglich.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Bordnetzes (6) eines Hybridkraftfahrzeugs (1), wobei an das Bordnetz (6) ein Energiespeicher (7), ein Elektromotor (4) eines Hybrid-Antriebsstrangs (2), der auch einen Verbrennungsmotor (3) aufweist, und generatorisch betreibbare Aktoren (9) eines elektromechanischen Fahrwerksystems angeschlossen sind, wobei zur Einspei-

sung von durch wenigstens einen Teil der Aktoren (9) erzeugter elektrischer Energie in das Bordnetz (6) wenigstens eine Reservekapazität (20) des Energiespeichers (7) freigehalten wird, wobei die freizuhalten- de Reservekapazität (20) in Abhängigkeit wenigstens einer den aktuellen und zukünftigen Betrieb des Hybridkraftfahrzeugs (1) beschreibenden Situationsinformation dynamisch angepasst wird, wobei als Situationsinformation ein prädiktiver Rückspeisebedarf des elektromechanischen Fahrwerksystems für die Zukunft in Abhängigkeit einer eine zukünftige Route des Hybridkraftfahrzeugs (1) beschreibenden Routeninformation unter Berücksichtigung von Streckenklassen und/oder Fahrbahnbeschaffenheiten entlang der Route ermittelt wird, wobei in Abhängigkeit des prädiktiven Rückspeisebedarfs ein die zukünftigen Reservekapazitäten beschreibender Reservekapazitätsverlauf entlang der Route ermittelt wird, wobei zusätzlich auch ein prädiktiver Ladezustand des Energiespeichers (7) und ein Rekuperationspotential des Elektromotors (4) entlang der Route ermittelt und bei der Ermittlung der freizuhaltenden Reservekapazität (20) berücksichtigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch Verringerung der Reservekapazität (20) freigegebene Kapazität des Energiespeichers (7) dem Elektromotor (4) bereitgestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Situationsinformation eine Streckenklasse und/oder eine Fahrbahnbeschaffenheit der aktuell und/oder zukünftig befahrenen Strecke verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Streckenklassen eine Stadtverkehrsklasse und/oder eine Autobahnklasse und/oder eine kurvige Landstraßenklasse und/oder eine wenig kurvige Landstraßenklasse und/oder eine Offroadklasse verwendet werden und/oder die Streckenklasse von einem Navigationssystem (11) des Hybridkraftfahrzeugs (1) bereitgestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Routeninformation von einem Navigationssystem (11) des Hybridkraftfahrzeugs (1) geliefert wird.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Vorausplanung des Betriebs des Hybrid-Antriebsstrangs (2) in Abhängigkeit von dem Rekuperationspotential des Elektromotors (4) entlang der Route auch der prädiktive Rückspeisebedarf berücksichtigt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die freizuhalten- de Reservekapazität (20) zusätzlich in Abhän-

gigkeit wenigstens einer den Fahrstil des Fahrers des Hybridkraftfahrzeugs (1) beschreibenden Fahrstilinformation dynamisch angepasst wird, wobei die Fahrstilinformation den Fahrstil eines aktuellen Fahrers im Hinblick auf Aufbaubewegungen des Hybridkraftfahrzeugs (1) beschreibt.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Situationsinformation ein dynamisch und/oder benutzergesteuert einstellbarer Betriebsparameter des Fahrwerksystems verwendet wird.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erniedrigung des Ladezustands des Energiespeichers (7), zur Realisierung einer erhöhten Reservekapazität (20) ein Anteil der Energie des Energiespeichers (7) über einen Gleichspannungswandler (14) in ein Niederspannungsnetz (15) des Hybridkraftfahrzeugs (1) abgegeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Erniedrigung des Ladezustands des Energiespeichers (7) auch herbeigeführt wird, wenn ein hohes Rekuperationspotential seitens des Elektromotors (4) besteht.

11. Hybridkraftfahrzeug (1), aufweisend ein Bordnetz (6), an das ein Energiespeicher (7), ein Elektromotor (4) eines Hybrid-Antriebsstrangs (2), der auch einen Verbrennungsmotor (3) aufweist, und generatorisch betreibbare Aktoren (9) eines elektromechanischen Fahrwerksystems angeschlossen sind, wobei dem Bordnetz (6) ein Energiemanagementsteuerggerät (10) des Hybridkraftfahrzeugs (1) zugeordnet ist, welches zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche ausgebildet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

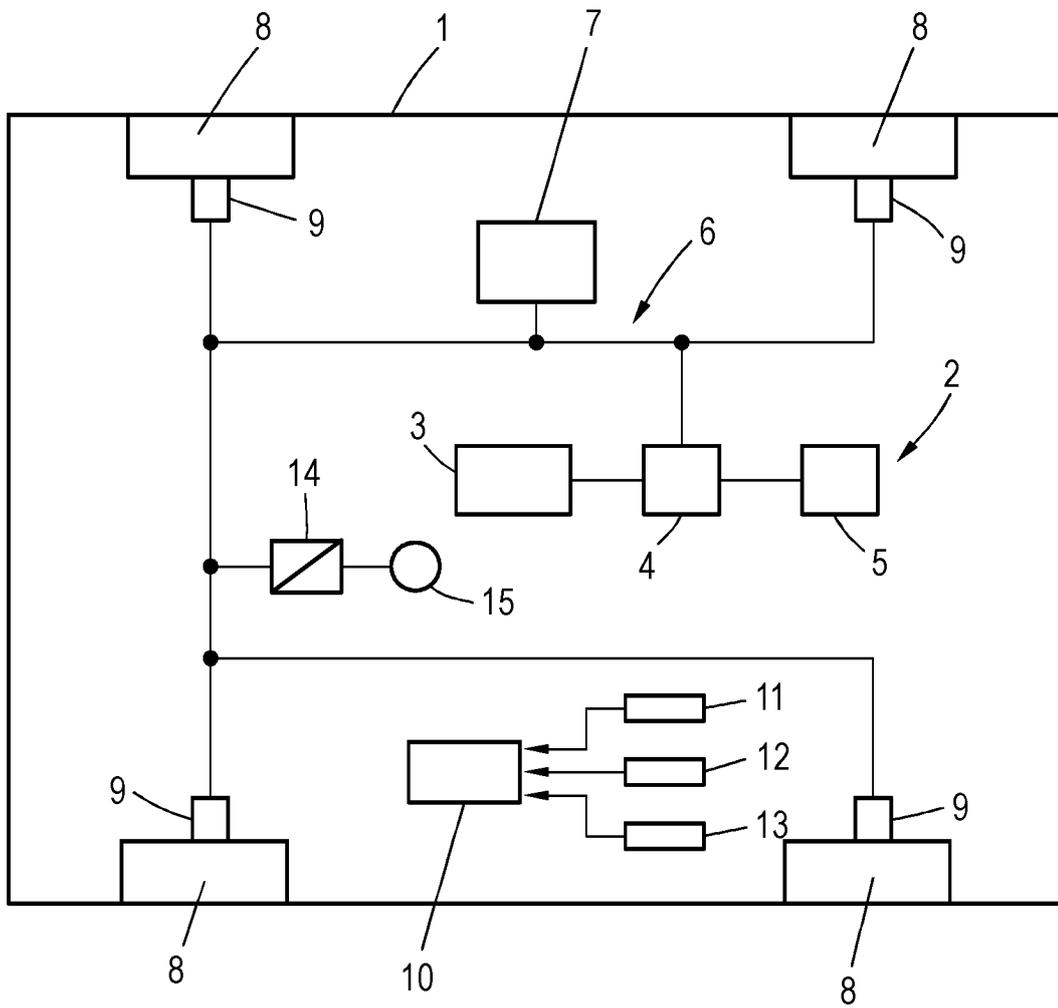


FIG. 2

