



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 115 210.0**
 (22) Anmeldetag: **05.06.2019**
 (43) Offenlegungstag: **10.12.2020**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **08.12.2022**

(51) Int Cl.: **B60L 50/60 (2019.01)**
B60L 58/10 (2019.01)
B60L 7/10 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
Köhler, Johannes, Dr., 97688 Bad Kissingen, DE

(74) Vertreter:
**Pöhner Scharfenberger Patent- & Rechtsanwalt
 Partnerschaft mbB, 97070 Würzburg, DE**

(72) Erfinder:
Erfinder gleich Patentinhaber

(56) Ermittelte Stand der Technik:

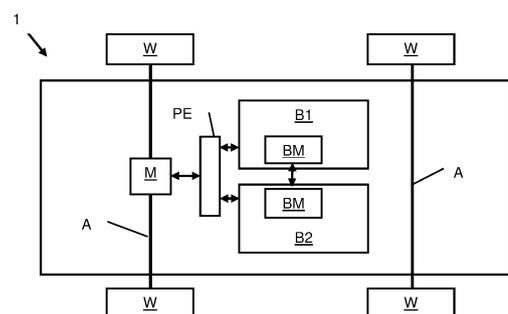
DE	10 2010 062 249	A1
DE	10 2014 109 430	A1
DE	10 2016 208 148	A1
DE	20 2014 010 746	U1
US	9 878 635	B1
US	2013 / 0 134 784	A1
US	2016 / 0 114 692	A1
EP	2 987 674	A1

(54) Bezeichnung: **Elektrofahrzeug mit rad- oder achsweisem elektrischem Antrieb aus jeweiligen Fahrbatterien und Verfahren zum Betrieb eines solchen Elektrofahrzeugs**

(57) Hauptanspruch: Elektrofahrzeug (1), umfassend

- ein oder mehr elektrische Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) die mit einer Achse (A1, A2) und/oder Rädern (W) mechanisch verbunden sind,
- ein oder mehr Leistungselektroniken (PE) zur Versorgung der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) mit elektrischer Energie und/oder zur Abnahme von durch die Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) bei einem Rekuperationsbetrieb erzeugter elektrischer Energie,
- eine erste Fahrbatterie (B1, B1a) als Speicher für die zum Antrieb der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) benötigten elektrischen Energie, und
- zumindest eine weitere Fahrbatterie (B2, B1b, B2a, B2b), welche mit der ersten Batterie (B1, B1a) über eine Ladungsausgleichselektronik (BM) sowie über eine Leistungselektronik (PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b) mit einem der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) verbunden ist, und
- das Verhältnis einer Kapazität einer größten und einer Kapazität einer kleinsten der Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) des Elektrofahrzeugs (1) 2:1 oder weniger beträgt, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Ladeausgleichselektronik in eine der Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b), und
- pro Achse (A1, A2) oder pro Rad (W) jeweils eine Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b), eine Leistungselektronik (PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b) und ein Motorgenerator (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) zum Antrieb der jeweiligen Achse oder des jeweiligen Rades vorhanden ist,
- die einem Rad (W) oder einer Achse (A1, A2) zugeord-

nete Batterie, die Leistungselektronik (PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b) und der Motorgenerator (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) in einem Modul (AM1, AM2, AM1a, AM1b, AM2a, AM2b) zusammengefasst sind, welches ein lasttragendes Gehäuse mit Schnittstellen zur mechanischen Kopplung und elektrischen Anschluss an andere gleichartige Module (AM1, AM2, AM1a, AM1b, AM2a, AM2b) aufweist.



Beschreibung

[0001] Vorliegende Erfindung betrifft ein Elektrofahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Energiemanagement in einem solchen Elektrofahrzeug.

[0002] Aufgrund der höheren Energieeffizienz von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsantrieb haben Elektrofahrzeuge selbst bei dem vergleichsweise CO₂-lastigen Strommix in Deutschland hinsichtlich des CO₂-Ausstoßes pro gefahrenen Kilometer einen Vorteil gegenüber Verbrennern. Auch über die gesamte Lebensdauer eines Fahrzeugs gerechnet bleibt dies der Fall, d.h. auch wenn mit einbezogen wird, dass Elektrofahrzeuge einen erhöhten CO₂-Ausstoß bei der Herstellung verursachen.

[0003] Elektrofahrzeuge sind auch wie Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor in verschiedenen Formen und Größen bekannt. Bei der Diskussion über ein Voranbringen der Elektromobilität wird vorwiegend auf dem Bereich der 4-rädrigen KFZ fokussiert. Elektrische Antriebe sind jedoch auch für Zweiräder, wie beispielsweise Elektroroller oder Elektrofahrräder, oder auch für Nutzfahrzeuge, wie beispielsweise Lieferwägen, Pick-Up Trucks oder mittlere und schwere Lastkraftwagen interessant.

[0004] Elektrofahrzeuge umfassen einen elektrischen Motor, im Folgenden meist als Motorgenerator bezeichnet, zum Antrieb einer Achse oder, insbesondere bei zweirädrigen Fahrzeugen, zum direkten Antrieb eines Rades, eine Batterie zum Speichern der elektrischen Energie sowie eine Leistungselektronik, welche die von der Batterie bereitgestellte Gleichspannung in eine zum Antrieb des Motors bei wechselnden Fahrzuständen geeignete zeitabhängige Spannung umwandelt.

[0005] Ein großer Vorteil von Elektrofahrzeugen gegenüber Verbrennern ist ihre bereits angedeutete Fähigkeit, den elektrischen Motor als Generator zu betreiben, sodass kinetische Energie des Fahrzeugs wieder in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Dies schont zum einen die Bremsen des Fahrzeugs, zum anderen, und wesentlicher, wird die Reichweite insbesondere in Verkehrssituationen in denen häufiges Anfahren und Bremsen, wie beispielsweise im Stadtverkehr oder im Stau, nötig ist, vorteilhaft erhöht. Der Energiefluss elektrischer Energie kehrt sich bei diesem rekuperativen Bremsen um und führt nicht von Batterie über Leistungselektronik zum Motor sondern umgekehrt vom Motor über die Leistungselektronik zur Batterie, das heißt, die Leistungselektronik muss aus der vom Motor erzeugten Wechselspannung eine zum Laden der Batterie nützliche Gleichspannung bereitstellen.

[0006] Das Umkehren der Energieflussrichtung ist dabei immer mit einer gewissen Zeitverzögerung verbunden. Darüber hinaus kann die Batterie auch durch zu hohe rekuperative Bremsleistung leicht überlastet werden. Das gilt für die meisten Batteriechemien, unter anderem die für den mobilen Einsatz sehr populären Lithium-Ionen Batterien, insbesondere dann, wenn die Batterie entweder sehr voll, d.h. nahe ihres maximalen Ladezustands, oder sehr leer, nahe ihrer vollständigen Entladung ist. In diesen Fällen ist ein rekuperatives Bremsen nur noch begrenzt möglich. Eine Lösung dieses Problems liegt darin, die rekuperative Bremsleistung immer auf einen Wert zu beschränken, den die Batterie im normalen Betrieb ohne Beschädigung und ohne übermäßige Alterung zu verarbeiten in der Lage ist. Dies hat jedoch den Nachteil, dass hierdurch die rekuperative Bremsleistung für die meisten Ladezustände der Batterie, d.h. für die meiste Zeit übermäßig unter das technisch mögliche reduziert ist.

[0007] Eine zweite Lösung dieses Problems besteht darin, einen alternativen Energiespeicher mit einer schnelleren Ansprechzeit als die üblichen in Elektrofahrzeugen verwendeten Lithium-Ion-Batterien einzusetzen. Insbesondere sind Superkondensatoren aufgrund ihrer hohen Leistungsdichte und kurzen Ansprechzeiten dafür prädestiniert, rekuperativ erzeugte elektrische Energie aufzunehmen. Im Vergleich zu einer Batterie haben sie jedoch nur eine deutlich geringere volumetrische Energiedichte und spezifische Energie. Wohingegen Lithium-Ion-Batterien auf Werte zwischen 200-300 Wh/l und zwischen 100 und 200 Wh/kg kommen (dies gilt für die Batterie als Ganzes, auf Zellenebene sind die Werte noch deutlich höher), liegen die korrespondierenden Werte für Superkondensatoren bei lediglich 10-20 Wattstunden/Liter bzw. 5-15 Wattstunden/Kilogramm. Darüber hinaus haben Superkondensatoren auch eine höhere Selbstentladung, d.h. sie verlieren die gespeicherte Energie über einen vergleichsweise kurzen Zeitraum.

[0008] Dies bedeutet, dass Superkondensatoren nur einen temporären Speicher für rekuperativ zurückgewonnene elektrische Energie darstellen. Wird diese Energie nicht in vergleichsweise kurzer Zeit wieder zum Antrieb des Fahrzeugs verwendet, geht sie somit verloren. Darüber hinaus kann eine Superkondensatorbank aus diesem Grund auch keinen Ausfall der Fahrbatterie ersetzen. D.h. im Falle eines Defekts der Fahrbatterie kann ein Elektrofahrzeug nicht bzw. nur kurze Zeit mit Energie aus evtl. vorhandenen Superkondensatoren betrieben werden.

[0009] Die Patentschrift US 9 878 635 B1 stellte ein Antriebssystem für Plug-in Elektrofahrzeuge vor, welches mehrere verschiedenartige Energiespeichersubsysteme und eine Mehrzahl von Antriebsma-

schinen-Invertergruppen umfasst. Es werden verschiedene Schnittstellenkonfigurationen zwischen den Energiespeichersubsystemen und Antriebsmaschinen betrachtet, wie etwa direkte Kopplung über eine gemeinsame Gleichstromverbindung oder eine Verbindung über Leistungsumwandler. Ein Überwachungssystem arbeitet mit einer Maximaleffizienzverfolgung zusammen, um die Energieverteilung im System basierend auf dem Leistungsbedarf der Antriebsmaschinen dynamisch zu steuern.

[0010] In der Offenlegungsschrift DE 10 2014 109 430 A1 wird ein Energiespeichersystem für ein mit mindestens zwei Elektromotoren und zwei Energiespeicherzellen versehenes Fahrzeug und ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Energiespeichersystems vorgeschlagen, bei dem in einem Traktionsmodus eine erste der Energiespeicherzellen mit wenigstens einem ersten der Elektromotoren und eine zweite der Energiespeicherzellen mit wenigstens einem zweiten der Elektromotoren verschaltet ist und in einem Lademodus die erste und zweite Energiespeicherzelle separat voneinander mit einer jeweils eigenen Ladevorrichtung oder die erste und zweite Energiespeicherzelle in Serie mit einer gemeinsamen Ladevorrichtung verschaltet sind. Die erste und zweite Energiespeicherzellen können beide eine Versorgungsspannung von 400 V haben.

[0011] Die veröffentlichte Patentanmeldung EP 2 987 674 A1 offenbart ein Steuerungssystem für die Steuerung der Leistungsabgabe von einem Energiespeichersystem an einen Gleichspannungsbus eines Fahrzeugantriebssystems, welches eine Steuerung umfasste, die programmiert ist, Echtzeit-Betriebsparameter einer Mehrzahl von Energiespeichereinheiten zu überwachen, auf Abnutzungsmodelle der Mehrzahl von Energiespeichereinheiten zuzugreifen und und die Nutzung der Mehrzahl von Energiespeichereinheiten während des Fahrzeugbetriebs in Echtzeit zu optimieren. Die Mehrzahl von Energiespeichereinheiten können zwei Speicherbatterien umfassen, von denen eine Batterie eine hohe spezifische Leistung und die andere eine hohe spezifische Energie aufweist.

[0012] Die veröffentlichte Patentanmeldung US 2013 / 0 134 784 A1 beschreibt ein Batteriemanagementsystem für eine Batterie mit zwei Batteriezellenpaketen, wobei abhängig vom Ladezustand der Batteriezellenpakete zwischen diesen umgeschaltet wird.

[0013] In dem Gebrauchsmuster DE 20 2014 010 746 U1 wird ein modulares Fahrzeug aus einem Grundmodul und mindestens einem weiteren Modul vorgestellt, wobei die Fahrzeugmodule mechanisch demontierbar aneinander befestigt sind.

[0014] In der Offenlegungsschrift DE 10 2010 062 249 A1 wird eine Vorrichtung zur Verwendung in einem elektrischen Antriebssystem und vorgestellt, bei dem mindestens ein erstes und ein zweites Batteriesystem in einer Parallelschaltung angeordnet, d.h. die Lastausgänge sind zu einem gemeinsamen Lastausgang zusammengeführt, sind, wobei jedes Batteriesystem einen Energiespeicher und eine Vorschaltung umfasst und der Lastausgang eines jeweiligen Batteriesystems mittels der jeweiligen Vorschaltung an den gemeinsamen Lastausgang zu- oder abschaltbar ist, und wobei der gemeinsame Lastausgang an einen Wechselrichter zum Betrieb eines Antriebsmotors geführt ist. Für den Betrieb dieser Vorrichtung wird vorgeschlagen, Batteriesysteme während des Betriebes in Abhängigkeit des Ladezustands von deren Energiespeicher vom gemeinsamen Lastausgang zu bzw. abzuschalten. Beim Betrieb des Wechselrichters zu Antriebszwecken erfolgt eine Abschaltung, wenn der Ladezustand unter eine vorbestimmte Schwelle abgesunken ist und eine Zuschaltung, wenn der Energiespeicher des Batteriesystems im Vergleich zu den anderen Batteriesystemen einen hohen, insbesondere den höchsten Ladezustand aufweist. Beim der Energierückspeisung seitens des Wechselrichters in den gemeinsamen Lastausgang ist vorgesehen, in ein erstes Batteriesystem vom gemeinsamen Lastausgang abzuschalten, dessen Energiespeicher im Vergleich zu den anderen einen hohen Ladezustand aufweist und dafür ein Batteriesystem zuzuschalten, dessen Energiespeicher einen vergleichsweise niedrigen Ladezustand aufweist.

[0015] Die DE 10 2016 208 148 A1 offenbart ein Energiespeichersystem für ein elektrisch angetriebenes Fahrzeug umfassend eine erste Energiespeichereinheit, die eine zum Betreiben eines Elektromotors, mit dem sie verbunden ist, ausreichende Grundleistung bereitstellt und eine zweite Energiespeichereinheit, die zur Ersten parallelgeschaltet ist, wobei erste und zweite Energiespeichereinheit über einen DC/DC-Wandler miteinander verbunden sind.

[0016] In der veröffentlichten Patentanmeldeschrift US 2016 / 0 114 692 A1 wird eine Batterieladevorrichtung für ein Elektrofahrzeug mit mehreren Fahrbatterien vorgeschlagen, bei dem ein Ladeschaltkreis eine erste und ein zweiter Ladeschaltkreis eine zweite der Fahrbatterien jeweils abhängig von deren Zustand lädt.

[0017] Vorliegende Erfindung hat sich daher die Aufgabe gestellt, ein Elektrofahrzeug zu schaffen, welches rekuperativ wiedergewonnene elektrische Energie effizienter und längerfristig speichern und für den Antrieb des Fahrzeugs wieder zur Verfügung stellen kann und darüber hinaus auch beim Ausfall einer Fahrbatterie weiterhin funktionstüchtig bleibt.

[0018] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Elektrofahrzeug gemäß einem der Ansprüche 1-10 in welchem die vorhandene elektrische Energie nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 11-19 verwaltet wird.

[0019] Das erfindungsgemäße Elektrofahrzeug verfügt als zentrales Merkmal über zumindest eine weitere vollwertige Fahrbatterie. Vollwertig heißt dabei, dass diese weitere Fahrbatterie die gleiche oder zumindest eine ähnliche Kapazität sowie Leistungsaufnahme und Abgabewerte wie die erste Fahrbatterie verfügt. Diese zweite Batterie kann hierbei an die gleiche Leistungselektronik angeschlossen sein wie die Erste und die Energie dem oder den gleichen Motoren zur Verfügung stellen. Alternativ oder zusätzlich kann die zweite Fahrbatterie jedoch auch einer zweiten Leitungselektronik zugeordnet sein, welche den ersten oder aber auch einen anderen Motor mit elektrischer Energie versorgt.

[0020] Die Kapazitäten der Fahrbatterien des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs und auch die übrigen Leistungsparameter maximale Leistungsaufnahme und -abgabe, welche üblicherweise mit der Kapazität zusammenhängen, sollen erfindungsgemäß bei allen Fahrbatterien von der gleichen Größenordnung sein. Insbesondere sollte sich Kapazität der einzelnen Batterien um weniger als ein Faktor 2 unterscheiden. Bevorzugt sind mindestens zwei, bevorzugt alle der vorhandenen Fahrbatterien von im Wesentlichen gleicher Kapazität. Auch die durch den Unterschied in der Batteriechemie hervorgerufenen Unterschiede in der spezifischen Aufnahme- bzw. Abgabeleistung sollten nur innerhalb eines Faktors 2 bevorzugt weniger als 25 Prozent variieren.

[0021] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Fahrzeugs, welches über mindestens zwei Achsen verfügt, werden zwei dieser Achsen von je mindestens einem Motorgenerator angetrieben und jeder dieser Motorgeneratoren wird wiederum über eine eigene Leistungselektronik von jeweils einer der Fahrbatterien versorgt.

[0022] Eine Ladeausgleichselektronik kann einen direkten Ladeausgleich zwischen den Batterien ermöglichen. Diese Ladeausgleichselektronik kann Teil des Batteriemanagementsystems einer oder beider Fahrbatterien sein.

[0023] Als ein wichtiger Vorteil der vorliegenden Erfindung ist durch das Bereitstellen mindestens einer weiteren Fahrbatterie eine Ausfallsicherheit gegen einen Defekt einer der Batterien erreicht. Darüber hinaus ist jedoch auch ein besonderes Energiemanagement während der Fahrt des Elektrofahrzeugs ermöglicht, bei dem mindestens eine der Batterien als aktive Antriebs- und mindestens eine der

Batterien als passive Rekuperationsbatterie verwendet werden.

[0024] Bei dem erfindungsgemäßen Energiemanagementverfahren wird also jeweils eine der Fahrbatterien als aktive und die andere Fahrbatterie als passive Batterie deklariert, wobei die aktive Batterie die zum Antrieb der Räder nötige elektrische Energie aufbringt, die passive jedoch durch Rekuperation erzeugte elektrische Energie aufnimmt. Dadurch verringert sich der Ladezustand der aktiven Batterie im Laufe der Fahrt während der der passiven Batterie zunimmt. Sobald die Differenz der Ladezustände, also der Ladezustand der passiven abzüglich dem Ladezustand der aktiven Batterie, ein gewisses, vorgegebenes Niveau übersteigt, wird zwischen aktiver und passiver Fahrbatterie gewechselt.

[0025] Diese vorgegebene Differenz kann ein kleiner relativer Kapazitätsbetrag sein, beispielsweise ein oder fünf oder zehn Prozent, oder es wird erst bei einer größeren Kapazitätsdifferenz von 50 oder mehr der relativen Kapazitäten der beiden Batterien umgeschaltet. An der Stelle relativer Werte kann auch mit absoluten Werten entweder gemessen in Amperestunden oder Wattstunden gerechnet werden.

[0026] Die vorgegebene Differenz, ab der eine Umschaltung zwischen aktiver und passiver Batterie erfolgt (Umschaltschwelle), kann werksseitig fest eingestellt oder als Konfigurationsparameter in einer Steuerungssoftware enthalten sein. Im zweiten Fall kann die vorgegebene Differenz vom Fahrer eingestellt werden oder nur in der Werkstatt im Zuge eines Softwareupdates veränderbar sein.

[0027] Die Differenz kann auch dynamisch an sich ändernde Fahrzeugzustände angepasst, insbesondere von einem ersten Wert, wenn beide Fahrbatterien des erfindungsgemäßen Fahrzeugs voll geladen sind, mit sinkender Gesamtladung der Fahrbatterien kontinuierlich oder in diskreten Schritten auf einen zweiten Wert, wenn beide Fahrbatterien maximal zulässig entladen sind, abgesenkt werden.

[0028] Dieses Verfahren lässt sich auch auf Fahrzeuge mit mehr als zwei Fahrbatterien erweitern. Hierbei muss nur sichergestellt sein, dass sich jeweils zumindest eine Batterie als aktiv und mindestens eine Batterie als passive deklariert ist. Sofern die letzte aktive Batterie aufgrund Erreichens einer gewissen Entladung passiv gestellt wird, muss somit eine der passiven Batterien auf aktiv geschaltet werden. Dies kann insbesondere diejenige passive Batterie mit dem höchsten relativen Ladezustand sein. Es könnte jedoch auch die passive Batterie mit dem höchsten absoluten Ladeniveau aktiv geschaltet werden, sofern sich die Batterien in ihrer Kapazität unterscheiden.

[0029] Um zu vermeiden, dass Batterien unter ein minimales Niveau entladen werden, sollte spätestens wenn dieses Entladenniveau erreicht ist, ein Umschalten von aktiv auf passiv erfolgen. Sobald dies nicht mehr möglich ist, weil alle (noch funktionsfähigen) Batterien die Mindestladung aufweisen, muss das Elektrofahrzeug stehenbleiben und aus einer externen Quelle nachgeladen werden.

[0030] Durch eine entsprechende Parameterwahl, kann bei dem erfindungsgemäßen Energiemanagementverfahren die meiste Zeit sichergestellt werden, dass zumindest eine der Batterien sich in einem mittleren Ladezustand befindet, indem sie eine maximale Rekuperationsleistung aufzunehmen vermag. Hierdurch wird zum einen eine höhere rekuperative Bremskraft ermöglicht, was ein späteres Hinzumischen der mechanischen Bremsen und somit eine weitere Schonung derselben erreicht. Hierdurch wird insgesamt die Rekuperationseffizienz erhöht. Diese wird darüber hinaus auch dadurch gesteigert, dass die Ladeverluste in der Batterie beim Laden im mittleren Kapazitätsbereich geringer sind als in einem hohen Kapazitätsbereich.

[0031] Das erfindungsgemäße Elektrofahrzeug mit einer zweiten Fahrbatterie hat gegenüber einem herkömmlichen Elektrofahrzeug nach dem Stand der Technik mit nur einer Fahrbatterie, sofern diese eine Kapazität entsprechend der einer einzelnen der Fahrbatterien des erfindungsgemäßen Fahrzeugs aufweist, schon aufgrund der ca. doppelten Batteriekapazität eine ca. verdoppelte Reichweite.

[0032] Durch die erhöhte Rekuperationseffizienz ist im erfindungsgemäßen Elektrofahrzeug mit zusätzlichen Fahrbatterien aber vorteilhaft auch gegenüber einem herkömmlichen Fahrzeug, dessen Fahrbatterie eine Kapazität entsprechend der Summe der Kapazitäten der aller Fahrbatterien des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs hat, eine höhere Reichweite möglich. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Rekuperation zur Reichweitenverlängerung eine große Rolle spielt, nämlich bei Stop-and-Go-Verkehr auf der Autobahn sowie im Stadtverkehr und/oder beim Fahren in hügeliger Landschaft. Hierbei ist die erreichte Effizienzsteigerung bei der Rekuperation umso größer, je häufiger eine starke Verzögerung gefragt ist, insbesondere bei sportlicher Fahrweise oder beim Fahren in steilem Gelände.

[0033] Eine Reichweitensteigerung wird durch die vorliegende Erfindung auch unter Berücksichtigung der in der Praxis durch die zweite bzw. weiteren Fahrbatterien unvermeidlichen Kapazitätseinbußen bei gleichem Fahrzeugleergewicht bzw. Leergewichtserhöhung bei gleicher (Summen)Kapazität der Fahrbatterien gegenüber einem herkömmlichen Elektrofahrzeug mit nur einer Fahrbatterie erreicht, sofern die relative Leergewichtserhöhung unterhalb von

ca. dem 3-4-fachen der von vorliegender Erfindung erreichten Rekuperationseffizienzsteigerung liegt.

[0034] Mit dem größeren Fahrradius des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs mit zusätzlicher/n Fahrbatterie(n) ergibt sich auch eine größere Unabhängigkeit von Aufladestationen und eine mitunter bedeutende Zeitersparnis, wenn Strecken ohne zwischenzeitiges Nachladen befahrbar werden, die mit einem herkömmlichen Fahrzeug einen Ladehalt erfordert hätten.

[0035] Der erfindungsgemäße Einbau einer zweiten vollwertigen Fahrbatterie mit abwechselndem Betrieb der Batterien als aktive oder passive verringert zudem die Notwendigkeit, einen schnell ansprechenden Energiespeicher zur kurzzeitigen Speicherung rekuperativ erzeugter elektrischer Energie, wie beispielsweise ein Superkondensator, zu verwenden, da die passive Batterie immer und jederzeit direkt zur Aufnahme rekuperativ gewonnener elektrischer Energie bereit ist. Dieser Vorteil wird noch verstärkt, wenn die zweite Batterie über ihre eigene Leistungselektronik an einen der Motorgeneratoren angeschlossen ist.

[0036] Vorteilhafte Weiterbildung vorliegender Erfindung, welche einzeln oder in Kombination realisiert werden können, sofern sie sich nicht gegenseitig offensichtlich ausschließen, sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden.

[0037] Das Elektrofahrzeug gemäß vorliegender Erfindung ist insbesondere ein zweiachsiges KFZ mit einer oder zwei angetriebenen Achsen. Die zusätzliche Fahrbatterie dieses Fahrzeugs ist entweder über die gleiche Leistungselektronik wie auch die erste Batterie angeschlossen und versorgt hierüber den oder die gleichen Motorgeneratoren wie die erste Batterie, oder aber es ist eine zusätzliche Leistungselektronik vorhanden, über welche die zweite Batterie den oder die gleichen oder aber andere Motoren mit Energie versorgt bzw. rekuperativ erzeugte Energie aufnimmt, als die erste Batterie.

[0038] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hat das Elektrofahrzeug mindestens zwei Achsen, jede von diesen beiden Achsen wird von einem eigenen Motorgenerator angetrieben. Jeder der Motorgeneratoren erhält wiederum von einer eigenen Fahrbatterie seine elektrische Energie über eine separate Leistungselektronik zugeführt. Hierdurch ist sowohl bei einem vierrädrigen Fahrzeug ein Allradantrieb realisiert, als auch eine sehr hohe Ausfallsicherheit gegen Defekt einer Batterie oder einer anderen Komponente des Antriebsstrangs sichergestellt.

[0039] In einer noch weiter bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Elektrofahr-

zeugs mit mindestens vier Rädern, welche auf nicht durchgängigen Achsen sitzen, wird jede Achse bzw. jedes Rad von einem eigenen Motorgenerator angetrieben, welcher von einer eigenen Fahrbatterie über eine jeweils eigene Leistungselektronik versorgt wird. Hierdurch wird die Ausfallsicherheit weiter erhöht.

[0040] In bevorzugten Ausführungsformen vorliegender Erfindung sind jeder Achse oder auch jedem einzeltem Rad jeweils ein Motorgenerator, eine Batterie und eine den Energiefluss zwischen Motorgenerator und Batterie in beide Richtungen regelnde Leistungselektronik zugeordnet. Diese Einheiten aus Batterie, Leistungselektronik, Motorgenerator und Achse bzw. Rad sind in weiterhin bevorzugten Ausführungsformen insbesondere in ein Modul integriert. Dieses Modul kann über ein Gehäuse verfügen, welches zum einen der mechanischen Befestigung der Komponenten und dem mechanischen Anschluss an den Rest des Fahrzeugs inklusive weiterer Module dient, und zum anderen kann es auch auf seiner Außenseite über Schnittstellen die elektrische Anbindung weiterer Komponenten ermöglichen. Beispielsweise können hierüber alle Module an einen gemeinsamen Energiebus angeschlossen werden, welcher ein Ladungsausgleich zwischen den Batterien der Module oder eine Stromversorgung eines der Module im Fall des Ausfalls der Batterie des Moduls sicherstellt.

[0041] Der Rest des Fahrzeugs kann ein Chassis umfassen. Alternativ können die verbundenen Module auch selbst das Chassis bilden.

[0042] Mindestens eine, bevorzugt zwei oder mehr, der Fahrbatterien des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs verfügt über eine Ladeausgleichselektronik. Diese kann insbesondere im Batteriemanagementsystem der Batterie integriert sein, bzw. das Batteriemangement ist mit einer Ladeausgleichsfunktionalität ausgestattet.

[0043] Diese Ladeausgleichselektronik stellt eine Schnittstelle zu einer anderen Fahrbatterie oder auch einem gemeinsamen Energiebussystem bereit, und kann je nach Konfigurationseinstellung in der Batterie gespeicherte elektrische Energie an andere an dieses Bussystem angeschlossene Batterien übertragen. Hierdurch kann beispielsweise sichergestellt werden, dass, jedenfalls solange insgesamt genug elektrische Energie zur Verfügung steht, jede der Batterien ein bestimmtes minimales Ladeniveau halten kann. Dieses Ladeniveau kann insbesondere ein Ladeniveau sein, bei dem eine maximale Energieaufnahme beim rekuperativen Bremsen möglich ist.

[0044] Im Rahmen des erfindungsgemäßen Energieverwaltungsverfahrens, wird insbesondere dieje-

nige aktive Batterie mit dem höchsten relativen oder höchsten absoluten Ladezustand beim Fahren am meisten belastete. Alternativ oder zusätzlich kann bei einer Rekuperation diejenige passive Energie, mit dem niedrigsten Ladezustand, ob relativ oder absolut, bzw. mit dem Ladezustand, welcher die höchste Rekuperationsrate zulässt, am meisten rekuperativ zurückgewonnene elektrische Energie zugeleitet bekommen.

[0045] Das Umschalten einer Batterie von aktiv auf passiv erfolgt wenn ihr relativer Ladezustand um 1-100 Prozent, bevorzugt um 5-80 Prozent, besonders bevorzugt um 10-60 Prozent unterhalb eines Referenzladezustands der passiven Batterien liegt. Dieser Referenzladezustand kann entweder der durchschnittliche Ladezustand aller passiven Fahrbatterien oder aber dem relativen Ladezustand derjenigen passiven Batterie mit dem höchsten oder derjenigen mit dem niedrigsten Ladezustand sein.

[0046] In jedem Fall ist sicherzustellen, dass eine aktive Batterie spätestens dann passiv geschaltet wird, wenn ihr relativer Ladezustand ein unteres minimales Ladeniveau erreicht. Über die Ladeausgleichselektronik der Batterien des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs kann ein Ladeausgleich zwischen dem Ladestand der passiven oder der aktiven und passiven Batterien dahingehend erfolgen, dass jede der passiven Batterien ein Ladezustand von mindestens einem zweiten unteren Entladeniveau aufweist. Dieses zweite untere Ladeniveau kann über dem minimalen Ladeniveau liegen. Es kann an den durchschnittlichen Ladezustand aller passiven Batterien bzw. den durchschnittlichen Ladezustand aller Batterien angepasst und insbesondere mit diesem schrittweise abgesenkt werden, bis das zweite untere Ladeniveau das minimale Entladeniveau erreicht.

[0047] In den Modulen mancher Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs sind die Batterien insbesondere so angeordnet, dass sie bei Einbau des Moduls in der Fahrzeugmitte sowohl in der links-rechts als auch in der vorwärts-rückwärts Achse zu liegen kommen.

[0048] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorurteile vorliegender Erfindung ergeben sich aus den folgenden anhand der Figuren näher erläuterten Ausführungsbeispielen. Diese sollen die Erfindung lediglich erläutern und in keinem Fall in ihrer Allgemeinheit einschränken.

[0049] Es zeigen:

Fig. 1: In schematischer Darstellung eine beispielhafte Ausgestaltung eines Elektrofahrzeugs mit einer zusätzlichen Fahrbatterie aber nur einer Leistungselektronikeinheit und einer einzeln angetriebenen Achse.

Fig. 2A: In schematischer Darstellung eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Elektrofahrzeugs mit einer zweiten Fahrbatterie, einer zweiten Leistungseinheit und einem zweiten Motorgenerator, wobei lediglich ein Ladungsausgleich zwischen den Batterien erfolgt.

Fig. 2B: In schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform vorliegender Erfindung ähnlich der aus **Fig. 2A**, wobei hier jedoch beide Batterien an ein Energiebussystem angeschlossen sind.

Fig. 3: In schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform vorliegender Erfindung bei der vier Räder über jeweils einen eigenen Motorgenerator, Leistungselektronik und Batterie verfügen, welche über ein gemeinsames Energiebussystem miteinander verbunden sind.

[0050] **Fig. 1** zeigt schematisch eine beispielhafte Ausgestaltung eines Elektrofahrzeugs mit einer zusätzlichen Fahrbatterie aber nur einer Leistungselektronikeinheit und einer einzeln angetriebenen Achse. Die leistungsmäßig gleichen Fahrbatterien B1 und B2 sind jeweils an die Leistungselektronik PE angeschlossen, welche zu jedem Zeitpunkt von derjenigen der beiden Batterien, welche als aktiv deklariert ist, die zum Antrieb der Achse A und damit der Räder W nötige elektrische Energie bezieht, in eine geeignete Form umwandelt und dem Motorgenerator M zuführt. Die jeweils andere Batterie ist als passive Batterie deklariert und wird dazu verwendet, beim rekuperativen Bremsen durch den Motorgenerator M erzeugte elektrische Energie aufzunehmen. Sobald die Ladung der aktiven Batterie die der passiven Batterie um ein gewisses Maß unterschreitet, zur Verhinderung einer Tiefentladung oder übermäßiger Alterung aber spätestens wenn eine minimale Entladeschwelle erreicht ist, wird die die aktive Batterie passiv und die bisher passive aktiv geschaltet.

[0051] Durch dieses erfindungsgemäße Energiemanagement wird erreicht, dass für die meiste Zeit zumindest eine der Batterien, genauer die passive, einen mittleren Ladezustand aufweist, in dem sie eine hohe rekuperativ erzeugte elektrische Leistung aufnehmen kann. Zudem kann die Zeitverzögerung verringert werden, welche mit dem Umschalten der Energieflussrichtung verbunden ist.

[0052] Die Batterien B1 und B2 können, wie hier angedeutet über eine Ladeausgleichselektronik integriert in das jeweilige Batteriemanagementsystem BM miteinander verbunden sein. Es würde hierbei jedoch im Rahmen der Erfindung kein vollständiger Ladungsausgleich der Batterien angestrebt sondern lediglich vorgeschlagen, eine bis auf das minimale Niveau entladene passive Batterie durch

direkte Energieübertragung Batterie zu Batterie wieder auf ein etwas höheres, bevorzugt ein mittleres Ladeniveau zu laden, um die passive Batterie für ein stärkeres rekuperatives Bremsen vorzubereiten.

[0053] In **Fig. 2A** ist schematisch eine Ausführungsform vorliegender Erfindung mit einer zweiten Fahrbatterie, einer zweiten Leistungseinheit und einem zweiten Motorgenerator, wobei lediglich ein Ladungsausgleich zwischen den Batterien erfolgt, gezeigt.

[0054] Den Achsen A1 und A2 sind jeweils eigene Motorgeneratoren M1 bzw. M2 und diesen wiederum eigene Leistungselektroniken PE1 und PE2 sowie Fahrbatterien B1 und B2 zugeordnet. Die Komponenten sind in zwei gestrichelt angedeuteten Modulen AM1 bzw. AM2 untergebracht, welche über ein eigenes Gehäuse verfügen und eine tragende Funktion im Chassis des Elektrofahrzeugs übernehmen können. Durch die Modularisierung ist die Massenproduktion des Elektrofahrzeugs vereinfacht.

[0055] Da alle Achsen angetrieben sind ist in dieser Ausführungsform ein elektrisches Allradfahrzeug realisiert. Als Differentiale können entweder (nicht dargestellte) mechanische verwendet werden, oder die Motorgeneratoren M1 und M2 werden mit zwei getrennten Rotoren und Statoren versehen (elektrisches Differenzial).

[0056] **Fig. 2B** zeigt schematisch eine weitere Ausführungsform vorliegender Erfindung ähnlich der aus **Fig. 2A**, wobei hier jedoch die Batterien und die Leistungselektroniken an ein gemeinsames Energiebussystem CEB angeschlossen sind. Hierdurch wird gewährleistet, dass auch bei Ausfall einer der Batterien weiterhin beide Achsen angetrieben werden können. Weiterhin kann das erfindungsgemäße Energieverwaltungsverfahren auch dann noch durchgeführt werden, wenn einer der Motorgeneratoren oder eine der Leistungselektroniken ausfällt. In diesem Falle würde lediglich die Allradfunktion verloren gehen.

[0057] **Fig. 3** illustriert schematisch eine weitere Ausführungsform vorliegender Erfindung, bei der vier Räder über jeweils einen eigenen Motorgenerator, Leistungselektronik und Batterie verfügen, welche über ein gemeinsames Energiebussystem miteinander verbunden sind. Es sind vier Antriebsmodule AM1a, AM1b, AM2a und AM2b vorhanden die jeweils über einen Motorgenerator, eine Leistungselektronik und eine Fahrbatterie verfügen. Die Batterien und Leistungselektroniken sind wie bei der Ausführungsform aus **Fig. 2B** an einen gemeinsamen Bus angeschlossen um die oben genannten Vorteile zu realisieren.

[0058] In den aufgeführten schematischen Darstellungen sollen primär das funktionale Zusammenwirken sowie grob die Anordnung der Komponenten in dem erfindungsgemäßen Fahrzeug gezeigt werden. Eine maßstabgetreue Darstellung ist nicht beabsichtigt.

Bezugszeichenliste

1	Elektrofahrzeug
M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b	Motorgeneratoren
B, B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b	Fahr Batterien
BM	Batteriemanagementsystem m. Ladeausgleich
PE, PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b	Leistungselektroniken
CEB	Energiebus
AM, AM1, AM2, AM1a, AM1b, AM2a, AM2b	Antriebsmodule

Patentansprüche

1. Elektrofahrzeug (1), umfassend

- ein oder mehr elektrische Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) die mit einer Achse (A1, A2) und/oder Rädern (W) mechanisch verbunden sind,
- ein oder mehr Leistungselektroniken (PE) zur Versorgung der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) mit elektrischer Energie und/oder zur Abnahme von durch die Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) bei einem Rekuperationsbetrieb erzeugter elektrischer Energie,
- eine erste Fahratterie (B1, B1a) als Speicher für die zum Antrieb der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) benötigten elektrischen Energie, und
- zumindest eine weitere Fahratterie (B2, B1b, B2a, B2b), welche mit der ersten Batterie (B1, B1a) über eine Ladungsausgleichselektronik (BM) sowie über eine Leistungselektronik (PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b) mit einem der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) verbunden ist, und
- das Verhältnis einer Kapazität einer größten und einer Kapazität einer kleinsten der Fahr Batterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) des Elektrofahrzeugs (1) 2:1 oder weniger beträgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Ladeausgleichselektronik in eine der Fahr Batterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b), und
- pro Achse (A1, A2) oder pro Rad (W) jeweils eine Fahratterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b), eine Leistungselektronik (PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b) und ein Motorgenerator (M1, M2, M1a, M1b,

M2a, M2b) zum Antrieb der jeweiligen Achse oder des jeweiligen Rades vorhanden ist,

- die einem Rad (W) oder einer Achse (A1, A2) zugeordnete Batterie, die Leistungselektronik (PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b) und der Motorgenerator (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) in einem Modul (AM1, AM2, AM1a, AM1b, AM2a, AM2b) zusammengefasst sind, welches ein lasttragendes Gehäuse mit Schnittstellen zur mechanischen Kopplung und elektrischen Anschluss an andere gleichartige Module (AM1, AM2, AM1a, AM1b, AM2a, AM2b) aufweist.

2. Elektrofahrzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis der Kapazität der größten und der Kapazität der kleinsten der Fahr Batterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) des Elektrofahrzeugs (1) 5:4 oder weniger beträgt.

3. Elektrofahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ladeausgleichselektronik in das Batteriemanagementsystem (BM) einer oder jeder der Fahr Batterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) integriert ist.

4. Elektrofahrzeug nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Fahratterie (B2, B1b, B2a, B2b) über eine zweite Leistungselektronik (PE2, PE1b, PE2a, PE2b) mit einem zweiten Motorgenerator (M2, M1b, M2a, M2b) verbunden ist.

5. Elektrofahrzeug nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Motorgenerator (M2, M1b, M2a, M2b) die Räder (W) einer anderen Achse (A2) antreibt als der erste Motorgenerator (M1, M1a).

6. Elektrofahrzeug nach einem der Ansprüche 1-5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahr Batterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) und die Leistungselektroniken (PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b) an einen gemeinsamen Energiebus (CEB) angeschlossen sind.

7. Elektrofahrzeug nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei der Fahr Batterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) oder alle Fahr Batterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) des Elektrofahrzeugs (1) von gleicher Kapazität sind.

8. Elektrofahrzeug nach einem der Ansprüche 1-7, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein weiterer Energiespeicher vorhanden ist, der eine Ansprechzeit aufweist, welche kürzerer ist als eine Ansprechzeit der Fahr Batterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b).

9. Elektrofahrzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass der weitere Energiespeicher ein Superkondensator ist.

10. Elektrofahrzeug nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Superkondensator pro Modul (AM1, AM2, AM1a, AM1b, AM2a, AM2b) vorhanden ist.

11. Verfahren zum Energiemanagement in einem Elektrofahrzeug (1), umfassend

- ein oder mehr elektrische Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) die mit einer Achse (A1, A2) und/oder Rädern (W) mechanisch verbunden sind,

- ein oder mehr Leistungselektroniken (PE1, PE2, PE1a, PE1b, PE2a, PE2b) zur Versorgung der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) mit elektrischer Energie und/oder zur Abnahme von durch die Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) bei einem Rekuperationsbetrieb erzeugter elektrischer Energie,

- eine erste Fahrbatterie (B1, B1a) als Speicher für die zum Antrieb des oder der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) benötigten elektrischen Energie, und

- zumindest eine weitere Fahrbatterie (B2, B1b, B2a, B2b), welche mit der ersten Batterie (B1, B1a) über eine Ladungsausgleichselektronik sowie über eine Leistungselektronik (PE2, PE1b, PE2a, PE2b) mit einem der Motorgeneratoren (M1, M2, M1a, M1b, M2a, M2b) verbunden ist,

wobei gemäß dem Verfahren abhängig von einem aktuellen Ladezustand jeder der Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) diese in aktive und passive Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) eingeteilt werden, wobei zu jedem Zeitpunkt zumindest eine aktive und mindestens eine passive Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) vorhanden ist, und wobei zum Antrieb der Achsen (A1, A2) bzw. Räder (W) benötigte elektrische Energie ausschließlich oder vorwiegend den aktiven Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) entnommen wird und bei einer Rekuperation gewonnene elektrische Energie vorwiegend oder ausschließlich den passiven Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) zugeleitet wird,

dadurch gekennzeichnet, dass eine aktive Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) passiv geschaltet wird, sobald eine Umschaltswelle erreicht wird, wobei als Umschaltswelle die Differenz der Ladezustände einer der passiven Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) und einer der aktiven Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b), also der Ladezustand der passiven abzüglich dem Ladezustand der aktiven Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b), herangezogen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Einteilung der Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) in aktive und passive Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) der relative Ladezustand, also das Verhältnis des

aktuellen Ladezustands zu ihrer jeweiligen maximalen Kapazität herangezogen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu jedem Zeitpunkt zumindest die Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) mit dem höchsten Ladezustand als aktiv und die Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) mit dem niedrigsten Ladezustand als passiv eingeteilt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11-13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umschaltswelle zwischen 10 und 75 Prozent der jeweiligen Kapazität liegt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11-14, **dadurch gekennzeichnet**, dass gleichzeitig mit dem Passivschalten einer letzten aktiven Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) eine passive Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) aktiv geschaltet wird.

16. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aktiv geschaltete Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) diejenige mit dem höchsten relativen Ladestand ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11-16, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine aktive Fahrbatterie (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) in jedem Fall dann passiv geschaltet wird, wenn ihr Ladestand eine erste Entladeschwelle erreicht oder unterschreitet.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11-17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ladezustand aller Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) mittels der Ladeausgleichselektroniken (BM) der miteinander verbundenen Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) auf eine zweite Entladeschwelle, welche oberhalb der ersten liegt, erhöht und dort gehalten wird, sofern bei einer zuvor erfolgten Entladung diese unterschritten worden war.

19. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umschaltswelle dynamisch von einem ersten Wert, wenn die Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) des Elektrofahrzeugs (1) voll geladen sind, mit sinkender Gesamtladung der Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) kontinuierlich oder in diskreten Schritten auf einen zweiten Wert, wenn die Fahrbatterien (B1, B2, B1a, B1b, B2a, B2b) maximal zulässig entladen sind, abgesenkt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

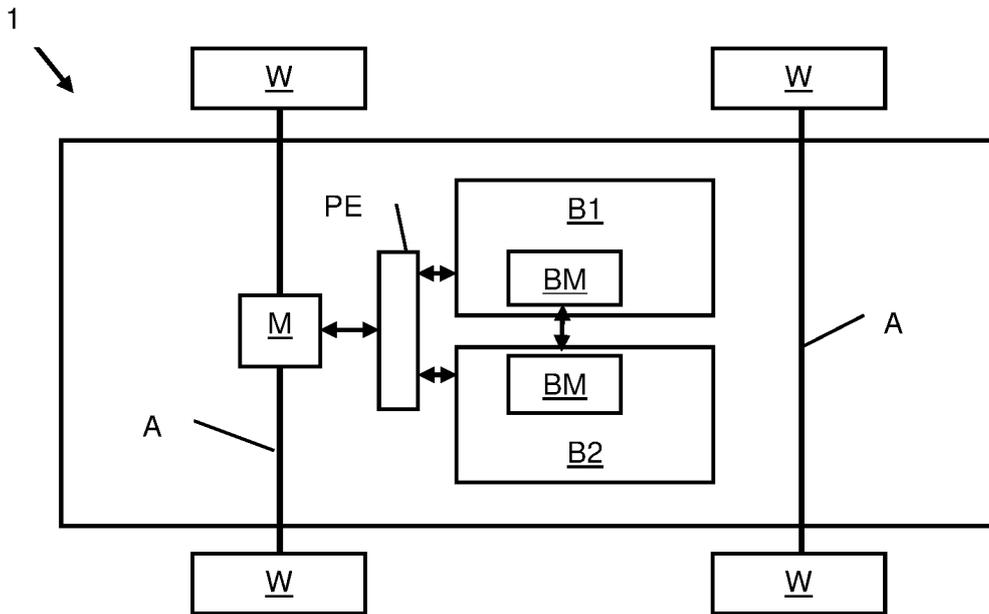


Fig. 1

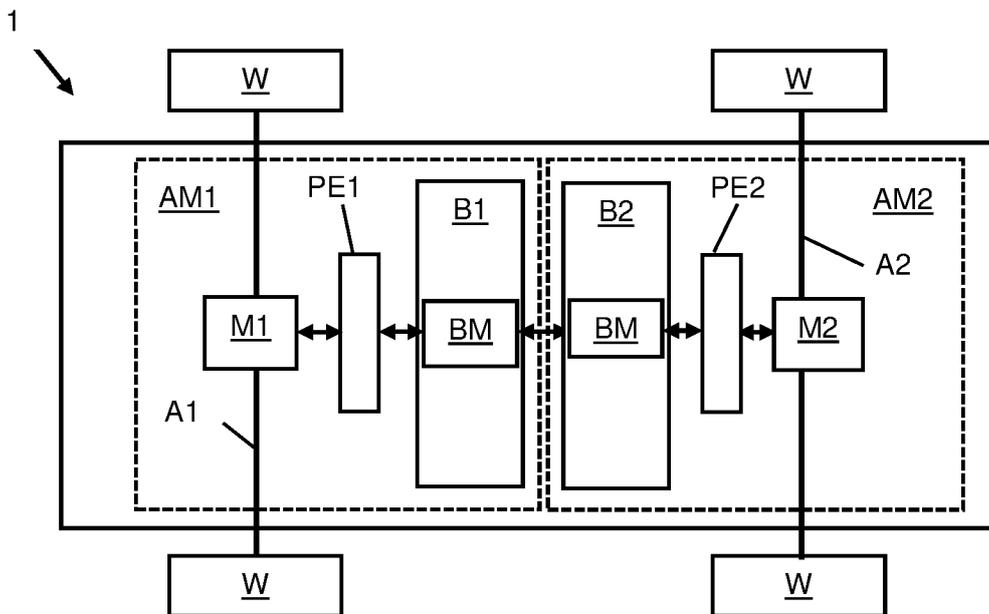


Fig. 2A

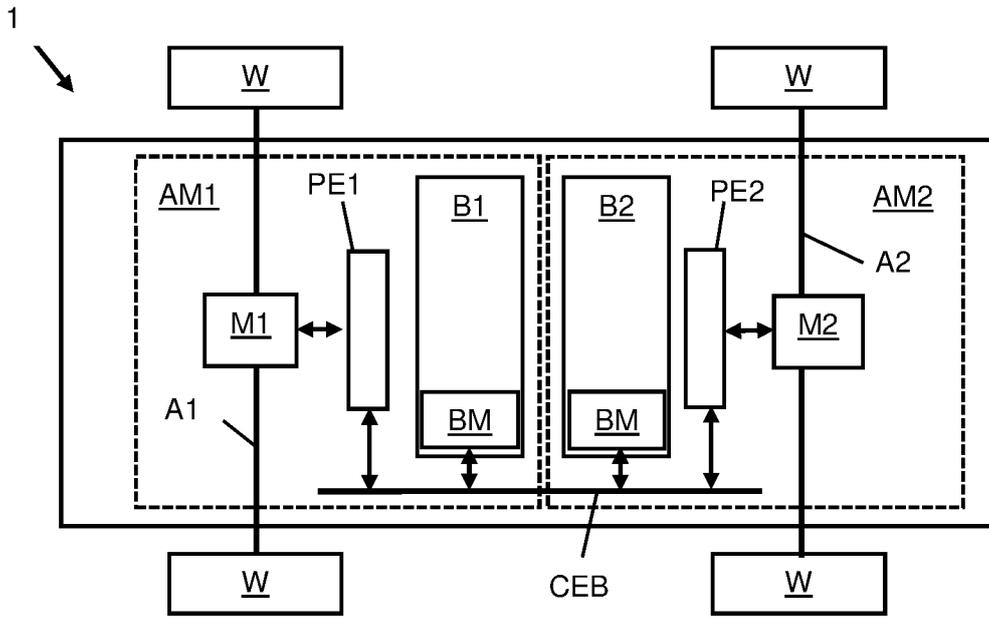


Fig. 2B

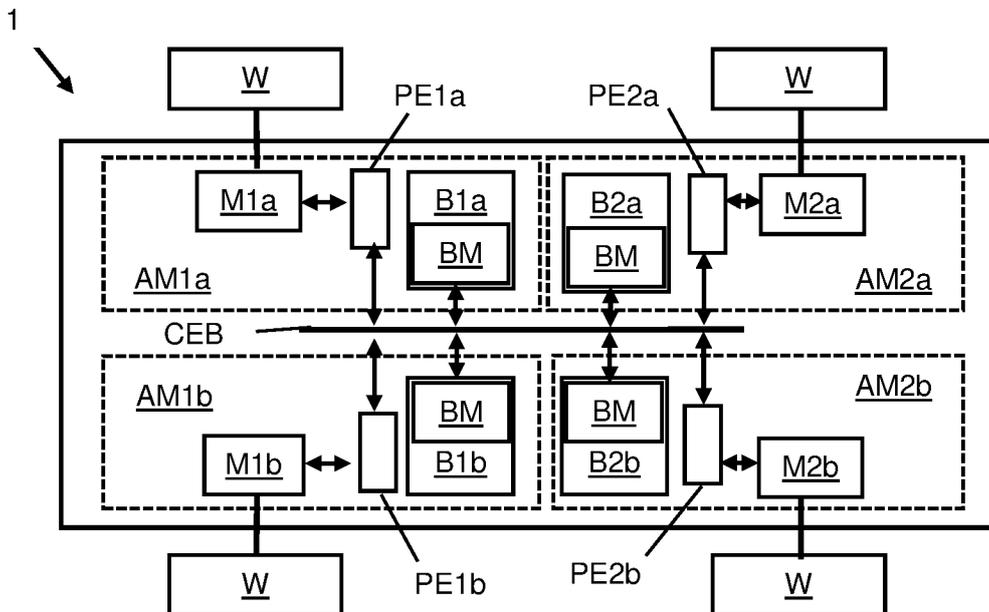


Fig. 3