

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

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
23. Juli 2015 (23.07.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/106936 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 10/44 (2006.01) H01M 10/42 (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/079047

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Dezember 2014 (22.12.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 200 619.8
15. Januar 2014 (15.01.2014) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **BECKER, Jens**; Aichgasse 10, 67071
Ludwigshafen Am Rhein (DE). **BOEHM, Andre**;
Ludwigsburger Str. 24, 70806 Kornwestheim (DE).
KORN, Christian; Sedanstrasse 4, 70190 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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 EQUALISING STATE OF CHARGE IN A BATTERY

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM LADEZUSTANDSAUSGLEICH EINER BATTERIE

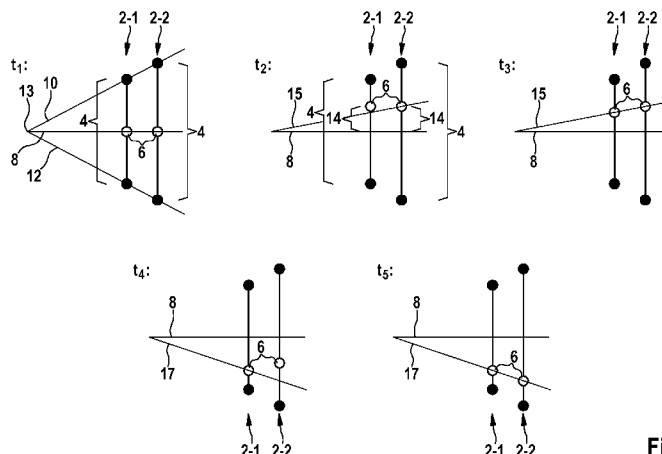


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for equalising state of charge in a battery that has a plurality of battery units (2-1, 2-2). This involves provision for a state of charge value for at least one battery unit (2-1, 2-2) to be ascertained, a decision value concerning whether a prior state of charge value for the at least one battery unit (2-1, 2-2) can be updated to be ascertained, the prior state of charge value for the at least one battery unit (2-1, 2-2) to be updated in order to obtain a present state of charge value for the at least one battery unit (2-1, 2-2) if the decision value concerning whether the prior state of charge value for the at least one battery unit (2-1, 2-2) can be updated exceeds a threshold value, a state of charge equalisation requirement value to be ascertained on the basis of the present state of charge value and the at least one battery unit (2-1, 2-2) to be discharged on the basis of the ascertained state of charge equalisation requirement value. In addition, a computer program and a battery management system are specified which are designed for implementing the method, as well as a battery and a motor vehicle having a drive system which is connected to such a battery.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/106936 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ladezustandsausgleich einer Batterie, die mehrere Batterieeinheiten (2-1, 2-2) aufweist. Dabei ist vorgesehen, dass ein Ladezustandswert zumindest einer Batterieeinheit (2-1, 2-2) ermittelt wird, ein Entscheidungswert, ob ein voriger Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2) aktualisiert werden kann, ermittelt wird, der vorige Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2) aktualisiert wird um einen aktuellen Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2) zu erhalten, falls der Entscheidungswert, ob der vorige Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2) aktualisiert werden kann, einen Schwellenwert überschreitet, ein Ladezustandsausgleichsbedarfswert anhand des aktuellen Ladezustandswerts ermittelt wird und die zumindest eine Batterieeinheit (2-1, 2-2) auf Basis des ermittelten Ladezustandsausgleichsbedarfswerts entladen wird. Es werden außerdem ein Computerprogramm und ein Batteriemanagementsystem angegeben, welche zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet sind, sowie eine Batterie und ein Kraftfahrzeug, dessen Antriebssystem mit einer derartigen Batterie verbunden ist.

Beschreibung

5 Verfahren zum Ladezustandsausgleich einer Batterie

Stand der Technik

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ladezustandsausgleich einer Batterie, die mehrere Batterieeinheiten aufweist.

Es werden außerdem ein Computerprogramm und ein Batteriemanagementsystem angegeben, welche zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet sind, sowie eine Batterie und ein Kraftfahrzeug, dessen Antriebssystem mit einer derartigen Batterie verbunden ist.

15 In Hybrid- und Elektrofahrzeugen werden Batteriepacks in Nickel-Metall-Hydrid-Technologie oder Lithium-Ionen-Technologie eingesetzt, die aus einer großen Anzahl in Serie geschalteter elektrochemischer Zellen bestehen. Ein Batteriemanagementsystem dient zur Überwachung der Batterie und soll neben der Sicherheitsüberwachung eine möglichst hohe Lebensdauer der Batterie gewährleisten.

Eine Aufgabe des Batteriemanagementsystems ist, Ladezustände (*State of Charge*, SOC) der einzelnen Batterieeinheiten trotz unterschiedlicher Selbstentladungen und unterschiedlicher Ladeeffizienzen aufeinander abzustimmen. Dies geschieht beispielsweise
25 durch einen geeigneten Ladezustandsausgleich der Batterieeinheiten (*battery balancing*), die in der Regel resistiv vorgenommen wird. Ein derartiges resistives Ladezustandsausgleichsverfahren ist beispielsweise in der DE 10 2009 002 466 A1 beschrieben. In dieser Druckschrift wird alternativ auch ein induktives Ladezustandsausgleichsverfahren beschrieben.

30 DE 10 2008 002 100 A1 zeigt ein Verfahren zum Ladezustandsausgleich von Fahrzeugbatterien, wobei der Ladezustandswert der Zellen durch Spannungsmessung vorzugsweise in einer Ruhephase ermittelt wird. Als geeigneter Zeitpunkt wird beispielsweise unmittelbar nach der Aktion "Zündung ein" oder nach der Aktivierung eines Steuergeräts
35 betrachtet, das die Messung durchführt. Aus den Ladezuständen der einzelnen Zellen wird in

einem weiteren Schritt eine Ladungsmenge berechnet, um die jede Zelle entladen werden muss, bis der Ladezustand demjenigen der schwächsten Zelle entspricht.

DE 10 2010 043 912 A1 zeigt ein Verfahren zur Bestimmung des Ladezustands von Zellen einer Batterie, wobei abwechselnd aufeinanderfolgend ein Algorithmus zum Zellenausgleich und eine Batteriezustandserkennung ausgeführt werden. Die abwechselnde Ausführung des Algorithmus zum Zellausgleich und der Batteriezustandserkennung wird in Abhängigkeit eines vorgebbaren Ladezustands beendet.

Neben unterschiedlichen Selbstentladungsraten der einzelnen Batteriezellen weichen auch die Kapazitäten der Batteriezellen durch Produktionsstreuungen voneinander ab. Dieser Effekt ist zu Beginn der Lebenszeit vernachlässigbar gering, kann sich aber im Laufe der Lebensdauer durch Unterschiede bei der Zellalterung vergrößern und zu mehreren Prozent Kapazitätsunterschied führen.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Ladezustandsausgleich einer Batterie, die mehrere Batterieeinheiten aufweist, ist vorgesehen, dass

a) ein Ladezustandswert zumindest einer Batterieeinheit ermittelt wird,

b) ein Entscheidungswert, ob ein voriger Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit aktualisiert werden kann, ermittelt wird, wobei der Entscheidungswert zumindest von einem vorigen Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit und von dem ermittelten Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit abhängt,

c) der vorige Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit aktualisiert wird um einen aktuellen Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit zu erhalten, falls der Entscheidungswert, ob der vorige Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit aktualisiert werden kann, einen Schwellenwert überschreitet,

d) ein Ladezustandsausgleichsbedarfswert anhand des aktuellen Ladezustandswerts ermittelt wird und

e) die zumindest eine Batterieeinheit auf Basis des ermittelten
Ladezustandsausgleichsbedarfswerts entladen wird,

wobei der Entscheidungswert den Schwellenwert überschreitet, falls der ermittelte Ladezustandswert größer ist als ein bestimmter Prozentsatz des vorigen Ladezustandswerts.

- 10 Der Entscheidungswert hängt von dem Verhältnis des ermittelten Ladezustandswerts gegenüber dem vorigen Ladezustandswert ab. Der Ladezustandswert wird also nicht periodisch, sondern bedingt aktualisiert. Der Ladezustandsausgleich kann dagegen durchaus periodisch durchgeführt werden. Alternativ hierzu oder zusätzlich hierzu kann der Ladezustandsausgleich von Ereignissen wie einem Zustand „Ende Laden“ getriggert werden.
- 15 Eine Vielzahl von Methoden werden dem Fachmann geläufig sein. Der Ladezustandsausgleich wird anhand der vorigen Ladezustandswerte durchgeführt, wenn zwar eine Messung erfolgte, die Aktualisierung aber nicht erfolgte, und anhand der ermittelten Ladezustandswerte durchgeführt, wenn die Aktualisierung erfolgte.
- 20 Ein weiterer Vorteil ist, dass das Verfahren unabhängig vom Fahrerprofil abläuft, das heißt von dem Leistungsprofil, dem die Batterie ausgesetzt ist.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch 1 angegebenen Verfahrens sind durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten
25 Maßnahmen möglich.

Besonders vorteilhaft ist ein bestimmter Prozentsatz des vorigen Ladezustandswerts eine feste Zahl größer oder gleich 100 %. Ein Prozentsatz zwischen 100 % und 200 % wird bevorzugt.

- 30 Die Ladezustandswerte der letzten Messung werden also nur dann überschrieben, wenn der neue Ladezustandswert höher ist als der letztgemessene. Hierdurch wird für den Ladezustandsausgleich immer der höchste Ladezustandswert seit dem letzten Ladezustandsausgleich verwendet. Durch dieses Verfahren wird der Ladezustandsausgleich
35 wird nicht bei beliebigen Ladezustandswerten der Batterieeinheit vorgenommen, sondern nur

bei tendenziell hohen Ladezustandswerten. Mit den Maßnahmen der Erfindung wird daher keine Ladung unnötig ausgeglichen. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass die Bauelemente der Ladezustandsausgleichselektronik sich nicht unnötig erwärmen und schneller altern. Der Temperaturhub beim Ladezustandsausgleich kann typischerweise ca. 40 K betragen. Zudem wird eine schnelle Alterung der Lötverbindungen vermieden, welche durch den vom Ladezustandsausgleich verursachten Temperaturwechsel hervorgerufen wird.

Besonders vorteilhaft wird das Verfahren daher in Systemen eingesetzt, in welchen die Kapazität der einzelnen Batterieeinheiten nicht bekannt ist und ein Ladezustandsausgleich nach Art eines resistiven Batterieladezustandsausgleichs erfolgt.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform hängt der Entscheidungswert von einem vorigen Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit, von dem ermittelten Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit und zusätzlich von einem Ermittlungszeitpunkt des ermittelten Ladezustandswerts ab.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird der Ladezustandswert in Schritt a) nach einer Ruhephase der Batterie ermittelt. Die Abhängigkeit des Entscheidungswerts von dem Ermittlungszeitpunkt gestaltet sich dabei bevorzugt als eine Abhängigkeit von einer Dauer der Ruhephase. Hierdurch kann erreicht werden, dass bei einer kurzen Ruhephase nicht eine ältere, genauere Messung durch eine schlechtere überschrieben wird, wenn die Änderung des Ladezustandswerts kaum nennenswert ist. Die Ruhephase wird weiterhin bevorzugt durch einen Übergang der Batterie in einen operativen Betriebszustand, beispielsweise in einen Fahrbetrieb, in einen Aufladebetrieb oder durch einen Ladezustandsausgleich beendet.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird nach dem Entladen in Schritt e) der aktuelle Ladezustandswert der Batterieeinheiten zurückgesetzt. Um wieder einen gültigen Wert für den Ladezustandswert der Batterieeinheiten zu haben, kann unmittelbar nach dem Ladezustandsausgleich eine neue initiale Messung des Ladezustandswertes der zumindest einen Batterieeinheit erfolgen. Besonders vorteilhaft ist, dass zu jedem Leistungszyklus der Batterie somit auch ein höchster Ladezustandswert der Batterie ermittelt werden kann.

Zur Berechnung des Ladezustandswerts (SOC, *state of charge*) der Batterieeinheit wird im Allgemeinen ein Modell der Batterieeinheit zugrunde gelegt. Beispielsweise wird der Ladezustandswert dabei anhand eines Ladestroms und einer offenen Klemmenspannung (OCV, *open circuit voltage*) der Batterie ermittelt.

5

Erfindungsgemäß wird weiterhin ein Computerprogramm vorgeschlagen, gemäß dem eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird, wenn das Computerprogramm auf einer programmierbaren Computereinrichtung ausgeführt wird. Bei dem Computerprogramm kann es sich insbesondere um ein Modul zur Implementierung eines

10

Batterieladezustandsausgleichsystems oder um ein Modul zur Implementierung eines Batteriemanagementsystems eines Fahrzeugs handeln. Das Computerprogramm kann auf einem maschinenlesbaren Speichermedium gespeichert werden, etwa auf einem permanenten oder wiederbeschreibbaren Speichermedium oder in Zuordnung zu einer Computereinrichtung, beispielsweise auf einem tragbaren Speicher, wie einer CD-ROM, DVD, einem USB-Stick oder einer Speicherkarte. Zusätzlich oder alternativ dazu kann das

15

Computerprogramm auf einer Computereinrichtung, wie etwa auf einem Server oder einem Cloud-Server, zum Herunterladen bereitgestellt werden, beispielsweise über ein Datennetzwerk, wie das Internet, oder eine Kommunikationsverbindung, wie etwa eine Telefonleitung oder eine drahtlose Verbindung.

20

Nach einem weiteren Aspekt umfasst ein Batteriemanagementsystem einer Batterie, die mehrere Batterieeinheiten aufweist,

eine Einheit zur Ermittlung eines Ladezustandswerts zumindest einer Batterieeinheit,

25

eine Einheit zur Ermittlung eines Entscheidungswerts, ein voriger Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit aktualisiert werden kann, wobei der Entscheidungswert zumindest von einem vorigen Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit und von dem ermittelten Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit abhängt,

30

eine Einheit zum Aktualisieren des vorigen Ladezustandswertes der zumindest einen Batterieeinheit um einen aktuellen Ladezustandswert der zumindest einen Batterieeinheit zu erhalten, falls der Entscheidungswert einen Schwellenwert überschreitet,

eine Einheit zur Ermittlung eines Ladezustandsausgleichsbedarfswerts anhand des aktuellen Ladezustandswerts

und eine Einheit zum Steuern des Endladens der zumindest einen Batterieeinheit auf Basis
5 des ermittelten Ladezustandsausgleichsbedarfswerts,

wobei der Entscheidungswert den Schwellenwert überschreitet, falls der ermittelte Ladezustandswert größer ist als ein bestimmter Prozentsatz des vorigen Ladezustandswerts.

10 Erfindungsgemäß wird außerdem eine Batterie, insbesondere eine Lithium-Ionen-Batterie oder eine Nickel-Metallhydrid-Batterie, zur Verfügung gestellt, die ein Batteriemanagementsystem umfasst und bevorzugt mit einem Antriebssystem eines Kraftfahrzeugs verbindbar ist, wobei das Batteriemanagementsystem wie zuvor beschrieben ausgebildet ist und/oder eingerichtet ist, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen.

15 Die Begriffe „Batterie“ und „Batterieeinheit“ werden in der vorliegenden Beschreibung dem üblichen Sprachgebrauch angepasst für Akkumulator beziehungsweise Akkumulatoreinheit verwendet. Die Batterie umfasst bevorzugt eine oder mehrere Batterieeinheiten, die eine Batteriezelle, ein Batteriemodul, einen Modulstrang oder einen Batteriepack bezeichnen
20 können. Als Batteriepack werden dabei mehrere Zellen bezeichnet, die räumlich zusammengefasst sind und oft mit einem Gehäuse oder mit einer Ummantelung versehen sind. Die Batteriezellen sind dabei vorzugsweise untereinander fest verbunden und schaltungstechnisch miteinander verbunden, beispielsweise seriell oder parallel zu Modulen verschaltet. Mehrere Module können zu sogenannten Batteriedirektkonvertern (BDC, *battery*
25 *direct converter*) verschaltet sein, und mehrere Batteriedirektkonverter zu einem sogenannten Batteriedirektinverter (BDI, *battery direct inverter*).

Erfindungsgemäß wird außerdem ein Kraftfahrzeug mit einer derartigen Batterie zur Verfügung gestellt, wobei die Batterie mit einem Antriebssystem des Kraftfahrzeugs
30 verbunden ist. Bevorzugt wird das Verfahren bei elektrisch angetriebenen Fahrzeugen angewendet, bei welchen eine Zusammenschaltung einer Vielzahl von Batteriezellen zur Bereitstellung der nötigen Antriebsspannung des Fahrzeugs erfolgt.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine schematische Darstellung zweier Batterieeinheiten unterschiedlicher Kapazität beim Durchlaufen eines Ladezustandsausgleichsverfahrens nach dem Stand der Technik,

Figur 2 eine schematische Darstellung von Ladezuständen über die Zeit bei zwei beispielhaften Fahrzyklen und

Figur 3 eine schematische Darstellung eines Batteriemanagementsystems.

Figur 1 zeigt zwei Batterieeinheiten 2-1, 2-2, welche unterschiedliche Kapazitäten 4 aufweisen. Die Batterieeinheiten 2-1, 2-2 sind zu fünf verschiedenen Zeitpunkten $t_1, t_2, \dots, t_5$ dargestellt, zu welchen sie im Allgemeinen verschiedene Ladezustandswerte 6 aufweisen. Um den Hintergrund der erfindungsgemäßen Verfahrensschritte darzustellen, ist in Figur 1 eine schematische Darstellung der Batterieeinheiten 2-1, 2-2 unterschiedlicher Kapazität 4 beim Durchlaufen eines Ladezustandsausgleichsverfahrens nach dem Stand der Technik dargestellt. Die Batterieeinheiten 2-1, 2-2 sind dabei entlang mehrerer Modellhilfslinien 8, 10, 12, 15, 17 aufgereiht, welche strahlenförmig von einem Bezugspunkt 13 ausgehen. Die Batterieeinheiten 2-1, 2-2 weisen dabei verschiedene Ladezustandswerte 6 auf.

Zum ersten Zeitpunkt t_1 geht eine erste Modellhilfslinie 8 durch Ladezustandswerte 6 in Höhe von 50 % der Kapazität 4, eine zweite Modellhilfslinie 10 durch den Ladezustandswert in Höhe von 100 % der Kapazität 4 und eine dritte Modellhilfslinie 12 durch den Ladezustandswert 6 in Höhe von 0 % der Kapazität 4.

Zum ersten Zeitpunkt t_1 haben beide Batterieeinheiten 2-1, 2-2 einen Ladezustandswert 6 in Höhe von 50 %. Zwischen dem ersten Zeitpunkt t_1 und dem zweiten Zeitpunkt t_2 erfolgt eine Ladung beider Batterieeinheiten 2-1, 2-2 um einen Aufladungsbetrag 14. Da die Batterieeinheiten 2-1, 2-2 unterschiedliche Kapazitäten 4 aufweisen, weisen sie zum zweiten Zeitpunkt t_2 einen unterschiedlichen Ladezustandswert 6 auf. Dies wird anhand einer vierten Modellhilfslinie 15 deutlich, welche identische Ladezustände 6 der verschiedenen Batterieeinheiten 2-1, 2-2 angibt.

Zwischen dem zweiten Zeitpunkt t_2 und dem dritten Zeitpunkt t_3 erfolgt ein Ladezustandsausgleich. Hierzu wurde die erste Batterieeinheit 2-1 resistiv teilentladen, bis beide Ladezustandswerte 6 der Batterieeinheiten 2-1, 2-2 auf der vierten Modellhilfslinie 15 liegen, welche identische Ladezustandswerte 6 der verschiedenen Batterieeinheiten 2-1, 2-2 angibt.

Zwischen dem dritten Zeitpunkt t_3 und dem vierten Zeitpunkt t_4 erfolgt ein operativer Betrieb der Batterie, welcher effektiv eine Entladung bedeutet. Beide Batterieeinheiten 2-1, 2-2 werden um einen gleichen Entladebetrag entladen (nicht dargestellt). Da die beiden Batterieeinheiten 2-1, 2-2 verschiedene Kapazitäten 4 aufweisen, ist ihr Ladezustandswert 6 relativ gesehen nicht gleich, wie durch eine fünfte Modellhilfslinie 17 angedeutet wird, welche identische Ladezustandswerte 6 der verschiedenen Batterieeinheiten 2-1, 2-2 angibt.

Zwischen dem vierten Zeitpunkt t_4 und dem fünften Zeitpunkt t_5 erfolgt wiederum ein Ladezustandsausgleich. In diesem Fall wird die zweite Batterieeinheit 2-2 teilweise entladen, um einen einheitlichen Ladezustandswert 6 zu erreichen, was zum fünften Zeitpunkt t_5 dargestellt ist.

Anhand Figur 1 ist ersichtlich, dass der Ausgleichsbedarf beim zweiten Ladezustandsausgleich zum Zeitpunkt t_5 teilweise durch den Ausgleichsbedarf beim ersten Ladezustandsausgleich zum Zeitpunkt t_3 geschaffen worden ist. In Systemen, in denen die Kapazität 4 der einzelnen Batterieeinheiten 2-1, 2-2 nicht bekannt ist und der resistive Ladezustandsausgleich hin zu einem gemeinsamen Ladezustandswert 6 vorgenommen wird, ist die gesamte auszugleichende Ladung sehr hoch, da unnötigerweise Ladung über die Ladezustandsausgleichswiderstände abgeführt wird, die weit über dem reinen Ausgleich der verschiedenen Selbstentladungen liegt. Wird die Batterie ständig so ausgeglichen, dass sämtliche Batterieeinheiten 2-1, 2-2 einen gleichen Ladezustandswert 6 aufweisen, so wird nicht nur unnötig Ladung über die Balance-Widerstände abgeführt. Gleichzeitig kommt es auch zu unnötig vielen Schaltvorgängen der Ladezustandsausgleichseinheit, die zu einer deutlichen Lebensdauerreduzierung der Elektronik führen.

Im Gegensatz hierzu werden erfindungsgemäß die Ladezustandswerte 6 der letzten Messung nur dann überschrieben, wenn der neue Ladezustandswert 6 höher ist als der letztgemessene. Hierdurch wird für den Ladezustandsausgleich immer der höchste Ladezustandswert 6 seit dem letzten Ladezustandsausgleich verwendet. Der

Ladezustandsausgleich wird also nicht bei beliebigen Ladezustandswerten 6 des Batteriepacks vorgenommen, sondern nur tendenziell hohen Ladezuständen, wodurch der Scheinbedarfsladezustandsausgleich reduziert wird. Nach einem Ladezustandsausgleich soll die vorige Ladezustandswertmessung ungültig sein. Um einen gültigen Wert zu haben, wird
 5 unmittelbar nach dem Ladezustandsausgleich eine neue initiale Messung durchgeführt.

Das Verfahren umfasst daher nach einer bevorzugten Ausführungsform die Schritte:

1. Bedingte Ladezustandsmessung jeder Batterieeinheit SOC_i und $SOC_{MIN} = \min(SOC_i)_i$
- 10 2. Basierend auf der SOC-Messung Ermittlung des Ladezustandsausgleichbedarfswerts.
 Die auszugleichende Ladung für die Batterieeinheit i:
 $Q_i = C_{nom} * (SOC_i - SOC_{MIN})$,
 mit C_{nom} der Normalkapazität der Batterieeinheiten 2-1, 2-2.
3. Einschalten der Ladezustandsausgleichseinheit für eine Dauer der zu entladenden
 15 Ladung Q_i .

Figur 2 zeigt beispielhafte Verläufe 20 eines Ladezustands SOC einer Batterie im Betrieb. Im ersten Beispiel A) sind zunächst zwei operative Betriebsphasen 22 der Batterie vorgesehen, innerhalb welcher der Ladezustand der Batterie sinkt. An die operativen Betriebsphasen
 20 schließt eine Aufladephase 24 und hieran eine Ladezustandsausgleichsphase 26 an. In dem zweiten Beispiel B) erfolgen eine erste operative Betriebsphase 22, eine Ladezustandsausgleichsphase 26 eine zweite operative Betriebsphase 22, eine Aufladephase 24 und eine zweite Ladezustandsausgleichsphase 26.

25 Beim vorgestellten Verfahren ist vorgesehen, den Ladezustandswert 6 vor Ende einer Ruhephase zu ermitteln. Die Ruhephase zeichnet sich dadurch aus, dass außer den Selbstentladungsströmen kein Strom durch die Batterieeinheiten 2-1, 2-2 fließt. Ladephasen und Fahrphasen gehören somit nicht zu Ruhephasen sondern zu Betriebsphasen der Batterie. Hierdurch wird vorteilhaft ausgenutzt, dass die Ladezustandsmessungenauigkeit
 30 umso geringer ist, je länger die Batterieeinheit in Ruhe ist.

Die Zeitpunkte t_6 bis t_{10} stellen beispielhaft Zeitpunkte dar, bei welchen die Ladezustandswerte 6 der Batterieeinheiten 2-1, 2-2 ermittelt werden. Ein sechster Zeitpunkt t_6 ist der Beginn der ersten operativen Betriebsphase 22. Ein siebter Zeitpunkt t_7 ist der
 35 Beginn der Ladezustandsausgleichsphase 26. Gleichzeitig ist der siebte Zeitpunkt t_7 das

Ende der Aufladephase 24. Zu einem achten Zeitpunkt t_8 beginnt die erste operative Betriebsphase 22. Zu einem neunten Zeitpunkt t_9 beginnt die zweite operative Betriebsphase 22 bzw. endet die erste Ladezustandsausgleichsphase 26. Zu einem zehnten Zeitpunkt t_{10} beginnt die zweite Ladezustandsausgleichsphase 26 bzw. endet die Aufladephase 24.

5

Figur 3 zeigt eine beispielhafte Darstellung des erfindungsgemäßen Batteriemanagementsystems 28, welches eingerichtet ist, eine Anzahl von Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n zu überwachen und zu steuern. Die Kommunikation zwischen den Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n und dem Batteriemanagementsystem 28 erfolgt über geeignete Kommunikationseinheiten 34, 36 als Schnittstellen zu seinem Kommunikationskanal 32, beispielsweise zu einem CAN-Bus. Das Batteriemanagementsystem 28 kann alternativ auch per Messleitung direkt an die Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n angeschlossen sein, so dass keine Kommunikation über einen Bus notwendig ist.

10

Das Batteriemanagementsystem 28 weist eine Einheit 38 zur Ermittlung des Ladezustandswerts 6 zumindest einer Batterieeinheit 2-1, 2-2, ... 2-n auf. Die Einheit 38 zur Ermittlung des Ladezustandswerts 6 ermittelt den Ladezustandswert 6 der Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n beispielsweise periodisch oder indem es durch einen Befehl dazu veranlasst wird.

15

Das Batteriemanagementsystem 28 weist eine Einheit 40 zur Ermittlung eines Entscheidungswerts auf. Die Einheit 40 zur Ermittlung des Entscheidungswerts empfängt Daten der Einheit 38 zur Ermittlung des Ladezustandswerts 6 der Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n und Daten einer Einheit 42 zur Ermittlung eines aktuellen Ladezustandswerts 6 der Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n. Durch Vergleich des ermittelten Ladezustandswerts 6 und des aktuellen Ladezustandswerts 6 sowie unter Berücksichtigung des Ermittlungszeitpunkts $t_6, \dots, t_{10}$ bzw. der Differenz der Ermittlungszeitpunkte $t_6, \dots, t_{10}$ des vorigen Ladezustandswerts 6 und des ermittelten Ladezustandswerts 6 berechnet die Einheit 40, ob der aktuelle Ladezustandswert 6 aktualisiert werden kann. Ist dies der Fall, so ruft die Einheit 40 zur Ermittlung des Entscheidungswerts eine Einheit 44 zur Aktualisierung des vorigen Ladezustandswerts 6 auf, welche den vorigen Ladezustandswert 6 aktualisiert.

20

25

30

Das Batteriemanagementsystem 28 weist eine weitere Einheit 46 zur Ermittlung eines Ladezustandsausgleichsbedarfswerts auf, welche anhand des aktuellen Ladezustandswerts

6 die Ladezustandsausgleichsbedarfswerte für die einzelnen Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n ermittelt. Wenn die Einheit 46 zur Ermittlung des Ladezustandsausgleichsbedarfswerts einen Befehl zum Ladezustandsausgleich erhält, ermittelt sie den Ladezustandsausgleichsbedarfswert durch Abfrage bei der Einheit 42 zur Ermittlung des aktuellen Ladezustandswerts 6.

Die Einheit 46 zur Ermittlung der Ladezustandsausgleichsbedarfswerte ist im vorliegenden Beispiel außerdem mit der Einheit 44 zum Aktualisieren des vorigen Ladezustandswerts 6 gekoppelt, beispielsweise um Zeitpunkte der Aktualisierung des Ladezustandswerts 6 zu berücksichtigen.

Das Batteriemanagementsystem 28 weist außerdem eine Einheit 48 zum Steuern des Entladens der Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n auf Basis der ermittelten Ladezustandsausgleichsbedarfswerte auf. Die Einheit 48 zum Steuern des Entladens der Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n empfängt die Daten der Einheit 46 zur Ermittlung des Ladezustandsausgleichsbedarfswerts. Die Einheit 48 zum Steuern des Entladens ist an die Kommunikationseinheit 36 angeschlossen, welche mit den Batterieeinheiten 2-1, 2-2, ... 2-n kommuniziert.

Die Erfindung ist nicht auf die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele und die darin hervorgehobenen Aspekte beschränkt. Vielmehr ist innerhalb des durch die Ansprüche angegebenen Bereichs eine Vielzahl von Abwandlungen möglich, die im Rahmen fachmännischen Handelns liegen.

Ansprüche

5 1. Verfahren zum Ladezustandsausgleich einer Batterie, die mehrere Batterieeinheiten (2-1, 2-2, ... 2-n) aufweist, mit den Schritten:

a) Ermitteln eines Ladezustandswerts (6) zumindest einer Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n),

10 b) Ermitteln eines Entscheidungswerts, ob ein voriger Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) aktualisiert werden kann, wobei der Entscheidungswert zumindest von einem vorigen Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) und von dem ermittelten Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) abhängt,

15 c) Aktualisieren des vorigen Ladezustandswerts (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) um einen aktuellen Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) zu erhalten, falls der Entscheidungswert, ob der vorige Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) aktualisiert werden kann, einen Schwellenwert überschreitet,

20 d) Ermitteln eines Ladezustandsausgleichsbedarfswerts anhand des aktuellen Ladezustandswerts (6) und

e) Entladen der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) auf Basis des ermittelten Ladezustandsausgleichsbedarfswerts,

30 dadurch gekennzeichnet, dass der Entscheidungswert den Schwellenwert überschreitet, falls der ermittelte Ladezustandswert (6) größer ist als ein bestimmter Prozentsatz des vorigen Ladezustandswerts (6).

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass der bestimmte Prozentsatz des vorigen Ladezustandswerts eine feste Zahl größer oder gleich 100 % ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass
5 der Ladezustandswert (6) in Schritt a) nach einer Ruhephase der Batterie ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Entscheidungswert von einer Dauer der Ruhephase abhängt.
- 10 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Entladen in Schritt e) der aktuelle Ladezustandswert (6) der Batterieeinheiten (2-1, 2-2, ... 2-n) zurückgesetzt wird.
6. Computerprogramm zur Durchführung eines der Verfahren nach einem der Ansprüche 1
15 bis 5, wenn das Computerprogramm auf einer programmierbaren Computereinrichtung ausgeführt wird.
7. Batteriemanagementsystem (28) einer Batterie, die mehrere Batterieeinheiten (2-1, 2-2, ... 2-n) aufweist mit
20
 - a) einer Einheit (38) zur Ermittlung eines Ladezustandswerts (6) zumindest einer Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n),
 - b) einer Einheit (40) zur Ermittlung eines Entscheidungswerts, ob ein voriger
25 Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) aktualisiert werden kann, wobei der Entscheidungswert zumindest von einem vorigen Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) und von dem ermittelten Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) abhängt,
30
 - c) einer Einheit (44) zur Aktualisierung des vorigen Ladezustandswerts (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) um einen aktuellen Ladezustandswert (6) der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) zu erhalten, falls der Entscheidungswert einen Schwellenwert überschreitet,
35

d) einer Einheit (46) zur Ermittlung eines Ladezustandsausgleichsbedarfswerts anhand des aktuellen Ladezustandswerts (6) und

e) einer Einheit (48) zum Steuern des Ladezustands der zumindest einen Batterieeinheit (2-1, 2-2, ... 2-n) auf Basis des ermittelten Ladezustandsausgleichsbedarfswerts,

wobei der Entscheidungswert den Schwellenwert überschreitet, falls der ermittelte Ladezustandswert (6) größer ist als ein bestimmter Prozentsatz des vorigen Ladezustandswerts (6).

8. Batterie, die mehrere Batterieeinheiten (2-1, 2-2, ... 2-n) und ein Batteriemanagementsystem (28) nach Anspruch 7 umfasst.

9. Kraftfahrzeug mit einer Batterie nach Anspruch 8, wobei die Batterie mit einem Antriebssystem des Kraftfahrzeugs verbunden ist.

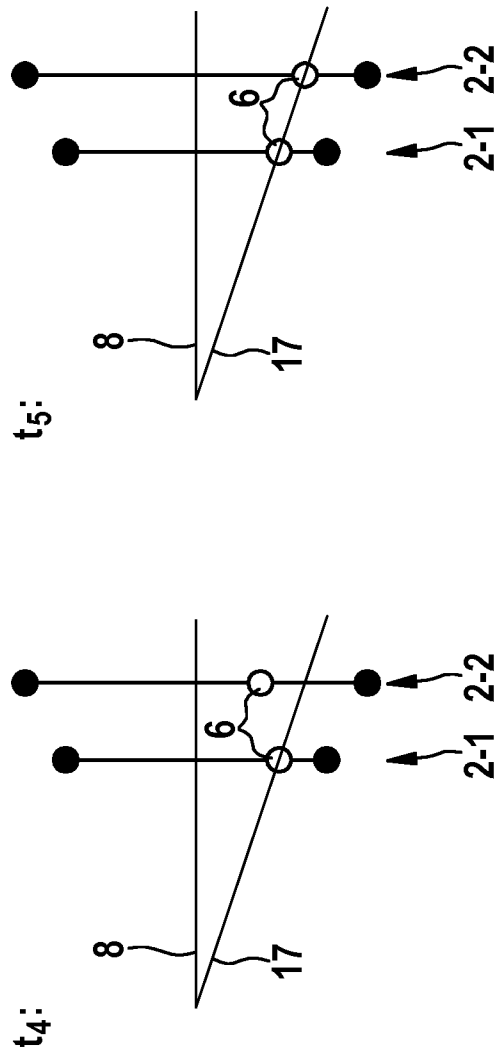
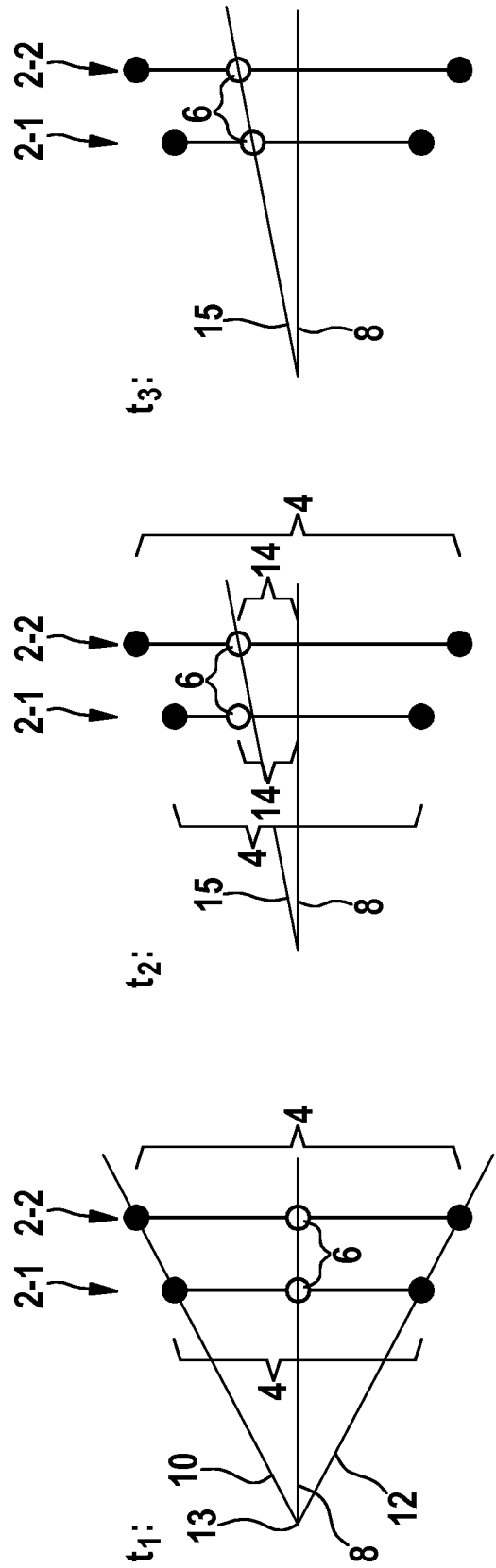


Fig. 1

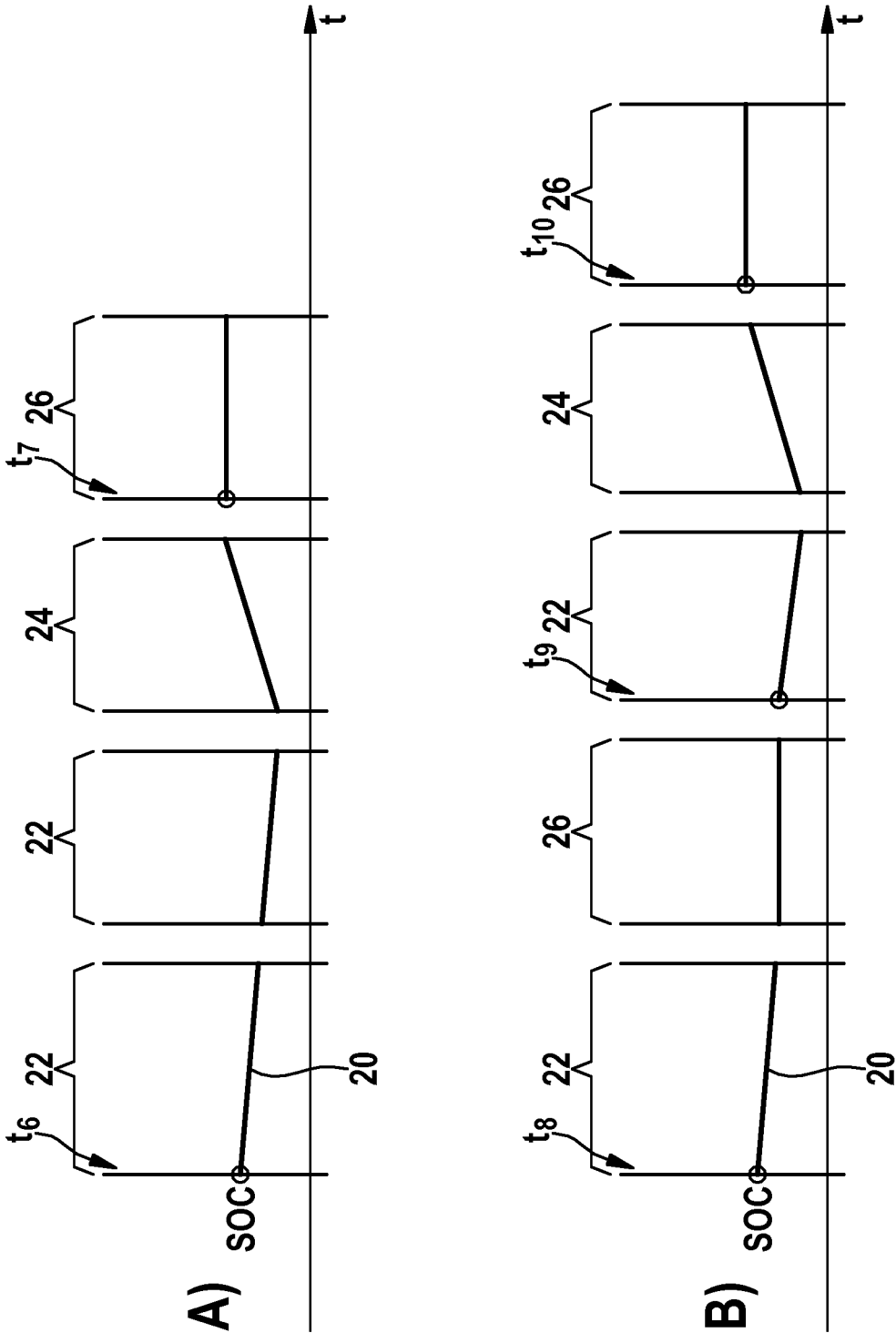


Fig. 2

28

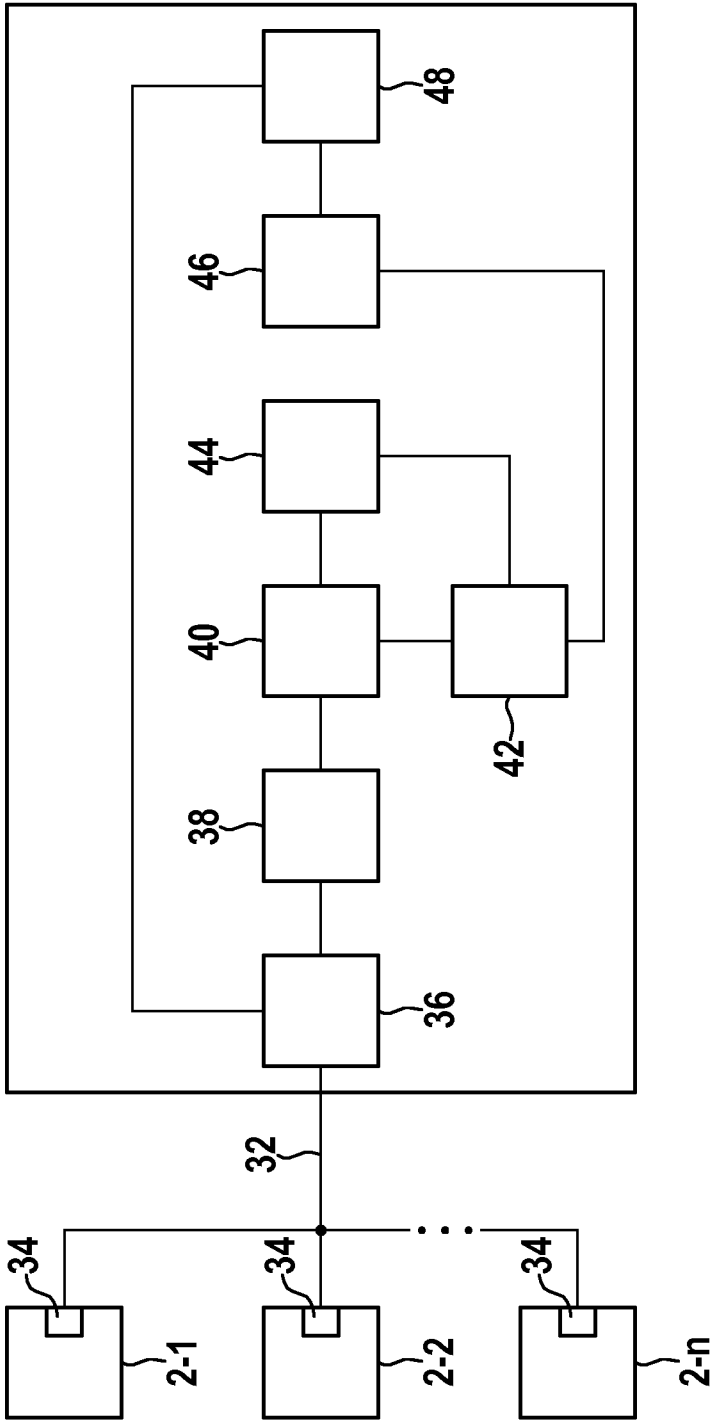


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/079047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01M10/44 H02J7/00
 ADD. H01M10/42

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)

H01M H02J

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2010/140044 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; TAKAHASHI KENJI [JP]; NISHI YUJI [JP]; TOMUR) 9 December 2010 (2010-12-09) paragraph [0085] - paragraph [0093]; figures 12,24 paragraph [0001]	1-9
X	US 2013/257323 A1 (DIAMOND STEVEN [US] ET AL) 3 October 2013 (2013-10-03) abstract paragraph [0028] - paragraph [0030]; figures 3-5 paragraph [0019]	1-9



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

17 March 2015

Date of mailing of the international search report

26/03/2015

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

Hintermaier, Frank

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/079047

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2010140044	A1	09-12-2010	CA 2757943 A1 09-12-2010
			CN 102803977 A 28-11-2012
			EP 2438452 A1 11-04-2012
			JP 4772137 B2 14-09-2011
			JP 2010283922 A 16-12-2010
			US 2012065824 A1 15-03-2012
			WO 2010140044 A1 09-12-2010

US 2013257323	A1	03-10-2013	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01M10/44 H02J7/00

ADD. H01M10/42

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01M H02J

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2010/140044 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]; TAKAHASHI KENJI [JP]; NISHI YUJI [JP]; TOMUR) 9. Dezember 2010 (2010-12-09) Absatz [0085] - Absatz [0093]; Abbildungen 12,24 Absatz [0001]	1-9
X	US 2013/257323 A1 (DIAMOND STEVEN [US] ET AL) 3. Oktober 2013 (2013-10-03) Zusammenfassung Absatz [0028] - Absatz [0030]; Abbildungen 3-5 Absatz [0019]	1-9



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

17. März 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

26/03/2015

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

Hintermaier, Frank

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/079047

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2010140044	A1	09-12-2010	CA	2757943 A1	09-12-2010
			CN	102803977 A	28-11-2012
			EP	2438452 A1	11-04-2012
			JP	4772137 B2	14-09-2011
			JP	2010283922 A	16-12-2010
			US	2012065824 A1	15-03-2012
			WO	2010140044 A1	09-12-2010

US 2013257323	A1	03-10-2013	KEINE		
