

(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
28. Januar 2016 (28.01.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/012196 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 10/42 (2006.01) *H01M 10/48* (2006.01)
B60L 11/18 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/064586
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juni 2015 (26.06.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2014 214 314.4 23. Juli 2014 (23.07.2014) DE
- (71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder: **BOEHM, Andre**; Ludwigsburger Str. 24, 70806 Kornwestheim (DE). **LEMKE, Andreas**; Rippoldsauerstrasse 18/1, 70373 Stuttgart (DE). **DOERR, Alfons**; Orplidstrasse 8, 70597 Stuttgart (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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A SECONDARY BATTERY

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SEKUNDÄRBATTERIE

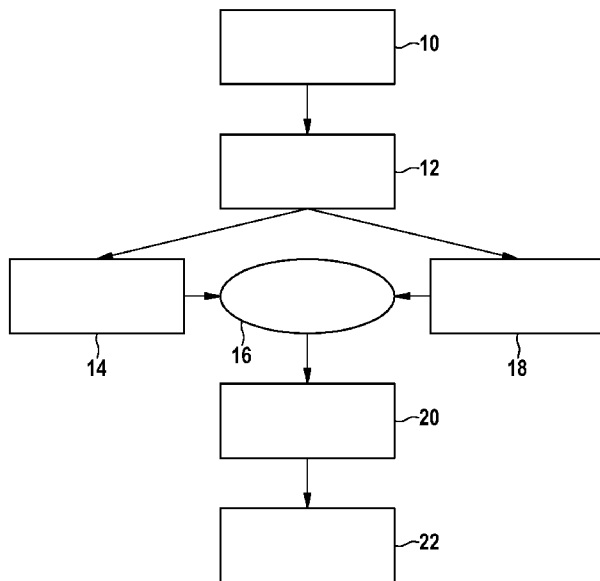


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a secondary battery having at least two battery cells, in particular of an electrically driveable vehicle, using an operating strategy based on stored cell-specific ageing models assigned to the individual battery cells, having at least the steps of: - recording at least two different cell-specific state parameters of each battery cell; - determining a cell-specific ageing state of each battery cell on the basis of the cell-specific state parameters recorded from the particular battery cell; - determining the dependences of the cell-specific ageing state of each battery cell on the individual state parameters of the particular battery cell; - comparing the determined dependences with corresponding predetermined dependences contained in the cell-specific ageing model of the particular battery cell; - adapting the cell-specific ageing model of a battery cell to the determined dependences if the determined dependences differ from the corresponding predetermined dependences of the cell-specific ageing model of the particular battery cell; - determining the service life of a battery cell on the basis of the cell-specific ageing model of the particular battery cell which is adapted to the determined dependences; - comparing the determined service life of a battery cell with a predefined threshold value; and - adapting the operating strategy if the determined service life of a battery cell undershoots the predefined threshold value.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/012196 A1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer wenigstens zwei Batteriezellen aufweisenden Sekundärbatterie, insbesondere eines elektrisch antreibbaren Fahrzeugs, unter Verwendung einer auf hinterlegten, den einzelnen Batteriezellen zugeordneten zellspezifischen Alterungsmodellen basierenden Betriebsstrategie, aufweisend wenigstens die Schritte: - Erfassen von wenigstens zwei verschiedenen zellspezifischen Zustandsparametern von jeder Batteriezelle; - Ermitteln eines zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle auf Basis der von der jeweiligen Batteriezelle erfassten zellspezifischen Zustandsparameter; - Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle; - Vergleichen der ermittelten Abhängigkeiten mit entsprechenden in dem zellspezifischen Alterungsmodell der jeweiligen Batteriezelle enthaltenen, vorab festgelegten Abhängigkeiten; - Anpassen des zellspezifischen Alterungsmodells einer Batteriezelle bei Abweichung der ermittelten Abhängigkeiten von den entsprechenden vorab festgelegten Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle an die ermittelten Abhängigkeiten; - Ermitteln der Lebensdauer einer Batteriezelle auf Basis des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle; - Vergleichen der ermittelten Lebensdauer einer Batteriezelle mit einem vorgegebenen Schwellwert; und - Anpassen der Betriebsstrategie, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Betreiben einer Sekundärbatterie

10

Stand der Technik

In elektrisch angetriebenen Kraftfahrzeugen, insbesondere Elektrofahrzeugen, Hybridelektrofahrzeugen, Plug-in-Hybridelektrofahrzeugen und dergleichen, werden Sekundärbatterien eingesetzt, um mit ihnen über ein fahrzeugseitiges elektrisches Stromnetz elektrische Antriebseinrichtungen des Kraftfahrzeugs mit elektrischer Energie zu versorgen.

Entsprechende Sekundärbatterien weisen in der Regel elektrisch miteinander zu einem Batteriestrang verschaltete Batteriemodule auf, welche wiederum mehrere elektrisch miteinander verschaltete Batteriezellen umfassen. Die Batteriezellen können beispielsweise als Lithium-Ionen-Batteriezellen oder als Eisen-Metallhydrid-Batteriezellen ausgebildet sein.

Bei einer Nutzung von Batteriezellen einer Sekundärbatterie als Energiespeicher befinden sich die Batteriezellen nicht in einem stabilen Gleichgewichtszustand, da sich die Batteriezellen einerseits mit einem elektrischem Strom, typischerweise im Mikroampere- bis Milliamperebereich, entladen und es andererseits irreversible Zersetzungsreaktionen der Batteriezellen gibt, bei denen Strukturen der Batteriezellen hin zu einer chemischen Zusammensetzung reagieren, welche den Nutzungsbereich der Batteriezellen einschränkt. Die irreversiblen Zersetzungsreaktionen werden auch als „Zellalterung“ bezeichnet.

Die Zellalterung hängt von vielen Faktoren, sogenannten Alterungs- bzw. Beschleunigungsfaktoren, ab, wozu als wichtigster Faktor die Temperatur einer

35

Batteriezelle, aber auch der Ladezustand („state of charge“, SOC) gehört. Diese beiden Faktoren bestimmen maßgeblich die kalendarische Alterung einer Batteriezelle, das heißt diejenige Alterung, die unabhängig von der Nutzung einer Batteriezelle ist. Nutzungsabhängige Alterungsfaktoren der sogenannten zyklischen Alterung sind beispielsweise die jeweilig fließenden Lade- und Entladeströme, der jeweilige Lade- und Entladehub, die Temperatur und dergleichen. Die Alterung einer Batteriezelle kann zum Beispiel in Bezug auf die nutzbare Kapazität C ausgedrückt werden. Zum Zeitpunkt T_0 ist die Kapazität $C(T_0) = C_0$, wohingegen zu späteren Zeitpunkten die nutzbare Kapazität $C(T > T_0) < C_0$ ist.

Die Alterung einer Batteriezelle kann modellmäßig (abstrakt) als zustandsabhängige Funktion beschrieben werden. Beispielsweise kann die nutzbare Kapazität $C(t) = f(Z_1, Z_2, \dots, Z_n, C_0, t)$ sein. Dabei sind Z_1, Z_2, \dots, Z_n Zustandsparameter zu Zuständen, wie beispielsweise Lagerung, Lade-/Entladeraten, SOC oder dergleichen, einer Batteriezelle und t ist die Zeit. Eine analoge Beschreibung lässt sich auch für eine Veränderung des Innenwiderstands einer Batteriezelle angeben $R(t) = f(Z_1, Z_2, \dots, Z_n, R_0, t)$.

Eine genaue Alterungsfunktion über alle Zustände einer Batteriezelle ist bislang nicht bekannt. Es gibt Versuche, diese Alterungsfunktion durch Superposition der einzelnen Alterungsfaktoren darzustellen. Jedoch sind weder alle Alterungsfaktoren bekannt, noch lassen sich Korrelationen der einzelnen Zustände einer Batteriezelle darstellen. Darüber hinaus können sich zum Aufbau einer Sekundärbatterie verwendete Batteriezellen in ihren Alterungsfaktoren voneinander unterscheiden. Zudem können sich die Alterungsfaktoren einer Batteriezelle im zeitlichen Verlauf verändern, so dass es bisher nicht möglich war, eine verlässliche Aussage über die Zellalterung von Batteriezellen einer Sekundärbatterie zu tätigen.

Eine Betriebsstrategie, nach der eine Sekundärbatterie betrieben wird, kann die Zustände der einzelnen Batteriezellen beeinflussen und somit direkt Einfluss auf die Zellalterung der Batteriezellen nehmen.

US 2005/0001627 A1 betrifft ein Modell einer Lebensdauer einer Sekundärbatterie in Form einer Funktion eines SOH („state of health“)-Indikators, die in Reaktion auf intermittierende Kapazitätstests einer Batterie, beispielsweise auf in Reaktion auf die Kapazitätstests erzeugte Schätzungen der restlichen Lebensdauer, adaptiv geändert wird. Der SOH-Indikator für die Batterie wird überwacht, um SOH-Indikatorwerte zu erzeugen. Schätzungen der restlichen Lebensdauer werden aus den erzeugten SOH-Indikatorwerten entsprechend dem adaptiv modifizierten Modell der restlichen Lebensdauer erzeugt. Zum Beispiel kann ein Kapazitätstest bei Erfassung einer Änderung der restlichen Lebensdauer durchgeführt werden. Das Modell der restlichen Lebensdauer kann in Reaktion auf den Kapazitätstest geändert werden. Das Modell der restlichen Lebensdauer der Batterie kann beispielsweise die restliche Lebensdauer als Funktion einer Schwebespannung, eines Stroms, einer Temperatur, eines Lade-Entlade-Zyklus, einer Impedanz, einer Leitfähigkeit, eines Widerstands und/oder eines weiteren Parameters darstellen.

US 2013/0085696 A1 offenbart ein Verfahren zum Erfassen der Alterung einer Batterie, ein System zum Erfassen der Alterung der Batterie basierend auf dem Verfahren und ein Verfahren zum Steuern einer Anwendung der Batterie durch Verwendung des Systems und der erfassten Alterungsinformation. Das Verfahren zum Erfassen der Alterung der Batterie beinhaltet die Schritte: Sammeln von Daten der Batterie und Daten zur Alterung der Batterie; Verarbeiten der gesammelten Daten, um Alterungsparameter der Batterie zu erhalten; Speichern der Alterungsparameter der Batterie, um einen Alterungszustand der Batterie festzulegen; Aufbau eines Modells der Batteriealterung durch Verwendung der Alterungsparameter der Batterie; Aktualisierung des Modells der Batteriealterung gemäß den erhaltenen Alterungsparametern der Batterie; und Berechnen der Alterung der Batterie durch Verwendung des Modells der Batteriealterung, der Alterungsparameter und des gespeicherten Alterungszustands der Batterie.

Offenbarung der Erfindung

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Betreiben einer wenigstens zwei Batteriezellen aufweisenden Sekundärbatterie, insbesondere eines

elektrisch antreibbaren Fahrzeugs, unter Verwendung einer auf hinterlegten, den einzelnen Batteriezellen zugeordneten zellspezifischen Alterungsmodellen basierenden Betriebsstrategie, aufweisend wenigstens die Schritte:

- Erfassen von wenigstens zwei verschiedenen zellspezifischen Zustandsparametern von jeder Batteriezelle;
- Ermitteln eines zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle auf Basis der von der jeweiligen Batteriezelle erfassten zellspezifischen Zustandsparameter, wobei Zellalterungszustandsgrößen können beispielsweise die jeweilige Kapazität, den Innenwiderstand und/oder die Selbstentladung bestimmbar sein; und Zustandsparameter der Zellen können über den jeweiligen Ladungszustand, den Strom, die Spannung und/oder die Temperatur, gemessen an verschiedenen Stellen, bestimmbar sein;
- Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle;
- Vergleichen der ermittelten Abhängigkeiten mit entsprechenden in dem zellspezifischen Alterungsmodell der jeweiligen Batteriezelle enthaltenen, vorab festgelegten Abhängigkeiten;
- Anpassen des zellspezifischen Alterungsmodells einer Batteriezelle bei Abweichung der ermittelten Abhängigkeiten von den vorab festgelegten entsprechenden Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle an die ermittelten Abhängigkeiten;
- Ermitteln der Lebensdauer einer Batteriezelle auf Basis des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle;
- Vergleichen der ermittelten Lebensdauer einer Batteriezelle mit einem vorgegebenen Schwellwert; und
- Anpassen der Betriebsstrategie, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann eine Betriebsstrategie zum Betreiben einer Sekundärbatterie von einer zum Betreiben der Sekundärbatterie nach der Betriebsstrategie eingerichteten Batterie-Management-Einheit selbsttätig, das heißt autonom, so angepasst werden, dass eine möglichst geringe Zellalterung der Batteriezellen der Sekundärbatterie und somit der gesamten Sekundärbatterie erreicht wird, wodurch eine maximale Lebensdauer

der Batteriezellen der Sekundärbatterie bzw. der Sekundärbatterie insgesamt gewährleistet werden kann. Somit kann die Zellalterung der Batteriezellen der Sekundärbatterie entsprechend den jeweils aktuellen Alterungsmodellen der Batteriezellen verringert werden.

5

Eine Anpassung der Betriebsstrategie kann beispielsweise derart erfolgen, dass einzelne Batteriezellen der Sekundärbatterie aktiv entladen werden, wenn das jeweilige zellspezifische Alterungsmodell dieser Batteriezellen bei einem SOC von 100 % eine hohe kalendarische Alterung aufzeigt.

10

Die in einem Alterungsmodell einer Batteriezelle enthaltenen, vorab festgelegten Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands der Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der Batteriezelle können aus einem Datenpool stammen, in dem Abhängigkeiten aller Batteriezellen durch Einzelmessungen an Batteriezellen gespeichert sind.

15

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die wenigstens zwei erfassten verschiedenen zellspezifischen Zustandsparameter von jeder Batteriezelle klassifiziert. Die Klassifizierung der zellspezifischen Zustandsparameter wird vorzugsweise vor einer weiteren Verarbeitung der Zustandsparameter vorgenommen. Eine solche Klassifizierung kann beispielsweise dahingehend erfolgen, dass bei den erfassten zellspezifischen Zustandsparametern zwischen Zustandsparametern betreffend die Temperatur einer Batteriezelle, Lade- und Entladeströme, Lade- und Entladehub, SOC und dergleichen unterschieden wird.

25

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird zum Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle eine Korrelationsanalyse durchgeführt. Hierzu kann beispielsweise ein zur Durchführung der Korrelationsanalyse eingerichteter Algorithmus verwendet werden, der von der Batterie-Management-Einheit ausgeführt wird.

30

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass zum Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle ein

35

künstliches neuronales Netz verwendet wird. Diese Ausgestaltung kann alternativ zu der zuletzt genannten Ausgestaltung vorgesehen sein.

5 Es wird weiter als vorteilhaft erachtet, wenn die Lebensdauer einer Batteriezelle durch Extrapolieren des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle ermittelt wird.

10 Ferner wird vorgeschlagen, dass zum Anpassen der Betriebsstrategie, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet, vordefinierte Funktionen oder selbstlernende Algorithmen verwendet werden. Die vordefinierten Funktionen können als Wenn-Dann-Bedingungen formuliert sein.

15 Gegenstand der Erfindung ist des Weiteren ein Batteriesystem, insbesondere für ein elektrisch antreibbares Fahrzeug. Mit diesem Batteriesystem sind die oben mit Bezug auf das Verfahren genannten Vorteile entsprechend verbunden. Die Batterie-Management-Einheit kann Teil eines herkömmlichen Batterie-
20 Managementsystems sein. Zur Durchführung der zuvor genannten Schritte weist die Batterie-Management-Einheit eine geeignete Software- und eine geeignete Hardware-Schaltung auf.

25 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, die wenigstens zwei erfassten verschiedenen zellspezifischen Zustandsparameter von jeder Batteriezelle zu klassifizieren. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung des Verfahrens genannten Ausführungsformen entsprechend verbunden.

30 Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, zum Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle eine Korrelationsanalyse durchzuführen.

35 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, zum Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen

Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle ein künstliches neuronales Netz zu verwenden.

5 Es wird des Weiteren als vorteilhaft erachtet, wenn die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, die Lebensdauer einer Batteriezelle durch Extrapolieren des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle zu ermitteln.

10 Ferner wird vorgeschlagen, dass die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, zum Anpassen der Betriebsstrategie, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet, vordefinierte Funktionen oder selbstlernende Algorithmen zu verwenden

15 Im Folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegende Figur anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels exemplarisch erläutert, wobei die nachfolgend dargestellten Merkmale sowohl jeweils für sich genommen als auch in verschiedener Kombination miteinander einen Aspekt der Erfindung darstellen können. Es zeigt

20
Figur 1: eine schematische Darstellung eines beispielhaften Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben einer Sekundärbatterie.

25
Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines beispielhaften Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben einer wenigstens zwei Batteriezellen aufweisenden, nicht gezeigten Sekundärbatterie eines elektrisch antreibbaren Fahrzeugs unter Verwendung einer auf hinterlegten, den einzelnen Batteriezellen zugeordneten zellspezifischen Alterungsmodellen basierenden Betriebsstrategie.

30
In Schritt 10 werden wenigstens zwei verschiedene zellspezifische Zustandsparameter von jeder Batteriezelle erfasst, was mittels geeigneter Messungen erfolgt. In Schritt 12 wird ein zellspezifischer Alterungszustand von jeder Batteriezelle auf Basis der von der jeweiligen Batteriezelle erfassten
35 zellspezifischen Zustandsparameter ermittelt. In Schritt 14 werden die

Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle ermittelt, was durch eine geeignete Korrelationsanalyse erfolgt. In Schritt 16 werden die ermittelten Abhängigkeiten mit entsprechenden in dem spezifischen Alterungsmodell der jeweiligen Batteriezelle enthaltenen, vorab festgelegten Abhängigkeiten verglichen, wobei die vorab festgelegten Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle aus einem Datenpool 18 bezogen werden. In Schritt 16 wird zudem das zellspezifische Alterungsmodell einer Batteriezelle bei Abweichung der ermittelten Abhängigkeiten von den entsprechenden vorab festgelegten Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle an die ermittelten Abhängigkeiten angepasst. In Schritt 20 wird die Lebensdauer einer Batteriezelle auf Basis des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle ermittelt, was durch Extrapolation des angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle erfolgt. In Schritt 22 wird die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen und die Betriebsstrategie angepasst, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer wenigstens zwei Batteriezellen aufweisenden Sekundärbatterie, insbesondere eines elektrisch antreibbaren Fahrzeugs, unter Verwendung einer auf hinterlegten, den einzelnen Batteriezellen zugeordneten zellspezifischen Alterungsmodellen basierenden Betriebsstrategie, aufweisend wenigstens die Schritte:
 - Erfassen von wenigstens zwei verschiedenen zellspezifischen Zustandsparametern von jeder Batteriezelle;
 - Ermitteln eines zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle auf Basis der von der jeweiligen Batteriezelle erfassten zellspezifischen Zustandparameter;
 - Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle;
 - Vergleichen der ermittelten Abhängigkeiten mit entsprechenden in dem zellspezifischen Alterungsmodell der jeweiligen Batteriezelle enthaltenen, vorab festgelegten Abhängigkeiten;
 - Anpassen des zellspezifischen Alterungsmodells einer Batteriezelle bei Abweichung der ermittelten Abhängigkeiten von den entsprechenden vorab festgelegten Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle an die ermittelten Abhängigkeiten;
 - Ermitteln der Lebensdauer einer Batteriezelle auf Basis des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle;
 - Vergleichen der ermittelten Lebensdauer einer Batteriezelle mit einem vorgegebenen Schwellwert; und
 - Anpassen der Betriebsstrategie, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei erfassten verschiedenen zellspezifischen Zustandsparameter von jeder Batteriezelle klassifiziert werden.
- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle eine Korrelationsanalyse durchgeführt wird.
- 10 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle ein künstliches neuronales Netz verwendet wird.
- 15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Lebensdauer einer Batteriezelle durch Extrapolieren des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle ermittelt wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zum Anpassen der Betriebsstrategie, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet, vordefinierte Funktionen oder selbstlernende Algorithmen verwendet werden.
- 25 7. Batteriesystem, insbesondere für ein elektrisch antreibbares Fahrzeug, aufweisend wenigstens eine zumindest zwei Batteriezellen aufweisende Sekundärbatterie und wenigstens eine zum Betreiben der Sekundärbatterie unter Verwendung einer auf hinterlegten, den einzelnen Batteriezellen zugeordneten zellspezifischen Alterungsmodellen basierenden
30 Betriebsstrategie eingerichteten Batterie-Management-Einheit, wobei die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist,
 - wenigstens zwei verschiedene zellspezifische Zustandsparameter von jeder Batteriezelle zu erfassen;
 - einen zellspezifischen Alterungszustand von jeder Batteriezelle auf
35 Basis der von der jeweiligen Batteriezelle erfassten zellspezifischen Zustandsparameter zu ermitteln;
 - Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder

- Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle zu ermitteln;
- die ermittelten Abhängigkeiten mit entsprechenden in dem zellspezifischen Alterungsmodell der jeweiligen Batteriezelle enthaltenen, vorab festgelegten Abhängigkeiten zu vergleichen;
 - das zellspezifische Alterungsmodell einer Batteriezelle bei Abweichung der ermittelten Abhängigkeiten von den vorab festgelegten entsprechenden Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle an die ermittelten Abhängigkeiten anzupassen;
 - die Lebensdauer einer Batteriezelle auf Basis des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle zu ermitteln;
 - die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle mit einem vorgegebenen Schwellwert zu vergleichen; und
 - die Betriebsstrategie anzupassen, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet.
8. Batteriesystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, die wenigstens zwei erfassten verschiedenen zellspezifischen Zustandsparameter von jeder Batteriezelle zu klassifizieren.
9. Batteriesystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, zum Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle eine Korrelationsanalyse durchzuführen.
10. Batteriesystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, zum Ermitteln der Abhängigkeiten des zellspezifischen Alterungszustands von jeder Batteriezelle von den einzelnen Zustandsparametern der jeweiligen Batteriezelle ein künstliches neuronales Netz zu verwenden.
11. Batteriesystem nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, die Lebensdauer einer

Batteriezelle durch Extrapolieren des an die ermittelten Abhängigkeiten angepassten zellspezifischen Alterungsmodells der jeweiligen Batteriezelle zu ermitteln.

- 5 12. Batteriesystem nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie-Management-Einheit eingerichtet ist, zum Anpassen der Betriebsstrategie, wenn die ermittelte Lebensdauer einer Batteriezelle den vorgegebenen Schwellwert unterschreitet, vordefinierte Funktionen oder selbstlernende Algorithmen zu verwenden.

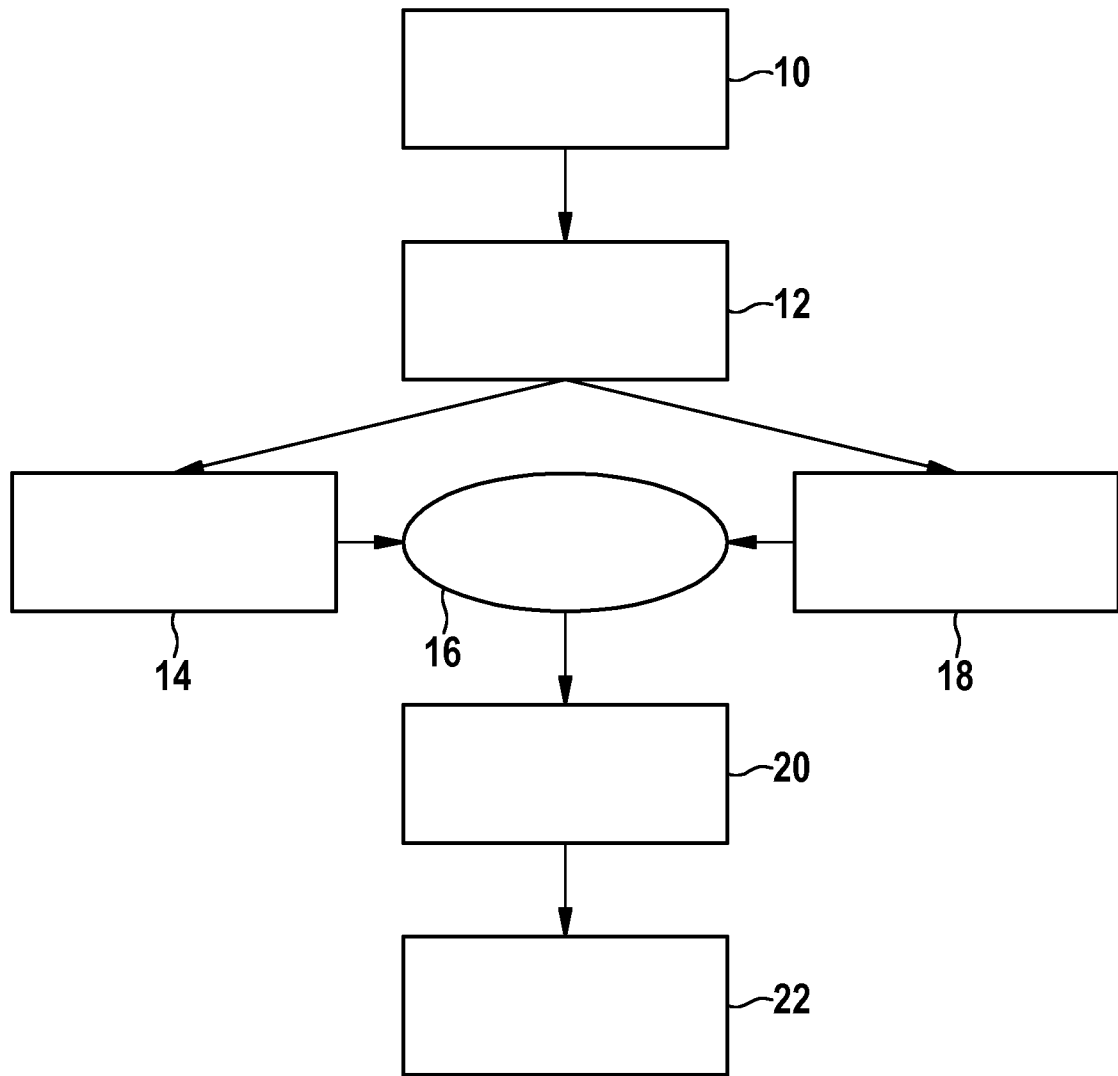


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/064586

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01M10/42 B60L11/18 H01M10/48
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01M B60L G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/001627 A1 (ANBUKY ADNAN H [NZ] ET AL) 6 January 2005 (2005-01-06) paragraphs [0001], [0005], [0023] - paragraph [0030]; figures 1A, 1B -----	1-12
A	US 2013/085696 A1 (XU MING [CN] ET AL) 4 April 2013 (2013-04-04) the whole document -----	1-12
A	US 2010/106351 A1 (HANSEN GREG [US] ET AL) 29 April 2010 (2010-04-29) the whole document -----	1-12

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

18 September 2015

Date of mailing of the international search report

02/10/2015

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

Topalov, Angel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2015/064586

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005001627	A1	06-01-2005	CN 1816752 A 09-08-2006
			EP 1651972 A1 03-05-2006
			US 2005001627 A1 06-01-2005
			WO 2005003800 A1 13-01-2005

US 2013085696	A1	04-04-2013	CN 102959418 A 06-03-2013
			JP 5343168 B2 13-11-2013
			JP 2013516614 A 13-05-2013
			US 2013085696 A1 04-04-2013
			WO 2011160258 A1 29-12-2011

US 2010106351	A1	29-04-2010	EP 1872458 A1 02-01-2008
			JP 4890535 B2 07-03-2012
			JP 2008537528 A 18-09-2008
			JP 2010184705 A 26-08-2010
			US 2010106351 A1 29-04-2010
			WO 2006124130 A1 23-11-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/064586

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01M10/42 B60L11/18 H01M10/48
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01M B60L G01R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/001627 A1 (ANBUKY ADNAN H [NZ] ET AL) 6. Januar 2005 (2005-01-06) Absätze [0001], [0005], [0023] - Absatz [0030]; Abbildungen 1A, 1B -----	1-12
A	US 2013/085696 A1 (XU MING [CN] ET AL) 4. April 2013 (2013-04-04) das ganze Dokument -----	1-12
A	US 2010/106351 A1 (HANSEN GREG [US] ET AL) 29. April 2010 (2010-04-29) das ganze Dokument -----	1-12

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
18. September 2015	02/10/2015

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 Topalov, Angel
--	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/064586

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005001627 A1	06-01-2005	CN 1816752 A	09-08-2006
		EP 1651972 A1	03-05-2006
		US 2005001627 A1	06-01-2005
		WO 2005003800 A1	13-01-2005

US 2013085696 A1	04-04-2013	CN 102959418 A	06-03-2013
		JP 5343168 B2	13-11-2013
		JP 2013516614 A	13-05-2013
		US 2013085696 A1	04-04-2013
		WO 2011160258 A1	29-12-2011

US 2010106351 A1	29-04-2010	EP 1872458 A1	02-01-2008
		JP 4890535 B2	07-03-2012
		JP 2008537528 A	18-09-2008
		JP 2010184705 A	26-08-2010
		US 2010106351 A1	29-04-2010
		WO 2006124130 A1	23-11-2006
