

(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
4. September 2014 (04.09.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/131765 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/053645

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Februar 2014 (25.02.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 203 174.2
26. Februar 2013 (26.02.2013) DE

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder: **SCHWUNK, Simon**; Hegarstraße 7b, 79106
Freiburg (DE). **HEUER, Adrian**; Hohenzollernstraße 9,
79106 Freiburg (DE).

(74) Anwälte: **ZIMMERMANN, Tankred** et al.; Schoppe,
Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, Postfach 246, 82043
Pullach (DE).

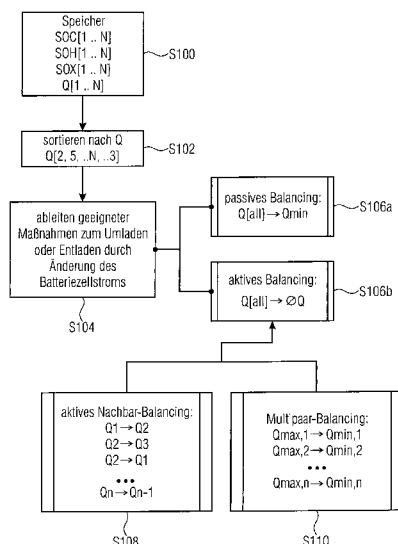
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR INCREASING THE AVAILABLE CAPACITY IN A LINE OF BATTERIES BY
MATCHING THE CELL CHARGE QUANTITIES, BATTERY MANAGEMENT SYSTEM, BATTERY AND BATTERY
CHARGER

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERHÖHEN DER VERFÜGBAREN KAPAZITÄT IN EINEM
BATTERIESTRANG DURCH ANGLEICHEN DER ZELL-LADUNGSMENGEN, BATTERIEMANAGEMENTSYSTEM,
BATTERIE UND BATTERIELADEGERÄT



FIGUR 2

(57) Abstract: In a method and in a battery management system for increasing the available capacity in a line of batteries having a plurality of battery cells connected in series, the battery cells (104₁-104_N) are matched on the basis of the charge quantity that is actually existent in the battery cells (104₁-104_N).

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren und einem Batteriemanagementsystem zum Erhöhen der verfügbaren Kapazität in einem Batteriestrang mit einer Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen werden die Batteriezellen (104₁-104_N) basierend auf der tatsächlich in den Batteriezellen (104₁-104_N) vorhandenen Ladungsmenge angeglichen.

S100 Memory ...
S102 sorting according to Q ...
S104 derivation of suitable measures for charge reversal or discharge by changing the battery cell current
S106a passive balancing:
S106b active balancing:
S108 active neighbour balancing: ...
S110 Multipair balancing: ...



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:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)*

Verfahren und Vorrichtung zum Erhöhen der verfügbaren Kapazität in einem Batteriestrang durch Angleichen der Zell-Ladungsmengen, Batteriemanagementsystem, Batterie und Batterieladegerät

5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf das Gebiet von Batterien, insbesondere auf einen Ansatz zum Erhöhen der verfügbaren Kapazität in einem Batteriestrang, der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen umfasst, auf ein Batteriemanagementsystem, eine Batterie und ein Batterieladegerät. Ausführungsbeispiele der Erfindung betreffen einen Ansatz zur Erhöhung bzw. Maximierung der verfügbaren Kapazität in einem Batteriestrang durch Angleichen der Ladungen der Batteriezellen (Cell-Balancing).

15 Bekannte Ansätze lehren ein Angleichen bzw. Ausgleichen von Ladezuständen von seriell verschalteten Batteriezellen, die im Regelfall spannungsgeführt oder SOC-geführt arbeiten, sogenannte „Balancer“ sind eine Implementierung. SOC – State of Charge (Ladezustand) – beschreibt den aktuellen Ladezustand einer Batterie bzw. einer Batteriezelle, wobei SOC oft relativ zur aktuellen Kapazität in Prozent angegeben wird. Bekannte Balancer-Schaltungen verwenden entweder die Spannung oder den SOC als Indikator für das durchzuführende Cell-Balancing (Angleichen bzw. Ausgleichen der Ladezustände der Batteriezellen). Zur Erkennung der Betriebsparameter wird beispielsweise die Lastspannung gemessen, um Rückschlüsse auf die Leerlaufspannung zu ermöglichen. Diese Leerlaufspannung lässt dann den Rückschluss auf den Ladezustand zu. Solche spannungsbasierten bzw. spannungsgeführten Batteriemanagementsysteme sind jedoch nachteilig, da die Ergebnisse, insbesondere der oben erwähnte Rückschluss auf den Ladezustand, nicht immer eindeutig sind und mit Ungenauigkeiten behaftet sind. Selbst wenn ein Rückschluss auf den Ladezustand gelingen sollte, ist das Ergebnis nicht optimal, da einige Zellen etwas mehr Kapazität/entladbare Ladungsmenge haben können als Andere, wobei Letztere Erstere aber begrenzen.

Balancer (entweder als Teil eines Batteriemanagementsystems oder als Einzelgerät) nutzen heutzutage zumeist die Zellspannung, meistens unter Last, um Zellen zu symmetrieren. Hierdurch wird bei vor Allem bei unterschiedlich gealterten Zellen in jedem Zyklus stark gebalancet, da die Zellspannungen stark mit den Ladezuständen – SOC's – korrelieren.

Ein alternatives Verfahren ist das direkte Nutzen der SOC's. Dieser kann durch Vollladungserkennung und Amperestundenzählung bestimmt werden oder durch alternative Ver-

fahren, die auf einem Kalmanfilter, einem Partikelfilter, einer Fuzzy-Logik, einem regelbasierten Ansatz oder neuronalen Netzen basieren. Diese Verfahren kombinieren üblicherweise Amperestundenzählung mit einer Spannungsmessung, gegebenenfalls nur eine Ruhespannungsmessung.

5

Zusätzlich kann der Alterungszustand mit ähnlichen Verfahren oder einem Kapazitätstest bestimmt werden, um die Funktion des SOC-Algorithmus zu verbessern. Diesbezüglich sei auf folgende Veröffentlichungen verwiesen:

- 10 • Particle filter for state of charge and state of health estimation for lithium-iron phosphate batteries, Journal of Power Sources, In Press, Corrected Proof, Available online 25 October 2012, Simon Schwunk, Nils Armbruster, Sebastian Straub, Johannes Kehl, Matthias Vetter
 - Kaiser, R. (2005). Optimierung eines Batteriemanagementsystems zum Einsatz in photovoltaischen Stromversorgungssystemen. Dissertation, Universität Ulm.
 - 15 • Lee, S., Kim, J., Lee, J., & Cho, B. (2008). State-of charge and capacity estimation of lithium-ion battery using a new open-circuit voltage versus state-of-charge. Journal of Power Sources, 185 (2), 1367{1373.
- 20 Die Summe der geladenen und entladenen Ladungen im Verhältnis zur aktuellen Kapazität ergibt den SOC:

$$SOC_{\text{aktuell}} = \frac{\text{aktuell entnehmbare Ladungsmenge}}{\text{aktuelle Kapazität}} = \frac{\text{aktuell entnehmbare Ladungsmenge}}{SOH_{\text{aktuell}} * C_N}$$

- 25 Basierend auf den so erfassten SOC-Werten besteht die Aufgabe des Cell-Balancing, nach dem heutigen Stand der Technik, darin, die verschiedenen Ladezustände der Batterie bzw. der seriell verschalteten Batteriezellen anzugleichen bzw. auszugleichen, sofern möglich.

- 30 Weitere, bekannte Ansätze, die sich mit dem Laden von Batterien beschäftigen sind z.B. in der WO 2012/139604 A1, in der US 2013/0026989 A1 oder in der DE 10 2011 079469 A1 beschrieben. Die WO 2012/139604 A1 und die US 2013/0026989 A1 beschreiben Ansätzen, bei denen beim Angleichen (Balancing) von Batteriezellen lediglich auf die Zellspannungen abgestellt wird. Die DE 10 2011 079469 A1 beschreibt Blei-Säure-Akkumulatoren, bei denen ein Angleichen von Zellen nicht erforderlich ist.

35

Ausgehend von dem oben erläuterten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Ansatz zu schaffen, der die verfügbare Kapazität in einem Batteriestrang umfassend eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen weiter erhöht bzw. maximiert.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1, eine Vorrichtung gemäß Anspruch 12, ein Batteriemanagementsystem gemäß Anspruch 13, eine Batterie gemäß Anspruch 16 und ein Batterieladegerät gemäß Anspruch 17 gelöst.

Die Erfinder der vorliegenden Anmeldung haben erkannt, dass die oben erwähnten, bekannten Ansätze zum Angleichen von seriell verschalteten Batteriezellen, die nur auf der erfassten Spannung bzw. auf dem Ladezustand der Batteriezelle basieren, ungenau arbeiten und keine optimale Angleichung der Batteriezellen ermöglichen. Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass die mit den Stand der Technik einhergehenden Nachteile dadurch vermieden werden können, indem die Alterung der Batteriezellen mit in Betracht gezogen wird, was dadurch erreicht wird, dass nicht länger auf die Spannung über der Batteriezelle bzw. den Ladezustand der Batteriezelle abgestellt wird, sondern die tatsächliche Ladungsmenge in der Batteriezelle berücksichtigt wird, die neben dem Ladezustand der Batteriezelle auch von deren Alter abhängt.. Erfindungsgemäß wird daher ein Ansatz geschaffen, bei dem das Cell-Balancing ein Angleichen der Ladungsmenge bewirkt.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Erhöhen der verfügbaren Kapazität in einem Batteriestrang, der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen umfasst, bei dem die Batteriezellen basierend auf der tatsächlich in den Batteriezellen vorhandenen Ladungsmenge angeglichen werden.

Gemäß Ausführungsbeispielen wird die Ladungsmenge einer Batteriezelle basierend auf einen aktuellen Ladezustand der Batteriezelle und einem Alterungszustand der Batteriezelle bestimmt. Die Ladungsmenge der Batteriezelle kann z.B. durch Gewichten des aktuellen Ladezustands der Batteriezelle mit dem Alterungszustand der Batteriezelle bestimmt werden.

Gemäß Ausführungsbeispielen umfasst jede der Batteriezellen eine Nennkapazität, und die Ladungsmenge einer Batteriezelle umfasst eine aktuell entnehmbare Ladungsmenge der Batteriezelle, die basierend auf einem aktuellen Ladezustand der Batteriezelle, einem Alte-

rungszustand der Batteriezelle und der Nennkapazität der Batteriezelle bestimmt wird, z.B. durch Gewichten des aktuellen Ladezustands der Batteriezelle mit dem Alterungszustand der Batteriezelle und der Nennkapazität der Batteriezelle.

- 5 Gemäß Ausführungsbeispielen wird für jede der Batteriezellen die aktuell entnehmbare Ladungsmenge bestimmt.

10 Gemäß Ausführungsbeispielen umfasst das Angleichen der Batteriezellen ein Sortieren der Batteriezellen nach deren Ladungsmenge bzw. aktuell entnehmbarer Ladungsmenge, und ein Umladen oder Entladen der Batteriezellen basierend auf der Reihenfolge der sortierten Batteriezellen, wobei das Umladen oder Entladen der Batteriezellen eine Änderung eines Batteriezellenstroms umfassen kann. Das Umladen oder Entladen der Batteriezellen kann eine Anpassung der Ladungsmengen der Batteriezellen auf die Ladungsmenge der Batterie-
15 zelle mit der niedrigsten Ladungsmenge oder auf die mittlere Ladungsmenge aller Batteriezellen umfassen.

Gemäß Ausführungsbeispielen wird der Alterungszustand einer Batteriezelle aus dem Verhältnis der aktuellen Kapazität zu der Nennkapazität der Batteriezelle bestimmt.

- 20 Gemäß Ausführungsbeispielen werden beim Angleichen der Batteriezellen wenig gealterten Batteriezellen stärker belastet als stark gealterte Batteriezellen, wobei an die wenig gealterten Batteriezellen höhere Korrekturströme angelegt werden können als an die stark gealterten Batteriezellen.

- 25 Die vorliegende Erfindung schafft ferner eine Vorrichtung zum Erhöhen der verfügbaren Kapazität in einem Batteriestrang, der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen umfasst, mit einem Prozessor, der konfiguriert ist, um ein Angleichen der Batteriezellen basierend auf der tatsächlich in den Batteriezellen vorhandenen Ladungsmenge zu bewirken.

30

Die vorliegende Erfindung schafft ferner ein Batteriemanagementsystem für einen Batteriestrang, der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen umfasst, mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Gemäß Ausführungsbeispielen umfasst das Batteriemanagementsystem einen oder mehrere Eingänge zum Bereitstellen von Messungen an den Batteriezellen, und einen oder mehrere Ausgänge zum Bereitstellen von Steuersignalen zum Ansteuern der Batteriezellen. Ferner kann eine Batteriezellenangleichschaltung vorgesehen sein, die ansprechend auf Steuersignale von dem Prozessor das Angleichen der Batteriezellen bewirkt.

35

Die vorliegende Erfindung schafft ferner eine Batterie, mit einer Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung oder einem erfindungsgemäßen Batteriemanagementsystem.

5

Die vorliegende Erfindung schafft ferner ein Batterieladegerät, mit einem Anschluss zum Verbinden mit einer Batterie, die eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen umfasst und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung oder einem erfindungsgemäßen Batteriemanagementsystem.

10

Erfindungsgemäß lässt sich die Lebensdauer von gealterten Batteriepacks erhöhen, indem deren Kapazität erhöht wird. Wenn Stränge eines Batteriepacks altern, so verhalten sich stark gealterte Elemente, also stark gealterte Batteriezellen, eines Stranges als Begrenzer.

15

Sie verhindern die Vollladung einzelner Zellen und begrenzen somit die Entladekapazität des gesamten Strangs. Erfindungsgemäß wird durch Berücksichtigung des Alterungszustands der Batteriezellen gemäß Ausführungsbeispielen, die ein passives Cell-Balancing anwenden, eine Vollladung des Batteriestranges ermöglicht. Bei Ausführungsbeispielen, die ein aktives Cell-Balancing verwenden, wird die Entladekapazität beim Entladen durch eine intelligente Ladungsverschiebung erhöht. Zur Erhöhung der Lebensdauer des Batteriestranges werden ferner Batteriezellen, die stark gealtert sind, von Batteriezellen, die weniger stark gealtert sind, durch das Cell-Balancing gestützt.

20

Wenn Batteriezellen gealtert sind, laufen die Ladezustände bei Batteriezellen mit unterschiedlichen Alterungszuständen bei Ladung oder Entladung mit gleichem Strom auseinander, ein Vorgang, der erfindungsgemäß durch Berücksichtigung des Alterungszustandes beim Cell-Balancing korrigiert wird. Somit werden gemäß Ausführungsbeispielen der Erfindung Ansätze geschaffen, um beim Cell-Balancing in gealterten Batteriesträngen die alterungsbedingten Ladungsunterschiede zu nivellieren.

30

Gemäß Ausführungsbeispielen wird ferner ein Batteriemanagementsystem geschaffen, welches beispielsweise den erfindungsgemäßen Ansatz in Form eines Hardwareimplementierten Algorithmus umfasst, und welches die Einschätzung ermöglicht, ob ein Cell-Balancing an bestimmten Batteriezellen eines Batteriepacks überhaupt sinnvoll ist.

35

Ferner kann vorgesehen sein, bei aktiven Balancing-Algorithmen die Richtung der Energieübertragung zu bestimmen, so dass nicht nur das „ob“, sondern auch das „wie“ des Cell-Balancing festgelegt wird, so dass sich durch eine entsprechende Implementierung in dem

Batteriemanagementsystem die Kapazität in dem Batteriestrang erhöhen bzw. maximieren lässt.

5 Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist somit vorgesehen, Batteriezellen anhand der tatsächlich vorhandenen Ladungsmenge zu bewerten und anzugleichen. Die Batteriezellen werden nicht anhand von Spannungen bewertet, denn die Spannung einer Batteriezelle ist eine Funktion des SOC (Ladezustand). Dies führt zu Falschbewertungen, wenn Batteriezellen in einem Strang über unterschiedliche Kapazitäten verfügen. Gegenüber den Eingangs genannten, bekannten Ansätzen ist der erfindungsgemäße Ansatz, Batteriezellen anhand der tatsächlich vorhandenen Ladungsmenge zu bewerten und
10 anzugleichen, vorteilhaft.

Die WO 2012/139604 A1 beschreibt einen Ansatz, der einen Initialisierungsprozess und einen Betriebsprozess umfasst. Im Initialisierungsprozess wird beim Aufladen ein Lastwiderstand bei Erreichen einer vorgegebenen Ladeschlussspannung eingeschaltet, bis alle
15 Zellen die vorgegebene Ladeschlussspannung erreicht haben. Dabei werden je Zelle die Ladungsmengen gemessen und der Wert der verfügbaren Energiemenge ermittelt. Damit ist der Initialisierungsprozess abgeschlossen. Im Betriebsprozess, erfolgt das Entladen und Wiederaufladen der einzelnen Zellen auf Basis der nunmehr individuell vorgegebenen Ladeschlussspannung. Die diesem bekannten Ansatz wird somit ausschließlich die Ladeschlussspannung bzw. die Zellenspannungen als Richtwert zum Balancieren genutzt. Es wird an einem Punkt die individuell vorhandene Ladungsmenge ermittelt, mit dem Ziel bei gealterten Zellen die Ladeschlussspannung herabzusetzen. Dies führt nicht zu einem Angleichen der tatsächlichen Ladungsmengen, sondern zum Gegenteil: Die Kapazität des
20 Batteriestrangs wird sogar noch weiter gesenkt. Es findet somit zwar eine Lebensdauererhöhung statt, aber das Angleichen von Batteriezellen wird nicht erreicht.

Die US 2013/0026989 A1 beschreibt einen Ansatz zum Angleichen von Zellspannungen während des Ladens einer Batterie. Auch hier wird nur die Zellspannung als Indikator für
30 das Angleichen von Zellen genutzt. Die Verwendung der Ladungsmenge oder ein Algorithmus zur Bestimmung dieser wird nicht erwähnt. Zusätzlich ist es auch nicht vorgesehen, dass das Batteriesteuermodul diesen Wert speichert. Ferner wird erwähnt, dass SOH und SOC bekannt sind, allerdings werden diese Werte nicht weiter berücksichtigt, insbesondere wird nicht beschrieben, dass diese zur Ladungsmengenbestimmung genutzt werden. Grundsätzlich werden Ansätze zum Angleichen der Zellspannungen beschrieben, die
35 Energie vernichten, ein Ansatz, der erfindungsgemäß vermieden wird.

Die DE 10 2011 079469 A1 beschreibt Blei-Säure-Akkumulatoren. Bei dieser Technologie ist das Angleichen von Zellen überflüssig. Es wird ausgeführt, dass der SOH und der SOC einer Batterie wichtige Parameter hinsichtlich des Ladevorgangs darstellen, die mittels eines Batteriemanagementsystems (BMS) bestimmt werden können. Allerdings ermittelt ein BMS im Regelfall den Ladezustand SOC, nicht aber den Alterungszustand SOH. Die tatsächlich nutzbare Ladekapazität wird nicht ermittelt, da diese als Parameter bei der genannten Technologie gar nicht eingesetzt wird. Eine Kombination der Parameter SOH und SOC, um die aktuelle Ladungsmenge je Batteriezelle zu ermitteln und diese dann durch Cell-Balancing anzugleichen, ist nicht vorgesehen.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Batterie mit einem Batteriestrang, der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen, und mit einem Batteriemanagementsystem;

Fig. 2 ein Flussdiagramm zur Implementierung des Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 3 ein Beispiel für die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Batteriemanagementsystem; und

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Batterieladegeräts mit einem Batteriemanagementsystem.

Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung wird ein Ansatz gelehrt, um eine verfügbare Kapazität in einem Batteriestrang, der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen umfasst, zu erhöhen, indem die Batteriezellen basierend auf der tatsächlich in den Batteriezellen vorhandenen Ladungsmengen angeglichen werden.

Hierfür wird die Alterung jeder Batteriezelle ermittelt, wobei der Alterungszustand als SOH (State of Health) bezeichnet wird, der im Idealzustand 1 oder 100% beträgt und mit der Zeit abnimmt, wobei der Alterungszustand unabhängig vom Ladezustand der Zelle ist. Das Alter bzw. der Alterungszustand einer Batteriezelle kann während eines Kapazitätstests bestimmt werden, der beispielsweise bei dem oben erwähnten SOC-geführten Batte-

riemanagementsystem durchgeführt wird. Alternativ können auch andere Verfahren zur Bestimmung des Alters bzw. des Alterungszustands einer Batteriezelle herangezogen werden, wobei diesbezüglich z.B. auf die Verfahren verwiesen wird, die oben im Zusammenhang mit der Alterungsbestimmung bei bekannten SOC-geführten Batteriemanagementsystemen erwähnt wurden. Der Alterungszustand einer Batteriezelle ist z.B. wie folgt definiert:

$$SOH_{\text{aktuell}} = \frac{\text{aktuelle Kapazität}}{\text{Nennkapazität}}$$

Die aktuelle Kapazität einer Batteriezelle im Verhältnis zur Nennkapazität der Batteriezelle, die im Batteriedatenblatt angegeben ist, ergibt einen Wert von kleiner als 1, und dieser Wert beschreibt die Alterung der Batteriezelle relativ zum Idealzustand.

Erfindungsgemäß wird durch die ermittelten Ladungsmengen der einzelnen Batteriezellen auch die jeweilige Alterung der jeweiligen Batteriezelle bei der Beurteilung mit einbezogen, wobei gemäß Ausführungsbeispielen wenig gealterte Batteriezellen stärker und stark gealterte Batteriezellen weniger mit Korrekturströmen belastet werden.

Da der SOH bei starker Alterung abnimmt, wird gemäß Ausführungsbeispielen vorgeschlagen, den tatsächlichen SOH-Wert (SOH_{aktuell} - aktueller Alterungszustand) heranzuziehen, um den aktuellen Ladezustand SOC_{aktuell} zu gewichten. Der durch den aktuellen Alterungszustand einer Batteriezelle gewichtete aktuelle Ladezustand einer Batteriezelle wird mit SOX_{aktuell} (Ladungsmenge) bezeichnet:

$$SOX_{\text{aktuell}} = SOH_{\text{aktuell}} * SOC_{\text{aktuell}}$$

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die obige Formel für alle Batterien bzw. Batteriezellen in dem Strang gilt, sofern alle Batterien bzw. Batteriezellen in dem Strang vom gleichen Typ sind und die gleiche Kapazität (Nennkapazität C_{Nenn}) aufweisen. Sind unterschiedliche Batterien bzw. Batteriezellen in dem Strang enthalten (verschiedenen Typen mit unterschiedlichen Nennkapazitäten C_{Nenn}), so werden die SOH-Werte untereinander gewichtet.

Somit wird gemäß Ausführungsbeispielen ein Cell-Balancing-Ansatz ermöglicht, der als Führungsgröße die Ladungsmenge in der Zelle aufweist, wodurch der Alterungszustand der Zelle berücksichtigt wird.

Alternativ kann SOX_{aktuell} (Ladungsmenge) wie folgt bestimmt werden:

$$SOX_{\text{aktuell}} = \frac{\text{aktuell entnehmbare Ladungsmenge}}{\text{Nennkapazität}}$$

5 wobei die sich die aktuell entnehmbare Ladungsmenge wie folgt ergibt:

$$Q_{\text{aktuell}} = SOH_{\text{aktuell}} * SOC_{\text{aktuell}} * C_{\text{Nenn}} = \text{aktuell entnehmbare Ladungsmenge}$$

10 An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die obige Formel für die aktuell entnehmbare Ladungsmenge Q_{aktuell} , anders als die Formel für die Ladungsmenge SOX_{aktuell} , für alle Batterien bzw. Batteriezellen in dem Strang gilt, unabhängig davon, ob alle Batterien bzw. Batteriezellen in dem Strang vom gleichen Typ sind und die gleiche Kapazität (Nennkapazität C_{Nenn}) aufweisen.

15 Basierend auf den so, für die verschiedenen Batteriezellen erfassten Ladungsmengen oder aktuell entnehmbaren Ladungsmengen, die jeweils den Alterungszustand der entsprechenden Batteriezellen berücksichtigen, wird ein Angleichen der Batteriezellen durchgeführt, wie es nachfolgend näher erläutert wird.

20 Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Batterie 100, welche zumindest einen Batteriestrang 102 aufweist, der seinerseits eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen 104₁ bis 104_N umfasst. Ferner umfasst die Batterie 100 ein Batteriemanagementsystem 106 (BMS), wie es dem Grunde nach aus dem Stand der Technik bekannt ist, welches aber auf die Zellen 104₁ bis 104_N einwirkt, um deren Ladungsmengen anzupassen,

25 basierend auf einer aktiven oder einer passiven Vorgehensweise (aktives Cell-Balancing oder passives Cell-Balancing). Passives Cell-Balancing, wie es hier verwendet wird, beschreibt ein Cell-Balancing-Verfahren, bei dem Ladungsmengen durch Schaltungen angeglichen werden, ohne eine Ladungsverschiebung zu nutzen. Ein Anwendungsbeispiel ist das dissipative Cell-Balancing, bei dem Ladungsenergie in Wärme umgewandelt wird und

30 somit chemische Energie beim Angleichen der Batteriezellen verloren geht. Aktives Cell-Balancing arbeitet mit einer Energieübertragung. Beim aktiven Cell-Balancing, wie hier verwendet, werden ebenfalls Zellen angeglichen, mit dem Ziel weniger Ladung in Wärme umzuwandeln und damit zu verlieren. Dies macht die aktiven Cell-Balancing-Ansätze allerdings komplexer.

Das Batteriemanagementsystem 106 und der Batteriestrang 102 sind wirksam miteinander verbunden, wie dies schematisch bei 108 gezeigt ist, so dass das Batteriemanagementsystem (106) Messsignale von dem Batteriestrang 102 bzw. von jeder der einzelnen Batteriezellen 104_1 bis 104_N erhalten kann, um basierend hierauf einen aktuellen SOC-Wert und einen aktuellen SOH-Wert zu bestimmen, und um entsprechende Ansteuersignale für das Cell-Balancing bereitzustellen.

Die Fig. 2 zeigt ein Flussdiagramm zur Implementierung des Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, wie es beispielsweise durch das Batteriemanagementsystem 106 gemäß Fig. 1 ausgeführt werden kann. Das Batteriemanagementsystem 106 aus Fig. 1 kann einen Speicher umfassen, in dem, wie beim Schritt S100 in Fig. 2 dargestellt ist, die aktuellen Werte für den Ladezustand (SOC), den Alterungszustand (SOH), den durch den aktuellen Alterungszustand gewichteten Ladezustand (SOX) und die aktuelle entnehmbare Ladungsmenge Q_{aktuell} für jede der im Strang 102 befindlichen Batteriezellen 104_1 bis 104_N enthält. Basierend auf diesen Anfangswerten arbeitet das erfindungsgemäße Verfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel derart, dass im Schritt S102 die Batteriezellen 104_1 bis 104_N entsprechend ihrer aktuell entnehmbaren Ladungsmenge sortiert werden, so dass sich bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel die im Schritt S102 gezeigte Reihenfolge der Batteriezellen 2, 5, ..., N ..., 3 einstellt. Für die so sortierten Batteriezellen werden dann im Schritt S104 geeignete Maßnahmen abgeleitet, um ein Umladen oder Entladen der verschiedenen Zellen auf eine geeignete Art und Weise zu bewerkstelligen, beispielsweise durch eine entsprechende Änderung des Batteriezellstroms jeder der Batteriezellen 104_1 bis 104_N . Abhängig von der Ausgestaltung des Batteriemanagementsystems 106 kann entweder ein passives Balancing (siehe Schritt S106a) oder ein aktives Balancing (siehe Schritt S106b) durchgeführt werden. Beim passiven Balancing im Schritt S106a wird, auf an sich bekannte Art und Weise, der Ladezustand aller Batteriezellen 104_1 bis 104_N im Batteriestrang 102 auf den Ladezustand gebracht, der dem Ladezustand derjenigen Batteriezelle entspricht, die den niedrigsten Ladezustand oder minimalen Ladezustand aufweist, wobei sich dieser minimale Ladezustand aus der Sortierung im Schritt 102 ergibt, und, anders als im Stand der Technik, auf dem durch den Alterungszustand der Batteriezellen gewichteten aktuellen Ladezustand der Batteriezellen basiert. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, die Batteriezellen entsprechend Ihrer Ladungsmenge (SOX) zu sortieren.

Beim aktiven Balancing ist vorgesehen, die Batteriezellströme so zu ändern, dass die Ladungsmenge aller Batteriezellen im Strang 102 auf einen durchschnittlichen Wert gebracht wird, wobei hierfür unterschiedliche Ansätze vorgesehen sein können, beispielsweise ein aktives Nachbar-Balancing (siehe Schritt S108), ein One-Pair-Balancing oder ein Multi-

paar-Balancing (siehe Schritt S110). Die Begriffe Nachbar-Balancing, One-Pair-Balancing und MultiPair-Balancing sind wie folgt definiert:

- Beim Nachbar-Balancing werden lediglich direkte Nachbarn im Batteriestrang durch Ladungstransfer aneinander angepasst.
- Das Einzel-Paar Balancing beschreibt eine aktive Balancingschaltung, die die Batteriezellen mit den extremsten Werten (SOC / SOX / Spannung) durch Ladungstransfer untereinander angleicht.
- Das Multi-Paar-Balancing ist in der Lage gleichzeitig viele Zell-Pärchen jeweils untereinander anzugleichen.

Somit wird im Schritt S108 beim Anwenden des aktiven Nachbar-Balancing eine Anpassung der Ladungsmenge jeweils benachbarter Batteriestränge durchgeführt, wobei sich die Nachbarschaft der Batteriestränge aus der Reihenfolge im Schritt S102 ergibt. Beim Anwenden des Multipaar-Balancing im Schritt S110 erfolgt eine Anpassung der Ladungsmenge der Batteriezellen mit den jeweils maximalen und minimalen Ladungsmengen, die sich ebenfalls aus der Reihenfolge gemäß Schritt S102 ergeben. Die oben beschriebenen aktiven Balancingansätze gemäß den Schritten S108 und S110 arbeiten erfindungsgemäß basierend auf den Ladungsmengen, so dass der Alterungszustand der einzelnen Batteriezellen berücksichtigt ist.

Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel werden die Batteriezellen so angeglichen, dass eine vorbestimmte Ladungsmenge erreicht wird, z.B. eine maximale oder minimale Ladungsmenge oder eine durchschnittliche Ladungsmenge. Es sei darauf hingewiesen, dass auch andere Werte für die zu erreichende Ladungsmenge vorgesehen werden können, z.B. abhängig von den technischen Gegebenheiten. So kann z.B. vorgesehen sein, die Ladungsmenge auf einen vorab festgelegten Wert bei allen Batteriezellen einzustellen. Ferner kann aufgrund von Messtoleranzen oder Berechnungstoleranzen beim Erfassen/Bestimmen der Werte an einer Batteriezelle vorgesehen sein, das Angleichen so vorzunehmen, dass eine Ladungsmenge innerhalb eines Bereichs (z.B. $\pm 10\%$) um einen erwünschten Wert liegt, wobei dieser Bereich für alle Batteriezellen gleich oder unterschiedlich sein kann.

Die Fig. 3 zeigt ein Beispiel für die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in dem Batteriemanagementsystem 106. Fig. 3 ist eine schematische Darstellung und zeigt das Batteriemanagementsystem 106, welches einen Prozessor 107 umfasst, der vorgesehen ist, um die Ladungsmengen von Batteriezellen auf die oben beschriebene Art und Weise anzugleichen. Das Batteriemanagementsystem 106 umfasst ferner einen Spannungsmesser

110, der eine Erfassung einer Spannung für jede der in dem Strang 102 befindlichen Batteriezellen 104₁ bis 104_N ermöglicht. Ferner ist ein entsprechender Strommesser 112 vorgesehen sowie ein optionaler Temperatursensor 114. Die Messelemente 110 bis 114 sind wirksam mit dem Prozessor 107 verbunden, der wiederum wirksam mit einem Speicher 116 verbunden ist, in dem für die einzelnen Batteriezellen die Spannungswerte, Stromwerte, Temperaturwerte sowie die bestimmten Ladezustände SOC, Alterungszustände SOH, die durch die Alterungszustand gewichteten aktuellen Ladezustände SOX (Ladungsmenge) und die aktuell entnehmbaren Ladungsmengen gespeichert sind.

Basierend auf den im Speicher 116 enthaltenen Werten bestimmt der Prozessor 107, beispielsweise auf Grundlage des anhand der Fig. 2 erläuterten Verfahrens, welches in dem Prozessor als Software- oder Hardware implementiert ist, Steuersignale für jede der Batteriezellen, um einen Stromfluss durch die Batteriezelle zu steuern. Hierfür ist der Prozessor 107 mit einer Mehrzahl von Steuerausgängen 118 verbunden, die in Fig. 3 lediglich schematisch gezeigt sind, um entsprechende Steuersignale für eine Schaltung 120 (Batteriezellenangleichschaltung) zum Durchführen des Batteriezellenausgleiches bereitzustellen, die auf die einzelnen Zellen einwirkt, um die entsprechenden Ströme durch dieselben zu steuern, um den Ladungsmengenausgleich auf die oben beschriebene Art und Weise (siehe Fig. 2) (Schritte S104, S110) zu bewirken.

Gemäß Ausführungsbeispielen kann der SOH (Alterungszustand) einer Batteriezelle durch einen Kapazitätstest bestimmt werden, der die aktuelle Kapazität einer Batteriezelle bestimmt. Der SOC (aktueller Ladezustand) kann durch eine Amperestundenzählung mit einer Rekalibrierung bestimmt werden.

Alternativ können die Werte für SOH und SOC auch während des Betriebs durch verschiedene Algorithmen, beispielsweise durch ein Fuzzy-System, ein Kalman- und Partikelfilter, bestimmt werden.

Beim oben anhand der Fig. 1 beschriebenen Beispiel wurde eine Batterie 100 dargestellt, die zusätzlich zu dem Batteriestrang 102 auch ein Batteriemanagementsystem 106 umfasst. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass der erfindungsgemäße Ansatz nicht auf eine solche Ausgestaltung einer Batterie 100 mit integriertem Batteriemanagementsystem beschränkt ist, vielmehr kann das Batteriemanagementsystem auch ein externes Bauteil sein, beispielsweise als Teil eines Ladegeräts 130, welches schematisch in Fig. 4 gezeigt ist. Das Ladegerät umfasst einen Anschluss 132, über den eine Batterie 100 an das Ladegerät angeschlossen werden kann. Ist eine Batterie angeschlossen, so ist das BMS 106 beim Laden des Batteriestranges bzw. der Batterie 100 wirksam mit den einzelnen Batteriezellen ver-

bindbar ist, um das erfindungsgemäße Angleichen der Ladezustände (Cell-Balancing) durchzuführen.

Erfindungsgemäß wird durch die oben beschriebene Vorgehensweise somit ein Cell-Balancing-Algorithmus erreicht, der nicht mehr die aktuellen Ladezustände angleicht, sondern die aktuell entnehmbaren Ladungsmengen, wodurch ein Cell-Balancing-Ansatz geschaffen wird, der die entnehmbare Kapazität und somit die Lebensdauer von Batteriepacks, die aus Strängen mit unterschiedlich gealterten Batteriezellen bestehen, gegenüber bekannten Algorithmen erhöht. Im Stand der Technik wurde bisher lediglich basierend auf dem aktuellen Ladezustand bzw. mit dem Ladezustand korrelierenden Zellspannung eine Umwandlung von in der Batterie gespeicherter chemischer Energie in Wärme oder eine Verschiebung von Ladungen durchgeführt, wohingegen gemäß der vorliegenden Erfindung nunmehr auch der Alterungsgrad einer Batteriezelle bei der Beurteilung einbezogen wird, insbesondere als begrenzender Faktor, so dass ein Cell-Balancing nun gezielt und sparsam eingesetzt werden kann, insbesondere mit einem geringeren Schaltungsaufwand und geringeren Energieverlusten, wodurch die Effizienz gegenüber bekannten Implementierungen erhöht wird und gleichzeitig aufgrund der erhöhten Effizienz auch ein geringerer Kühlbedarf vorliegt, womit sich auch die Baugröße verkleinern kann.

Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein. Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuer-

signale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft. Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist.

Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft. Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei

manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erhöhen der verfügbaren Kapazität in einem Batteriestrang (102),
der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen (104₁-104_N) umfasst, mit:
5 Angleichen der Batteriezellen (104₁-104_N) basierend auf der tatsächlich in den Batteriezellen (104₁-104_N) vorhandenen Ladungsmenge.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Ladungsmenge einer Batteriezelle (104₁-
10 104_N) basierend auf einem aktuellen Ladezustand der Batteriezelle (104₁-104_N) und einem Alterungszustand der Batteriezelle (104₁-104_N) bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Ladungsmenge der Batteriezelle (104₁-
15 104_N) bestimmt wird, indem der aktuelle Ladezustand der Batteriezelle (104₁-104_N) durch den Alterungszustand der Batteriezelle (104₁-104_N) gewichtet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem jede der Batteriezellen (104₁-104_N) eine
Nennkapazität (C_{Nenn}) aufweist, und bei dem die Ladungsmenge einer Batteriezelle
20 (104₁-104_N) eine aktuell entnehmbare Ladungsmenge der Batteriezelle (104₁-104_N) umfasst, die basierend auf einem aktuellen Ladezustand der Batteriezelle (104₁-104_N), einem Alterungszustand der Batteriezelle (104₁-104_N) und der Nennkapazität der Batteriezelle (104₁-104_N) bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die aktuell entnehmbare Ladungsmenge der
25 Batteriezelle (104₁-104_N) bestimmt wird, indem der aktuelle Ladezustand der Batteriezelle (104₁-104_N) durch den Alterungszustand der Batteriezelle (104₁-104_N) und die Nennkapazität der Batteriezelle (104₁-104_N) gewichtet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem für jede der Batteriezellen
30 (104₁-104_N) die Ladungsmenge bzw. die aktuell entnehmbare Ladungsmenge bestimmt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das Angleichen der Batteriezellen (104₁-104_N)
Folgendes umfasst:
35 Sortieren (S102) der Batteriezellen (104₁-104_N) nach deren Ladungsmenge bzw. aktuell entnehmbarer Ladungsmenge, und

Umladen oder Entladen (S106a, S106b) der Batteriezellen (104_1 - 104_N) basierend auf der Reihenfolge der sortierten Batteriezellen (104_1 - 104_N).

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das Umladen oder Entladen (S106a, S106b) der Batteriezellen (104_1 - 104_N) eine Änderung eines Batteriezellenstroms umfasst.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem das Umladen oder Entladen (S106a, S106b) der Batteriezellen (104_1 - 104_N) eine Anpassung der Ladungsmenge der Batteriezellen (104_1 - 104_N) auf die Ladungsmenge der Batteriezelle (104_1 - 104_N) mit der
10 niedrigsten Ladungsmenge oder auf eine mittlere Ladungsmenge aller Batteriezellen (104_1 - 104_N) umfasst.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der Alterungszustand einer Batteriezelle (104_1 - 104_N) aus dem Verhältnis der aktuellen Kapazität zu der Nennkapazität der Batteriezelle (104_1 - 104_N) bestimmt wird.
15
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem beim Angleichen der Batteriezellen (104_1 - 104_N) wenig gealterte Batteriezellen (104_1 - 104_N) stärker mit Korrekturströmen belastet werden als stark gealterte Batteriezellen (104_1 - 104_N).
20
12. Vorrichtung zum Erhöhen der verfügbaren Kapazität in einem Batteriestrang (102), der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen (104_1 - 104_N) umfasst, mit:
einem Prozessor (107), der konfiguriert ist, um die Batteriezellen (104_1 - 104_N) basierend auf der tatsächlich in den Batteriezellen (104_1 - 104_N) vorhandenen Ladungsmenge anzugleichen.
25
13. Batteriemanagementsystem (106) für einen Batteriestrang (102), der eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen (104_1 - 104_N) umfasst, mit einer Vorrichtung nach Anspruch 12.
30
14. Batteriemanagementsystem nach Anspruch 13, mit:
einem oder mehreren Eingängen (110-114) zum Bereitstellen von Messungen an den Batteriezellen (104_1 - 104_N), und
35
einen oder mehreren Ausgängen (118) zum Bereitstellen von Steuersignalen zum Ansteuern der Batteriezellen (104_1 - 104_N).

15. Batteriemanagementsystem nach Anspruch 13 oder 14, mit einer Batteriezellenangleichschaltung (120), die ansprechend auf Steuersignale von dem Prozessor (107) das Angleichen der der Batteriezellen (104₁-104_N) bewirkt.

5

16. Batterie (100), mit:

einer Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen (104₁-104_N); und

10

einer Vorrichtung nach Anspruch 12 oder einem Batteriemanagementsystem (106) nach Anspruch 13.

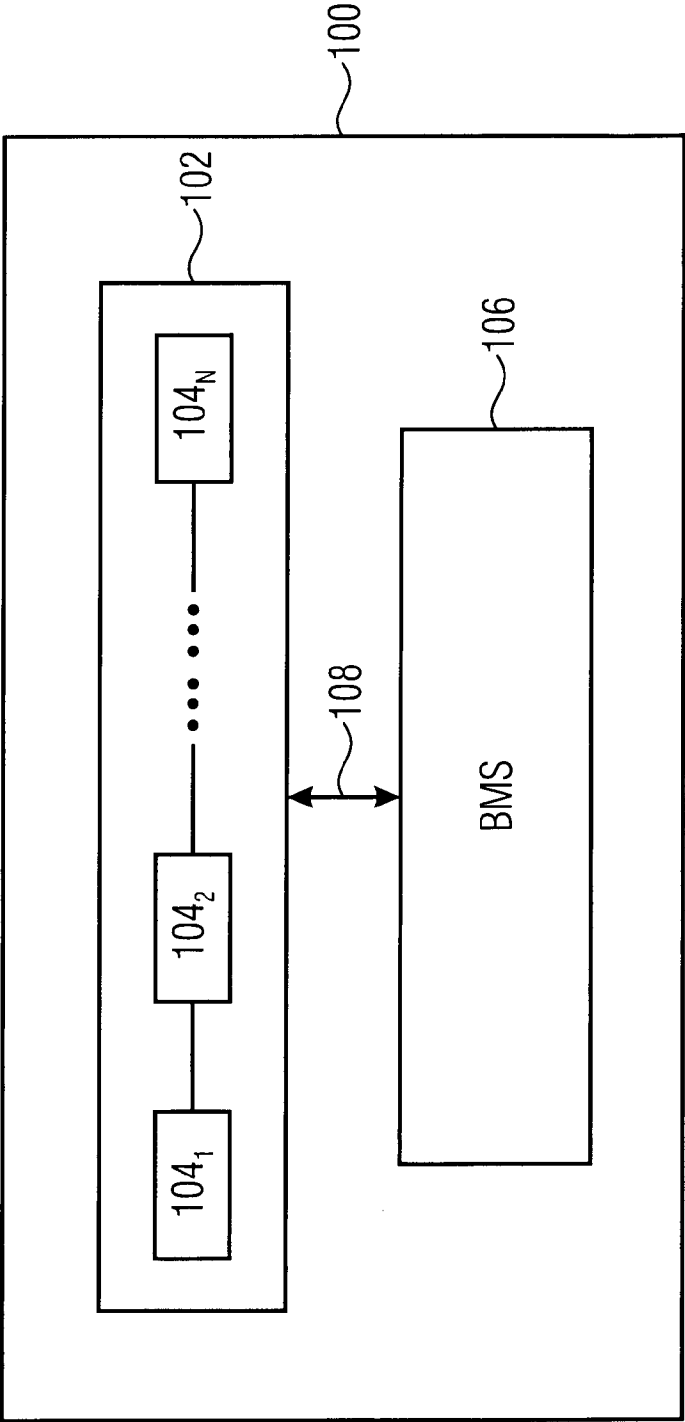
17. Batterieladegerät (130), mit:

15

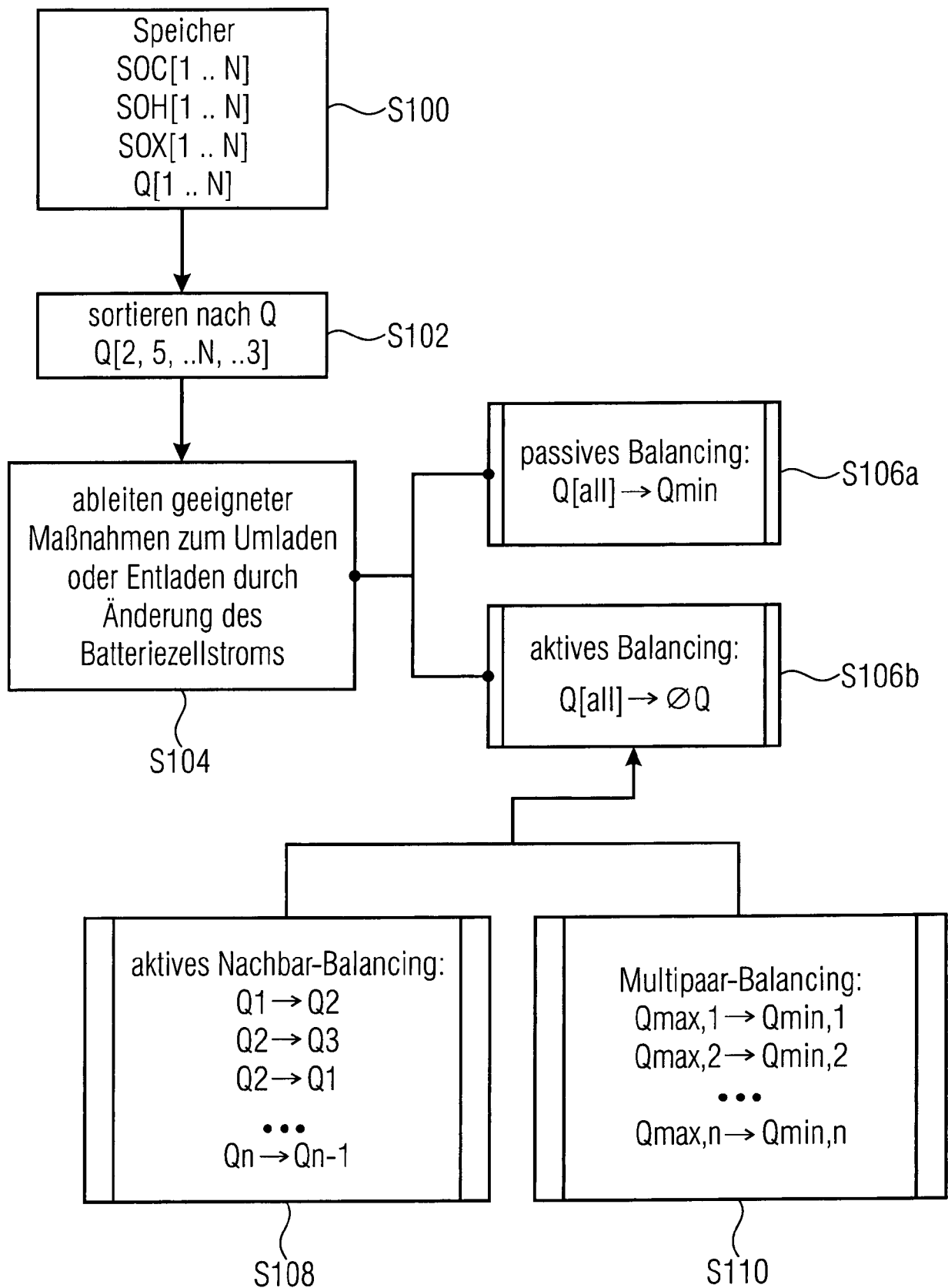
einem Anschluss (132) zum Verbinden mit einer Batterie (100), die eine Mehrzahl von seriell verschalteten Batteriezellen (104₁-104_N) umfasst; und

einer Vorrichtung nach Anspruch 12 oder einem Batteriemanagementsystem (106) nach Anspruch 13.

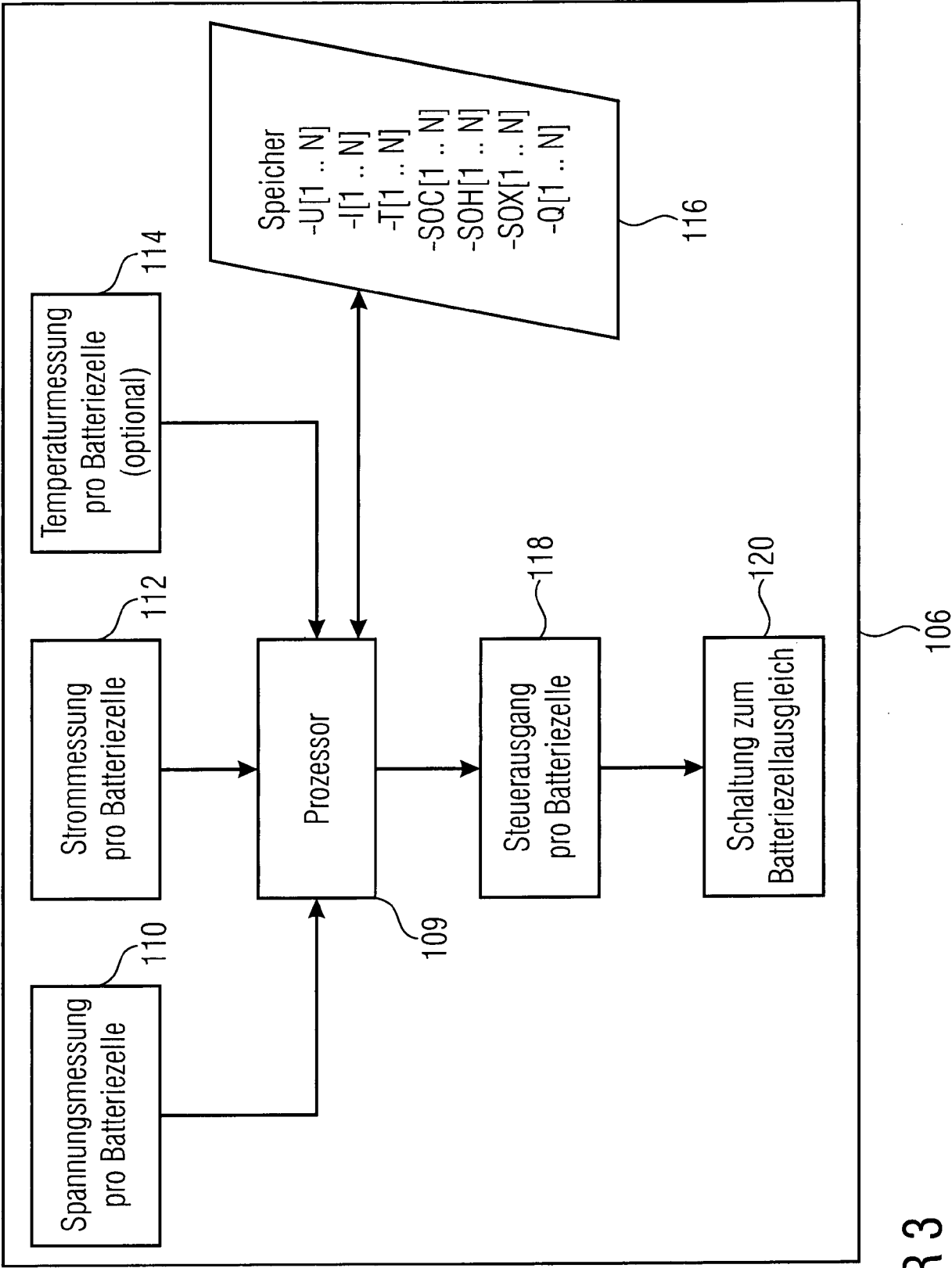
20



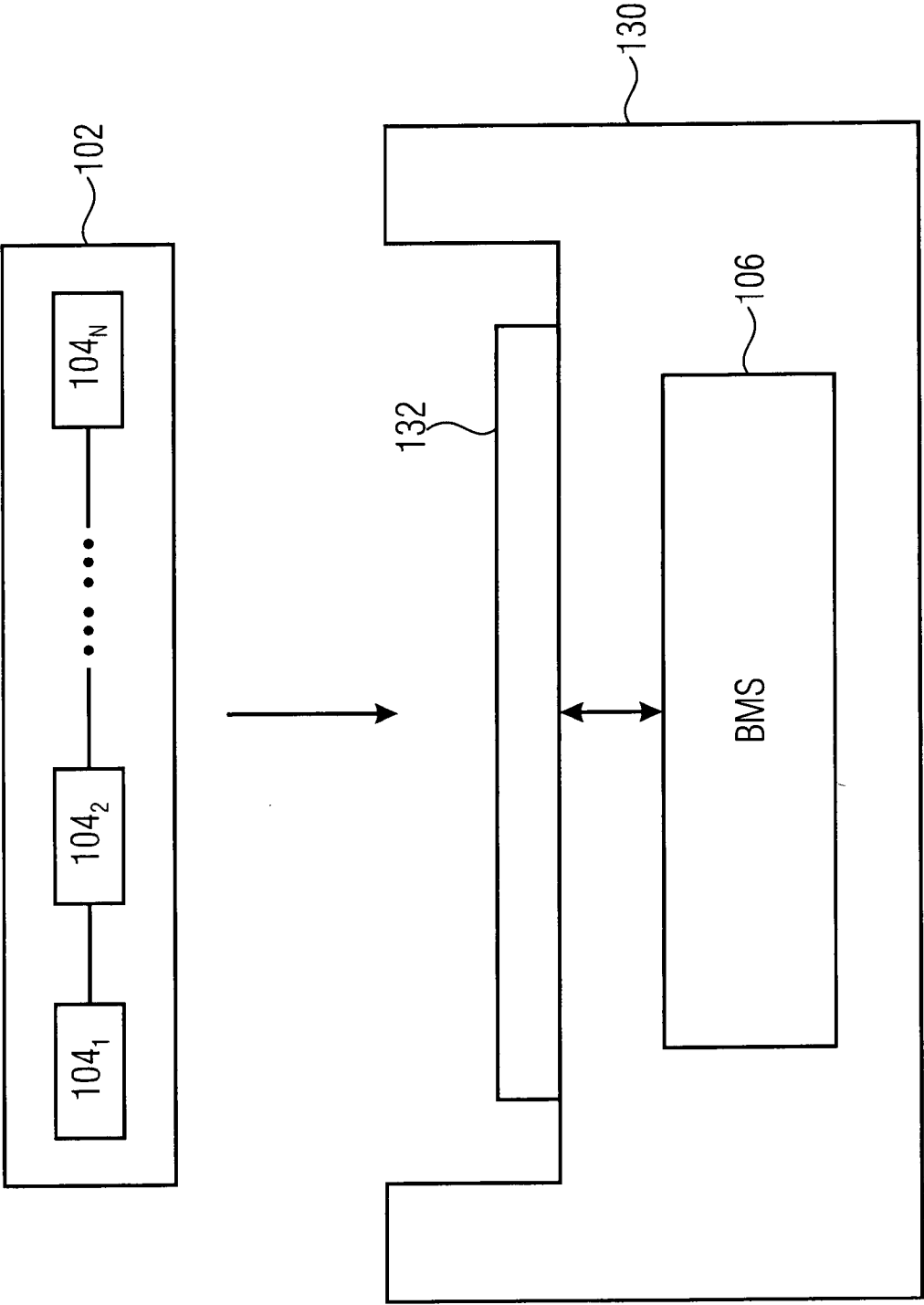
FIGUR 1



FIGUR 2



FIGUR 3



FIGUR 4