



(10) **DE 10 2018 215 575 B3** 2019.09.19

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 215 575.5**
(22) Anmeldetag: **13.09.2018**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.09.2019**

(51) Int Cl.: **G01R 31/36 (2006.01)**
H01M 10/48 (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01)
B60L 50/50 (2019.01)
G01R 31/396 (2019.01)

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

(73) Patentinhaber:
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 11 2009 001 553 T5

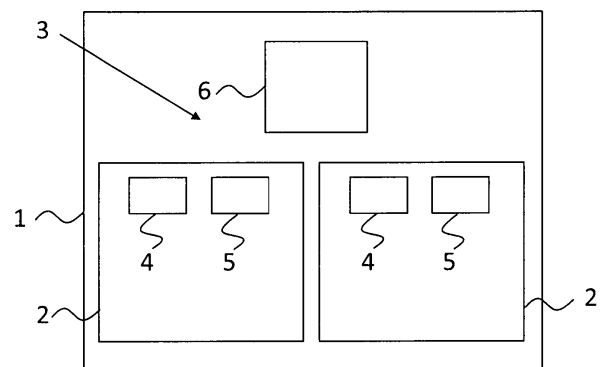
(72) Erfinder:
**Friegel, Armin, 80807 München, DE; Kreppold,
Bernhard, 82256 Fürstfeldbruck, DE;
Schweiger, Benno, Dr., 80337 München, DE;
Riemann, Philipp, 81671 München, DE**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität einer Batteriezelle, Auswerteeinrichtung, Überwachungsvorrichtung, Hochvoltbatterie sowie Kraftfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität einer Batteriezelle (2) einer Hochvoltbatterie (1) eines Kraftfahrzeugs, mit den Schritten:

- Empfangen von zumindest drei Leerlaufspannungswerten (OCV1, OCV2, OCV3) der Batteriezelle (2),
- Bestimmen von Ladezustandswerten (SOC1, SOC2, SOC3) der Batteriezelle (2) aus den Leerlaufspannungswerten (OCV1, OCV2, OCV3) anhand einer vorbestimmten Leerlaufspannungskurve (7),
- Bilden von Wertepaaren durch Kombinieren von jeweils zwei der zumindest drei Leerlaufspannungswerte (OCV1, OCV2, OCV3), wobei anhand einer Anzahl der erfassten Leerlaufspannungswerte (OCV1, OCV2, OCV3) der Binomialkoeffizient bestimmt wird und eine mit dem Binomialkoeffizienten korrespondierende Anzahl an Wertepaaren bestimmt wird,
- Bestimmen von jeweiligen wertepaarspezifischen Ladungsdurchsatzwerten der Batteriezelle (2) durch Integrieren eines gemessenen Stroms der Batteriezelle (2) über einen Zeitraum zwischen zwei Messzeitpunkten der zugehörigen Leerlaufspannungswerte (OCV1, OCV2, OCV3),
- Bestimmen von jeweiligen wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerten basierend auf dem zugehörigen wertepaarspezifischen Ladungsdurchsatzwert sowie den zugehörigen wertepaarspezifischen Ladezustandswerten (SOC1, SOC2, SOC3),
- Bestimmen der Kapazität basierend auf den zumindest zwei wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerten. Die Erfindung betrifft außerdem eine Auswerteeinrichtung (6), ei-

ne Überwachungsvorrichtung (3), eine Hochvoltbatterie (1) sowie ein Kraftfahrzeug.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität einer Batteriezelle einer Hochvoltbatterie eines Kraftfahrzeugs. Die Erfindung betrifft außerdem eine Auswerteeinrichtung, eine Überwachungsvorrichtung, eine Hochvoltbatterie sowie ein Kraftfahrzeug.

[0002] Vorliegend richtet sich das Interesse auf Hochvoltbatterien bzw. Hochvoltenergiespeicher für elektrisch antreibbare Kraftfahrzeuge, beispielsweise Elektrofahrzeuge oder Hybridfahrzeuge. Solche Hochvoltbatterien umfassen in der Regel eine Vielzahl von Batteriezellen, beispielsweise Li-Ionen-Batteriezellen, welche in einem Innenraum bzw. Aufnahmebereich eines Batteriegehäuses angeordnet und dort zu Batteriemodulen verschaltet sind. Dabei unterliegen die Li-Ionen-Batteriezellen einer Alterung. Dies bedeutet, dass eine verfügbare Kapazität der Batteriezellen mit einem Alter der Batteriezellen gegenüber einer anfänglichen Kapazität bzw. Nennkapazität der Batteriezellen sinkt. Für eine Vielzahl von Anwendungen, beispielsweise für eine Reichweitschätzung eines Elektrofahrzeugs, ist es essentiell, die tatsächliche, derzeit verfügbare Kapazität der Batteriezellen kennen. Dazu werden meist Schätzverfahren verwendet, welche auf der Bestimmung der Kapazität aus einem Ladungsdurchsatz der Batteriezellen und zwei Werten des Ladezustands basieren. Zur Bestimmung der zwei Ladezustandswerte wird die Leerlaufspannung bzw. OCV (open circuit voltage) der Batteriezelle zu zwei unterschiedlichen Messzeitpunkten gemessen. Zur Bestimmung des Ladungsdurchsatzes wird ein gemessener Strom der Batteriezelle über einen Zeitraum zwischen den zwei Messzeitpunkten integriert. Ein Verfahren zum Schätzen einer Kapazität einer Batterie ist beispielsweise aus der DE 11 2009 001 553 T5 bekannt.

[0003] Aus dieser Methode ergibt sich der Nachteil, dass Messfehler, welche beispielsweise durch Sensorrauschen bei der Erfassung der Leerlaufspannung und des Stroms hervorgerufen werden können, das Ergebnis der Kapazitätsberechnung stark beeinflussen. Die so berechnete Kapazität entspricht also möglicherweise nicht der tatsächlichen, derzeit verfügbaren Kapazität.

[0004] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, wie eine Kapazität einer Batteriezelle einer Hochvoltbatterie für ein Kraftfahrzeug besonders einfach, zuverlässig und genau bestimmt werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren, eine Auswerteeinrichtung, eine Überwachungsvorrichtung, eine Hochvoltbatterie sowie ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche, der Beschreibung sowie der Figuren.

[0006] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität einer Batteriezelle einer Hochvoltbatterie eines Kraftfahrzeugs. Dabei werden zunächst zumindest drei, zu unterschiedlichen Messzeitpunkten gemessene Leerlaufspannungswerte der Batteriezelle empfangen und zumindest drei Ladezustandswerte der Batteriezelle aus den Leerlaufspannungswerten anhand einer vorbestimmten Leerlaufspannungskurve, welche einen Zusammenhang zwischen der Leerlaufspannung und dem Ladezustand der Batteriezelle beschreibt, bestimmt. Außerdem werden zumindest zwei Wertepaare der Leerlaufspannung oder des Ladezustands durch Kombinieren von jeweils zwei der zumindest drei Leerlaufspannungswerte oder Ladezustandswerte bestimmt. Darüber hinaus werden jeweilige wertepaarspezifische Ladungsdurchsatzwerte der Batteriezelle durch Integrieren eines gemessenen Stroms der Batteriezelle über einen Zeitraum zwischen den zwei Messzeitpunkten der zugehörigen Leerlaufspannungswerte bestimmt. Schließlich werden jeweilige wertepaarspezifische Kapazitätsrohwerte basierend auf dem zugehörigen wertepaarspezifischen Ladungsdurchsatzwert sowie den zugehörigen wertepaarspezifischen Ladezustandswerten bestimmt und die Kapazität wird basierend auf den zumindest zwei wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerten bestimmt.

[0007] Die Erfindung betrifft außerdem eine Auswerteeinrichtung für eine Überwachungsvorrichtung einer Hochvoltbatterie eines Kraftfahrzeugs, welche dazu ausgelegt ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen. Eine erfindungsgemäße Überwachungsvorrichtung für eine Hochvoltbatterie eines Kraftfahrzeugs umfasst zumindest einen Spannungssensor zum Erfassen von zumindest drei Leerlaufspannungswerten einer Batteriezelle der Hochvoltbatterie zu unterschiedlichen Messzeitpunkten, zumindest einen Stromsensor zum Erfassen eines Stroms der Batteriezelle und eine erfindungsgemäße Auswerteeinrichtung.

[0008] Ferner gehört zur Erfindung eine Hochvoltbatterie mit einer Vielzahl von Batteriezellen sowie einer erfindungsgemäßen Überwachungsvorrichtung. Ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug umfasst eine erfindungsgemäße Hochvoltbatterie. Das Kraftfahrzeug ist insbesondere ein Personenkraftwagen in Form von einem Elektro- oder Hybridfahrzeug.

[0009] Die im Folgenden mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren vorgestellten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend für die erfindungsgemäße Auswerteeinrichtung, für die erfindungsgemäße Überwachungs-

richtung, für die erfindungsgemäße Hochvoltbatterie sowie für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

[0010] Die Batteriezelle, deren Kapazität überwacht wird, ist insbesondere eine Li-Ionen-Batteriezelle der Hochvoltbatterie. Die Hochvoltbatterie ist insbesondere eine Traktionsbatterie für ein als Elektro- oder Hybridfahrzeug ausgebildetes Kraftfahrzeug. Bei der Batteriezelle werden zunächst über einen vorbestimmten Messzeitraum die Leerlaufspannung sowie der von der Batteriezelle umgesetzte Strom gemessen. Insbesondere können alle Batteriezellen der Hochvoltbatterie überwacht werden. Dazu kann die Überwachungsvorrichtung für jede Batteriezelle den Strom sowie die Leerlaufspannung erfassen. Im Falle einer seriellen Verschaltung der Batteriezellen kann die Überwachungsvorrichtung zum Erfassen des Stroms einen Stromsensor aufweisen, welcher den durch die serielle Verschaltung fließenden Strom als den Strom der zu überwachenden Batteriezelle misst. Zum Erfassen der Leerlaufspannung kann die Überwachungsvorrichtung für jede Batteriezelle einen Spannungssensor aufweisen. Der Stromsensor und die Spannungssensoren können die jeweiligen Messwerte an die Auswerteeinrichtung der Überwachungsvorrichtung kommunizieren. Die Auswerteeinrichtung kann beispielsweise eine übergeordnete Auswerteeinrichtung für alle Batteriezellen der Hochvoltbatterie sein und in ein Batteriesteuerggerät der Hochvoltbatterie integriert sein.

[0011] Der Messzeitraum ist dabei so gewählt, dass sich die Kapazität der Batteriezelle während dieser Zeit nicht oder nur unwesentlich ändert. Beispielsweise kann der Messzeitraum höchstens eine Woche betragen. Während dieses Messzeitraums werden zu zumindest drei Messzeitpunkten Werte der Leerlaufspannung bzw. der Ruhespannung erfasst. Es werden also zu einem ersten Messzeitpunkt ein erster Leerlaufspannungswert, zu einem zweiten Messzeitpunkt ein zweiter Leerlaufspannungswert und zu zumindest einem dritten Messzeitpunkt ein dritter Leerlaufspannungswert erfasst. Für jeden Leerlaufspannungswert wird dann der Ladezustandswert der Batteriezelle bestimmt. Die Ladezustandswerte werden dabei aus der vorbestimmten Leerlaufspannungskurve bestimmt bzw. ausgelesen. Die Leerlaufspannungskurve bzw. Leerlaufspannungsfunktion ist für die jeweilige Batteriezelle vorbestimmt und beschreibt den Zusammenhang zwischen der Leerlaufspannung und dem Ladezustand. In der Leerlaufspannungskurve ist also jedem Leerlaufspannungswert ein Ladezustandswert eindeutig zugeordnet. Die Leerlaufspannungskurve kann beispielsweise in einer Speichereinrichtung der Hochvoltbatterie hinterlegt bzw. abgespeichert sein und von der Auswerteeinrichtung ausgelesen werden.

[0012] Zu diesen zumindest drei Leerlaufspannungswerten oder Ladezustandswerten werden die

zumindest zwei Wertepaare gebildet. Es sei erwähnt, dass die Reihenfolge der bisher beschriebenen Schritte nicht zwingend ist. Es können beispielsweise zuerst die Wertepaare aus den erfassten Leerlaufspannungswerten bestimmt werden und dann die wertepaarspezifischen Ladezustandswerte bestimmt werden. Es kann aber auch sein, dass zunächst die Ladezustandswerte aus den Leerlaufspannungswerten bestimmt werden und dann Wertepaare aus den Ladezustandswerten gebildet werden. Beispielsweise wird ein erstes Wertepaar gebildet, welches den ersten und den zweiten Leerlaufspannungswert bzw. Ladezustandswert umfasst, und ein zweites Wertepaar gebildet, welches den zweiten und den dritten Leerlaufspannungswert bzw. Ladezustandswert umfasst. Alternativ zu dem ersten oder dem zweiten Wertepaar oder zusätzlich zu den zwei Wertepaaren kann ein drittes Wertepaar gebildet werden, welches den ersten und den dritten Leerlaufspannungswert bzw. Ladezustandswert umfasst.

[0013] Außerdem wird für jedes der gebildeten Wertepaare ein Ladungsdurchsatzwert bestimmt. Dazu wird der Strom erfasst, welcher zwischen den Messzeitpunkten der Leerlaufspannung dieses Wertepaares von der Batteriezelle umgesetzt wurde. Es wird also eine mit der Anzahl an Wertepaaren korrespondierende Anzahl an Ladungsdurchsatzwerten bestimmt, wobei jeder Ladungsdurchsatzwert spezifisch für ein Wertepaar ist. Dann wird für jedes Wertepaar ein Kapazitätsrohwert bestimmt. Der wertepaarspezifische Kapazitätsrohwert wird dabei anhand des für dieses Wertepaar bestimmten Ladungsdurchsatzwertes sowie anhand der für dieses Wertepaar bestimmten Ladezustandswerte bestimmt. Insbesondere werden die jeweiligen wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerte als der Quotient zwischen dem zugehörigen wertepaarspezifischen Ladungsdurchsatzwert und der Differenz der wertepaarspezifischen Ladezustandswerte bestimmt.

[0014] Nach Bestimmung der Kapazitätsrohwerte wird die derzeit verfügbare, aktuelle Kapazität der Batteriezelle bestimmt. Dabei stehen für die Bestimmung der Kapazität zumindest zwei Kapazitätsrohwerte zur Verfügung, welche aus zwei unterschiedlichen Wertepaaren der Leerlaufspannung berechnet wurden. Anhand der Kapazität kann dann beispielsweise ein Alterungszustand der Batteriezelle als das Verhältnis zwischen der bestimmten Kapazität und einer Nennkapazität der Batteriezelle bestimmt werden.

[0015] Durch die Verwendung der mehreren Wertepaare bzw. Wertekombinationen ergibt sich der Vorteil, dass sich Messfehler weniger stark auf das Gesamtergebnis der Kapazitätsbestimmung durchschlagen. Das Ergebnis der Kapazitätsbestimmung wird dadurch genauer, sodass beispielsweise eine

Alterung der Batteriezelle zuverlässig prognostiziert werden kann.

[0016] Vorzugsweise werden die Kapazitätsrohwerter parallel bestimmt. Dies bedeutet, dass die Kapazitätsrohwerter in parallel, beispielsweise gleichzeitig, verlaufenden Verfahrensschritten bestimmt werden. Es wird also nicht die Kapazität iterativ basierend auf jeweils zwei Ladezustandswerten bestimmt, sondern die Kapazität wird basierend auf zumindest zwei, aktuell vorliegenden Kapazitätsrohwertern bestimmt, wobei die Kapazitätsrohwerter jeweils aus zwei unterschiedlichen Ladezustandswerten bestimmt werden.

[0017] Außerdem wird anhand einer Anzahl der erfassten Leerlaufspannungswerte der Binomialkoeffizient bestimmt und eine mit dem Binomialkoeffizienten korrespondierende Anzahl an Wertepaaren der Leerlaufspannung oder des Ladezustands bestimmt. Der Binomialkoeffizient wird bestimmt als

$$\frac{n!}{2(n-2)!}$$

(mit n als die Anzahl der erfassten Leerlaufspannungswerte) und beschreibt die Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten von zwei Leerlaufspannungswerten ohne Wiederholung. Für beispielsweise fünf Leerlaufspannungswerte, also $n = 5$, sind bereits zehn Kombinationen möglich. Es können also zehn Wertepaare und damit zehn Kapazitätsrohwerter bestimmt werden, anhand welcher dann die derzeit verfügbare Kapazität der Batteriezelle bestimmt bzw. geschätzt wird. Durch Bilden einer maximal möglichen Anzahl an Wertepaaren lässt sich in vorteilhafter Weise ein besonders genauer, fehlerreduzierter Wert der Kapazität bestimmen.

[0018] In einer Ausführungsform der Erfindung wird die Kapazität als ein Mittelwert der bestimmten Kapazitätsrohwerter bestimmt. Im einfachsten Fall kann also beispielsweise das arithmetische Mittel aus den Kapazitätsrohwertern bestimmt werden, indem die Kapazitätsrohwerter aufsummiert werden und die Summe durch die Anzahl an Kapazitätsrohwertern geteilt wird. So kann auf besonders einfache und schnelle Weise die Kapazität basierend auf den Kapazitätsrohwertern bestimmt werden.

[0019] Vorzugsweise wird die Kapazität mittels eines Optimierungsverfahrens, insbesondere mittels der Methode der kleinsten Quadrate, bestimmt. Mittels des Optimierungsverfahrens wird die Kapazität anhand der Kapazitätsrohwerter also derart bestimmt, dass ein Gesamtschätzfehler minimal ist. So kann die Kapazität besonders genau und zuverlässig bestimmt werden.

[0020] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird zusätzlich zu den zumindest zwei wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwertern zumindest ein modellbasierter Kapazitätsroh-

wert bestimmt, wobei der modellbasierte Kapazitätsrohwerter anhand zumindest einer gemessenen Belastung der Batteriezelle sowie anhand eines von der Belastung der Batteriezelle abhängigen, vorbestimmten Batteriezellmodells bestimmt wird und wobei die Kapazität basierend auf den zumindest zwei wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwertern und dem zumindest einen modellbasierten Kapazitätsrohwerter bestimmt wird. Das Batteriezellmodell kann beispielsweise ein statistisches Modell zur Alterungsprognose sein und beschreibt die Abhängigkeit der Kapazität der Batteriezelle von der Belastung der Batteriezelle im Betrieb. Das Batteriezellmodell kann beispielsweise während einer Entwicklung der Batteriezelle für die Batteriezelle vorbestimmt und validiert werden und in der Speichereinrichtung hinterlegt werden. Um nun im Betrieb der Hochvoltbatterie den modellbasierten Kapazitätsrohwerter zu bestimmen, kann die Belastung der Batteriezelle, beispielsweise ein Ladungsdurchsatz und/oder ein Temperaturverlauf und/oder Ladezustandsverweilzeiten der Batteriezelle, gemessen werden und als Eingangsgröße in das Batteriezellmodell eingepflegt werden. Das Batteriezellmodell gibt als die Ausgangsgröße einen, modellspezifischen Kapazitätsrohwerter aus. Der zumindest eine anhand des Batteriezellmodells berechnete, modellspezifische Kapazitätsrohwerter und die zumindest zwei wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerter können dann fusioniert bzw. kombiniert werden, um die Kapazität der Batteriezelle zu bestimmen.

[0021] Beispielsweise können mehrere modellspezifische Kapazitätsrohwerter für unterschiedliche Zeiträume bestimmt werden, sodass die modellspezifischen Kapazitätsrohwerter jeweils mit einem Wertepaar und damit mit jeweils einem wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerter korrespondieren. Beispielsweise können dazu ein erster Temperaturverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Messzeitpunkt und zumindest ein zweiter Temperaturverlauf zwischen dem zweiten und dem dritten Messzeitpunkt bestimmt werden. Anhand der Temperaturverläufe und des Batteriezellmodells können dann zwei modellspezifische Kapazitätsrohwerter bestimmt werden, welche dann mit den wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwertern fusioniert werden.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar.

[0022] Die Erfindung wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

[0023] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hochvoltbatterie;

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm mit Verfahrensschritten einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Leerlaufspannungskurve.

[0024] In den Figuren sind gleiche sowie funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0025] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer Hochvoltbatterie **1** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Hochvoltbatterie **1** kann beispielsweise eine Traktionsbatterie eines hier nicht gezeigten elektrisch antreibbaren Kraftfahrzeugs sein. Die Hochvoltbatterie **1** weist mehrere, hier seriell verschaltete Batteriezellen **2** sowie eine Überwachungsvorrichtung **3** auf, welche dazu ausgelegt ist, eine jeweilige Kapazität der Batteriezellen **2** zu schätzen bzw. zu bestimmen. Anhand der Kapazität der Batteriezellen **2** kann ein Alterungszustand bzw. SOH (State Of Health) der Batteriezellen **2** bestimmt werden. Die Überwachungsvorrichtung **3** weist hier für jede Batteriezelle **2** einen Spannungssensor **4** zum Erfassen einer Leerlaufspannung der Batteriezelle **2** auf. Außerdem weist die Überwachungsvorrichtung **3** einen Stromsensor **5** zum Erfassen eines Stroms der Batteriezellen **2** auf. Die von den Spannungssensoren **4** und dem Stromsensor **5** erfassten Messwerte können an eine Auswerteeinrichtung **6**, welche hier als eine übergeordnete Auswerteeinrichtung ausgebildet ist, der Überwachungsvorrichtung **3** übermittelt werden, welche basierend auf den Messwerten die Kapazitäten der Batteriezellen **2** bestimmt.

[0026] Dazu wird von der Auswerteeinrichtung **6** ein Verfahren durchgeführt, dessen Schritte anhand des Ablaufdiagramms gemäß **Fig. 2** erläutert werden. In einem ersten Schritt **S1** werden Leerlaufspannungswerte, welche zu zumindest drei unterschiedlichen Messzeitpunkten erfasst wurden, von der Auswerteeinrichtung **6** empfangen. In einem zweiten Schritt **S2** werden mit Hilfe einer Leerlaufspannungskurve **7**, welche in **Fig. 3** dargestellt ist, Ladezustandswerte aus den Leerlaufspannungswerten bestimmt. In der Leerlaufspannungskurve ist ein Zusammenhang zwischen der Leerlaufspannung **OCV** und dem Ladezustand **SOC** hergestellt. Aus der Leerlaufspannungskurve **7** werden für die drei erfassten Leerlaufspannungswerte **OCV1**, **OCV2** und **OCV3** die jeweiligen zugehörigen Ladezustandswerte **SOC1**, **SOC2** und **SOC3** ausgelesen. Die Leerlaufspannungskurve **7** ist vorbestimmt und kann beispielsweise in einer für die Auswerteeinrichtung auslesbaren Spei-

chereinrichtung der Überwachungsvorrichtung **3** hinterlegt sein.

[0027] Die zumindest drei Leerlaufspannungswerte **OCV1**, **OCV2**, **OCV3** bzw. die zumindest drei Ladezustandswerte **SOC1**, **SOC2**, **SOC3** werden in einem dritten Schritt **S3** zu zumindest zwei Wertepaaren kombiniert. Hier werden anhand der drei Leerlaufspannungswerte **OCV1**, **OCV2**, **OCV3** bzw. der zumindest drei Ladezustandswerte **SOC1**, **SOC2**, **SOC3** drei Wertepaare gebildet, wobei jedem Wertepaar zwei unterschiedlichen Leerlaufspannungswerte **OCV1**, **OCV2**, **OCV3** sowie zwei unterschiedliche Ladezustandswerte **SOC1**, **SOC2**, **SOC3** sowie die zugehörigen Messzeitpunkte zugeordnet sind.

[0028] In einem vierten Verfahrensschritt **S4** wird pro Wertepaar ein Ladungsdurchsatzwert bestimmt. Dazu wird der von dem Stromsensor **5** erfasste Strom einer Batteriezelle **2** über den Zeitraum zwischen den Messzeitpunkten der zwei Leerlaufspannungswerte **OCV1**, **OCV2**, **OCV3** des jeweiligen Wertepaares integriert. Anhand des Ladungsdurchsatzwerts sowie anhand der Ladezustandswerte **SOC1**, **SOC2**, **SOC3** eines Wertepaares wird in einem fünften Schritt **S5** für jedes Wertepaar ein Kapazitätsrohwert bestimmt. Der Kapazitätsrohwert C_{roh} wird beispielsweise für ein Wertepaar mit den Ladezustandswerten **SOC1** und **SOC2** sowie mit dem Ladungsdurchsatzwert Q

nach der Formel
$$C_{roh} = \frac{Q}{SOC1 - SOC2}$$
 bestimmt. Bei drei Wertepaaren werden also drei Kapazitätsrohwerte bestimmt.

[0029] In einem sechsten Verfahrensschritt **S6** wird aus den Kapazitätsrohwerten die Kapazität der jeweiligen Batteriezelle **2** bestimmt. Beispielsweise kann die Kapazität C unter Minimierung des Gesamtschätzfehlers über ein Optimierungsverfahren bestimmt werden:

stimmst werden:
$$\min_{C \in \mathbb{R}} \sum_{i=1, \dots, n} |C_{roh,i} - C|$$
 mit n als die Anzahl der Kapazitätsrohwerte. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass andere Optimierungsverfahren, beispielsweise die Methode des kleinsten Quadrats, oder eine Mittelwertbildung aus den Kapazitätsrohwerten zur Bestimmung der Kapazität verwendet werden.

[0030] In einem optionalen, vor dem sechsten Schritt **S6** durchgeführten Schritt können zusätzlich zu den wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerten noch modellspezifische Kapazitätsrohwerte bestimmt werden. Diese modellspezifischen Kapazitätsrohwerte können aus einem vorbestimmten Batteriezellenmodell, welches die belastungsabhängige Kapazität der Batteriezelle **2** beschreibt, bestimmt werden. Dazu wird, beispielsweise mittels eines Temperatursensors der Batteriezellen **2**, als die Belastung ein Temperaturverlauf der Batteriezelle **2** gemessen und anhand des gemessenen Temperatur-

verlaufs wird mittels des Batteriezellmodells der modellspezifische Kapazitätsrohwert bestimmt. Dieser modellspezifische Kapazitätsrohwert sowie die wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerte können dann zu der Kapazität fusioniert werden.

Bezugszeichenliste

1	Hochvoltbatterie
2	Batteriezellen
3	Überwachungsvorrichtung
4	Spannungssensor
5	Stromsensor
6	Auswerteeinrichtung
7	Leerlaufspannungskurve
OCV	Leerlaufspannung
COV1, OCV2, OCV3	Leerlaufspannungswerte
SOC	Ladezustand
SOC1, SOC2, SOC3	Ladezustandswerte
S1, S2, S3, S4, S5, S6	Verfahrensschritte

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung einer Kapazität einer Batteriezelle (2) einer Hochvoltbatterie (1) eines Kraftfahrzeugs, mit den Schritten:

- Empfangen von zumindest drei, zu unterschiedlichen Messzeitpunkten gemessenen Leerlaufspannungswerten (OCV1, OCV2, OCV3) der Batteriezelle (2),
- Bestimmen von Ladezustandswerten (SOC1, SOC2, SOC3) der Batteriezelle (2) aus den Leerlaufspannungswerten (OCV1, OCV2, OCV3) anhand einer vorbestimmten Leerlaufspannungskurve (7), welche einen Zusammenhang zwischen der Leerlaufspannung (OCV) und dem Ladezustand (SOC) der Batteriezelle (2) beschreibt,
- Bilden von Wertepaaren der Leerlaufspannung (OCV) oder des Ladezustands (SOC) durch Kombinieren von jeweils zwei der zumindest drei Leerlaufspannungswerte (OCV1, OCV2, OCV3) oder Ladezustandswerte (SOC1, SOC2, SOC3), wobei anhand einer Anzahl der erfassten Leerlaufspannungswerte (OCV1, OCV2, OCV3) der Binomialkoeffizient bestimmt wird und eine mit dem Binomialkoeffizienten korrespondierende Anzahl an Wertepaaren bestimmt wird,
- Bestimmen von jeweiligen wertepaarspezifischen Ladungsdurchsatzwerten der Batteriezelle (2) durch Integrieren eines gemessenen Stroms der Batteriezelle (2) über einen Zeitraum zwischen den

zwei Messzeitpunkten der zugehörigen Leerlaufspannungswerte (OCV1, OCV2, OCV3),

- Bestimmen von jeweiligen wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerten basierend auf dem zugehörigen wertepaarspezifischen Ladungsdurchsatzwert sowie den zugehörigen wertepaarspezifischen Ladezustandswerten (SOC1, SOC2, SOC3),
- Bestimmen der Kapazität basierend auf den zumindest zwei wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die jeweiligen wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerte parallel bestimmt werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die jeweiligen wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerte als der Quotient zwischen dem zugehörigen wertepaarspezifischen Ladungsdurchsatzwert und der Differenz der wertepaarspezifischen Ladezustandswerte (SOC1, SOC2, SOC3) bestimmt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kapazität als ein Mittelwert der bestimmten wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerte bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kapazität mittels eines Optimierungsverfahrens, insbesondere mittels der Methode der kleinsten Quadrate, bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich zu den zumindest zwei wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerten zumindest ein modellbasierter Kapazitätsrohwert bestimmt wird, wobei der modellbasierte Kapazitätsrohwert anhand zumindest einer gemessenen Belastung der Batteriezelle (2) sowie anhand eines von der zumindest einen Belastung der Batteriezelle (2) abhängigen, vorbestimmten Batteriezellmodells bestimmt wird und wobei die Kapazität basierend auf den zumindest zwei wertepaarspezifischen Kapazitätsrohwerten und dem zumindest einen modellbasierten Kapazitätsrohwert bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Batteriezellmodell ein statistisches Modell ist, welches eine Abhängigkeit der Kapazität der Batteriezelle (2) von der Belastung der Batteriezelle (2) beschreibt.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass als die Belastung ein Ladungsdurchsatz und/oder ein Temperaturverlauf und/oder Ladezustandsverweilzeiten der Batteriezelle (2) erfasst werden.

9. Auswerteeinrichtung (6) für eine Überwachungs-
vorrichtung (3) einer Hochvoltbatterie (1) eines Kraft-
fahrzeugs, welche dazu ausgelegt ist, ein Verfahren
nach einem der vorhergehenden Ansprüche durch-
zuführen.

10. Überwachungsvorrichtung (3) für eine Hoch-
voltbatterie (1) eines Kraftfahrzeugs aufweisend ei-
nen Spannungssensor (4) zum Messen von zumin-
dest drei Leerlaufspannungswerten (OCV1, OCV2,
OCV3) einer Batteriezelle (2) zu unterschiedlichen
Zeitpunkten, einen Stromsensor (5) zum Erfassen ei-
nes Stroms der Batteriezelle (2) und eine Auswerte-
einrichtung (6) nach Anspruch 9.

11. Hochvoltbatterie (1) für ein Kraftfahrzeug mit
einer Vielzahl von Batteriezellen (2) und einer Über-
wachungsvorrichtung (3) nach Anspruch 10.

12. Kraftfahrzeug mit einer Hochvoltbatterie (1)
nach Anspruch 11.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

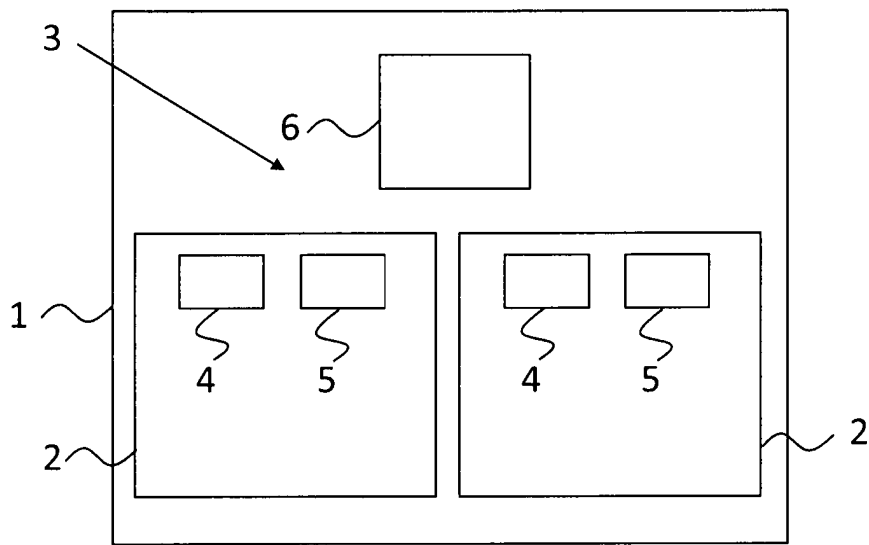


Fig. 1

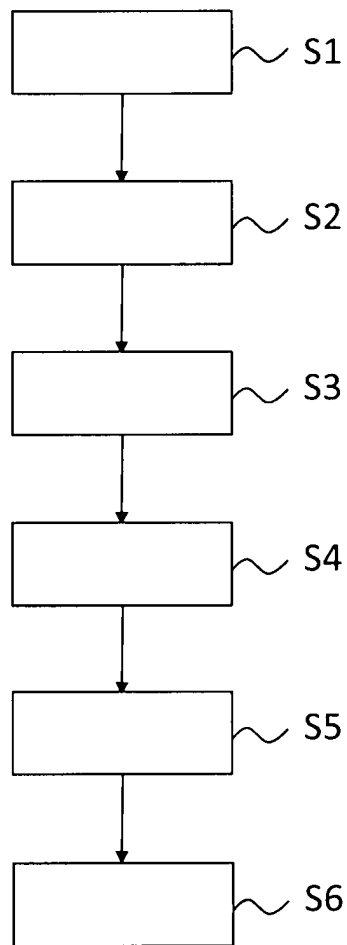


Fig. 2

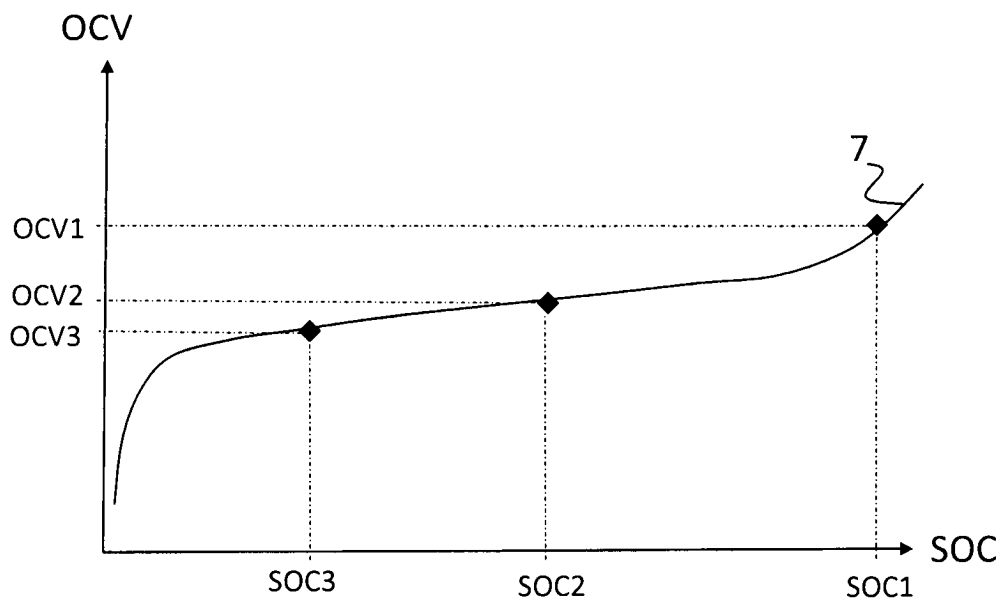


Fig. 3