

(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
31. Januar 2019 (31.01.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/020303 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/067276

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Juni 2018 (27.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 213 020.2
28. Juli 2017 (28.07.2017) DE

(71) Anmelder: BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Petuelring 130, 80809 München (DE).

(72) Erfinder: HOLLWEG, Tobias; No. 12-14 of Tiantan South Street, Shenyang / Dongling District, 110016 (CN). KURTZ, Johannes; Meiling 37, 83543 Rott a. Inn (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR BALANCING AN ENERGY STORAGE MODULE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR SYMMETRIERUNG EINES ENERGIESPEICHERMODULS

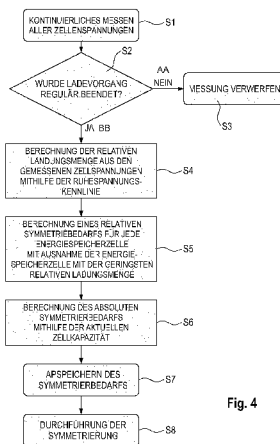


Fig. 4

S1 CONTINUOUS MEASURING OF ALL CELL VOLTAGES
S2 WAS THE CHARGING PROCESS ENDED NORMALLY?
S3 DISCARD MEASUREMENT
S4 CALCULATING THE RELATIVE CHARGE QUANTITY FROM THE MEASURED CELL VOLTAGES USING THE RESTING VOLTAGE CHARACTERISTIC CURVE
S5 CALCULATING A RELATIVE BALANCING REQUIREMENT FOR EVERY ENERGY STORAGE CELL WITH THE EXCEPTION OF THE ENERGY STORAGE CELL WITH THE LOWEST RELATIVE CHARGE QUANTITY
S6 CALCULATING THE ABSOLUTE BALANCING REQUIREMENT USING THE CURRENT CELL CAPACITY
S7 SAVING THE BALANCING REQUIREMENT
S8 CARRYING OUT THE BALANCING
AA NO
BB YES

(57) Abstract: The invention relates to a device for balancing an energy storage module having multiple energy storage cells connected in series, wherein the device comprises: an interface for communication with a monitoring electronics system of the energy storage module; a charge determining device for determining a relative electrical charge quantity based on respective cell voltages and a respective resting voltage characteristic curve for each energy storage cell; a balancing requirement calculation unit for determining a respective relative balancing requirement by forming a difference between the relative electrical charge quantity of a respective energy storage cell and the relative electrical charge quantity of the energy storage cell for which the lowest relative electrical charge quantity was determined, for every energy storage cell with the exception of the energy storage cell for which the lowest relative electrical charge quantity was determined, and for determining an absolute balancing requirement for each energy storage cell; a discharging circuit which is configured to be connected to the energy storage module in such a way that a respective energy storage cell can be separately discharged by the discharging circuit; and a control device that can control the discharging circuit in such a way that the respective determined absolute balancing requirement can be removed from the respective energy storage cells.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls, das mehrere in Reihe geschaltete Energiespeicherzellen aufweist, wobei die Vorrichtung eine Schnittstelle zur Kommunikation mit einer Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls, eine Ladungsermittlungseinrichtung zur Ermittlung einer relativen elektrischen Ladungsmenge basierend auf jeweiligen Zellenspannungen und einer jeweiligen Ruhespannungskennlinie für jede Energiespeicherzelle, eine Symmetrierbedarferechnungseinheit zur Ermittlung eines jeweiligen relativen Symmetrierbedarfs durch Bildung einer Differenz zwischen der relativen elektrischen Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle und der relativen elektrischen Ladungsmenge der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, für jede Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, und zur Ermittlung eines absoluten Symmetrierbedarfs für jede Energiespeicherzelle, eine Entladeschaltung, die dazu eingerichtet ist, mit



WO 2019/020303 A1

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)

dem Energiespeichermodul derart verbunden zu werden, dass mittels der Entladeschaltung eine jeweilige Energiespeicherzelle separat entladbar ist, und eine Steuereinrichtung, die die Entladeschaltung derart ansteuern kann, dass aus den jeweiligen Energiespeicherzellen der jeweilige ermittelte absolute Symmetrierbedarf entnommen wird, umfasst.

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR SYMMETRIERUNG EINES ENERGIESPEICHERMODULS

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls, das mehrere in Reihe geschaltete Energiespeicherzellen aufweist, und ein entsprechendes Verfahren zur Symmetrierung des Energiespeichermoduls. Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung ein Kraftfahrzeug, insbesondere Elektrofahrzeug oder Hybridfahrzeug, das ein Energiespeichermodul und eine Vorrichtung zur Symmetrierung des Energiespeichermoduls umfasst.

Elektrofahrzeuge oder Hybridfahrzeuge sind mit einem Energiespeichermodul wie etwa einem Hochvoltspeicher ausgerüstet, welches die für den Antrieb eines elektrischen Antriebsmotors erforderliche elektrische Energie speichert und für den elektrischen Antriebsmotor bereitstellt. Der Hochvoltspeicher umfasst eine Vielzahl von Energiespeicherzellen, die beispielsweise als Lithium-Ionen-Zellen bzw. Lithium-Ionen-Akkumulatorzellen ausgebildet sind und die beispielsweise in Reihe geschaltet sein können.

Zur Aufladung des Energiespeichermoduls mit Reihenschaltung der Energiespeicherzellen wird den in Serie bzw. Reihe geschalteten Energiespeicherzellen von extern durch Anschluss an eine entsprechende Strom- bzw. Spannungsquelle elektrische Energie zugeführt. Dabei wird zur Vermeidung einer Beschädigung des Energiespeichermoduls aufgrund einer Überspannung die Aufladung durch eine Überwachung einer jeweiligen Energiespeicherzellenspannung und eine entsprechende Ladesteuerung derart begrenzt, dass keine der Energiespeicherzellenspannungen größer als ein vorgegebener oberer Spannungsschwellenwert ist. Des Weiteren werden zur Vermeidung einer Tiefentladung der Energiespeicherzellen die jeweiligen Energiespeicherzellenspannungen auch bei einer Entladung des Energiespeichermoduls, beispielsweise zur Zuführung von elektrischer Energie zu einer elektrischen Senke wie etwa dem elektrischen Antriebsmotor, überwacht und der Entladevorgang

- 2 -

durch eine entsprechende Steuerung derart begrenzt, dass keine der Energiespeicherzellenspannungen kleiner als ein vorgegebener unterer Spannungsschwellenwert ist.

Dementsprechend wird die maximal nutzbare Gesamtenergie des Energiespeichermoduls durch diejenige Energiespeicherzelle bestimmt, deren Spannung im Lade- und Entladefall den oberen Spannungsschwellenwert bzw. den unteren Spannungsschwellenwert zuerst erreicht. Im Ladefall erreicht die Energiespeicherzelle mit der höchsten Energiespeicherzellenspannung zuerst den oberen Spannungsschwellenwert und limitiert somit aufgrund der Reihenschaltung die Ladung aller Energiespeicherzellen.

Eine jeweilige Energiespeicherzellenspannung setzt sich im belasteten Zustand, das heißt der Hauptreaktionsstrom der Energiespeicherzelle ist ungleich Null, aus einer jeweiligen Ruhespannung der Energiespeicherzelle und einer jeweiligen Polarisationsüberspannung der jeweiligen Energiespeicherzelle zusammen. Die Ruhespannung steht in einem direkten Zusammenhang mit einem Ladezustand der Energiespeicherzelle, der auf verschiedene bekannte Arten ermittelt werden kann und üblicherweise in Prozent mit Bezug auf die maximal nutzbare Gesamtladung angegeben wird. Die Polarisationsüberspannung ist maßgeblich von einer Energiespeicherzellenimpedanz und dem zur Aufladung verwendeten Ladestrom abhängig und addiert sich im Ladefall auf die Ruhespannung hinzu. Damit begrenzen diese Spannungsanteile ebenfalls das Laden einer Energiespeicherzelle. Im Entladefall reduziert die Polarisationsüberspannung die Ruhespannung der Energiespeicherzelle. Damit begrenzen diese Spannungsanteile ebenfalls das Entladen einer Energiespeicherzelle.

Um die maximal nutzbare Gesamtenergie des Energiespeichermoduls zu erhöhen, kann das Energiespeichermodul symmetriert werden. Dabei wird ein Energiespeichermodul üblicherweise als symmetrisch be-

trachtet, sobald der Ladezustand aller Energiespeicherzellen zu einem Zeitpunkt einer vollständigen Zyklisierung den identischen Wert aufweist. Dies wird nachfolgend als Erfüllen der Symmetriebedingung des Stands der Technik bezeichnet.

Bei der Symmetrierung nach dem Stand der Technik werden mittels einer entsprechenden Symmetriereinrichtung die Ladezustände der einzelnen Energiespeicherzellen durch ein Entladen einzelner Energiespeicherzellen mittels eines jeweiligen Widerstands, der parallel zu einer jeweiligen Energiespeicherzelle geschaltet ist, oder durch Ladungstransfer zwischen einzelnen Energiespeicherzellen, oder durch Ladungstransfer zwischen einzelnen Energiespeicherzellen und dem gesamten Energiespeichermodul, oder zwischen einzelnen Energiespeicherzellen und externen elektrischen Energiespeichern angeglichen.

In ersterem Falle erfolgt die Entladung der einzelnen Energiespeicherzellen ausgehend von einem Ruhezustand des Energiespeichermoduls, in dem die einzelnen Energiespeicherzellenspannungen relaxiert sind. Insbesondere wird bei der üblichen Symmetrierung eines Energiespeichermoduls jede der Energiespeicherzellen, mit Ausnahme der Energiespeicherzelle mit der geringsten Ruhespannung, so lange entladen, bis sie das Spannungsniveau der Energiespeicherzelle mit der geringsten Energiespeicherzellenspannung aufweist. Eine Berücksichtigung einer Impedanz einer Energiespeicherzelle erfolgt bei den üblichen Symmetrierungskonzepten nicht.

Zur Aufladung eines Energiespeichermoduls mit in Reihe geschalteten Lithium-Ionen-Energiespeicherzellen wird üblicherweise ein CCCV- (Constant Current Constant Voltage)-Ladeverfahren verwendet. Dieses CCCV-Ladeverfahren umfasst ein sequentielles Durchlaufen einer ersten CC-(Constant Current bzw. konstanter Strom)-Phase und einer anschließenden CV-(Constant Voltage bzw. konstante Spannung)-Phase. In der CC-Phase wird zunächst der Ladestrom konstant gehalten, bis

eine Energiespeicherzelle im Energiespeichermodul den oberen Spannungsschwellenwert erreicht. Anschließend erfolgt ein Umschalten auf die CV-Phase, in der der obere Spannungsschwellenwert gehalten wird und hierfür der Ladestrom exponentiell abklingt. Diese CV-Phase, und damit das gesamte Ladeverfahren, wird abgebrochen, sobald der Ladestrom einen Grenzwert unterschreitet.

Hinsichtlich der eingelagerten Ladungsmenge nach Beendigung des Aufladevorgangs in das Energiespeichermodul wird hierbei zwar ein Optimum erreicht. Jedoch erfolgt hierbei mit Ausnahme der Berücksichtigung der höchsten Energiespeicherzellenspannung, die das Aufladeverfahren limitiert, keine Optimierung der Spannungslagen der einzelnen Energiespeicherzellen. Außerdem wird eine Variation der Energiespeicherzellenimpedanz, welche unter anderem aus der Fertigungsstreuung der Energiespeicherzellen, den Alterungsmechanismen, dem Mischverbau gleicher Energiespeicherzellenchemien und dem Mischverbau unterschiedlicher Energiespeicherzellenchemien entstehen kann, nicht berücksichtigt.

In Fig. 1 ist ein zeitlicher Verlauf von Energiespeicherzellenspannungen $EZS1'$, $EZS2'$, ..., $EZS7'$ einer Serienschaltung von sieben Energiespeicherzellen unterschiedlicher Energiezellenimpedanz während eines CCCV-Ladeverfahrens und anschließender Relaxation veranschaulicht. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, weisen die Energiespeicherzellen, deren Energiespeicherzellenspannungen $EZS1'$, $EZS2'$, ..., $EZS7'$ in Abhängigkeit von der Zeit in Fig. 1 dargestellt sind, alle eine identische Kapazität auf. Wie aus Fig. 1 ersichtlich beschränkt die Energiespeicherzelle mit der Energiespeicherzellenspannung $EZS1'$, welche die höchste Energiespeicherzellenimpedanz aufweist, das Ladeverfahren für alle Energiespeicherzellen, die in der Serienschaltung angeordnet sind. Aus diesem Grund liegen die den Energiespeicherzellenspannungen $EZS2'$ bis $EZS7'$ zugeordneten Energiespeicherzellen bei Beendi-

- 5 -

gung des Ladeverfahrens zum Zeitpunkt t_1 nicht auf dem höchstmöglichen Spannungsniveau des oberen Spannungsschwellenwerts, welches lediglich die Energiespeicherzelle mit der in der Fig. 1 dargestellten Energiespeicherzellenspannung $EZS1'$ erreicht. Damit erreicht das Energiespeichermodul zum Abschluss der CCCV-Ladung nicht die maximale Energiespeichermodulspannung, welche durch die Summe der einzelnen Energiespeicherzellenspannungen erhalten wird. In Fig. 1 ist ferner die Relaxation der Energiespeicherzellenspannungen $EZS1'$ bis $EZS7'$ nach Abbruch der CCCV-Ladung dargestellt, welche sich mit zunehmender Zeit annähern und zum Zeitpunkt t_2 nahezu gleich sind. Dies verdeutlicht, dass für dieses Energiespeichermodul die Symmetriebedingung des Stands der Technik nach Abschluss des CCCV-Ladeverfahrens erfüllt ist.

Ein Energiespeichermodul, das eine Serienschaltung von Energiespeicherzellen aufweist, kann somit nicht die maximal mögliche Energiemenge einspeichern, da diese Energie als das Produkt aus Strom und Spannung über dem Zeitintegral definiert ist. Somit wird mittels der herkömmlichen Symmetrierung und dem herkömmlichen Ladeverfahren das Energiespeichermodul hinsichtlich einer Energieoptimierung nicht vollständig aufgeladen.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls bereitzustellen, mit denen das Energiespeichermodul in einen Zustand versetzt werden kann, in dem das Energiespeichermodul durch einen anschließenden herkömmlichen Ladevorgang derart aufladbar ist, dass in dem Energiespeichermodul eine höhere Energiemenge eingespeichert wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Patentansprüche 1 und 8 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst eine Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls, das mehrere in Reihe geschaltete Energiespeicherzellen aufweist, eine Schnittstelle, die dazu eingerichtet ist, mit einer Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls zu kommunizieren, wobei die Schnittstelle dazu eingerichtet ist, mit einer Spannungserfassungseinrichtung der Überwachungselektronik zu kommunizieren, um Informationen über eine jeweilige Energiespeicherzellenspannung von jeder der Energiespeicherzellen von der Spannungserfassungseinrichtung zu empfangen, und die Schnittstelle dazu eingerichtet ist, mit der Spannungserfassungseinrichtung und einer Stromerfassungseinrichtung der Überwachungselektronik zu kommunizieren, um Informationen über eine reguläre Beendigung einer Aufladung des Energiespeichermoduls zu empfangen. Die Vorrichtung umfasst ferner eine Ladungsermittlungseinrichtung, die dazu eingerichtet ist, nach Empfang der Informationen über die reguläre Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls, für jede Energiespeicherzelle eine relative elektrische Ladungsmenge auf der Grundlage der Informationen über eine jeweilige Energiespeicherzellenspannung von jeder der Energiespeicherzellen nach der regulären Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls und einer Kennlinie, die einen Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle in Abhängigkeit von einer Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle angibt, zu ermitteln, eine Symmetrierbedarfberechnungseinheit, die dazu eingerichtet ist, für jede Energiespeicherzelle mit Ausnahme der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde, einen jeweiligen relativen Symmetrierbedarf durch Bildung einer Differenz zwischen der relativen elektrischen Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle und der relativen elektrischen Ladungsmenge der

Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, zu ermitteln, und auf der Grundlage des jeweiligen relativen Symmetrierbedarfs und einer jeweiligen Kapazität von jeder der Energiespeicherzellen für jede Energiespeicherzelle mit Ausnahme der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, einen jeweiligen absoluten Symmetrierbedarf zu ermitteln, eine Entladeschaltung, die dazu eingerichtet ist, mit dem Energiespeichermodul derart verbunden zu werden, dass mittels der Entladeschaltung eine jeweilige Energiespeicherzelle separat entladbar ist, und eine Steuereinrichtung, die dazu eingerichtet ist, die Entladeschaltung derart anzusteuern, dass aus jeder Energiespeicherzelle mit Ausnahme der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde, der jeweilige ermittelte absolute Symmetrierbedarf entnommen wird.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann insbesondere dafür vorgesehen sein, nach Abschluss eines CCCV-Ladeverfahrens eines Energiespeichermoduls, den Symmetrierbedarf des Energiespeichermoduls zu berechnen, der dazu geeignet ist, den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzellen durch Parallelschalten von Symmetrierwiderständen so zu verändern, dass das Energiespeichermodul in eine energieoptimierte Symmetrie überführt wird. Eine energieoptimierte Symmetrie des Energiespeichermoduls entspricht einem Zustand, bei dem die Energiespeicherzellenspannungen der jeweiligen Energiespeicherzellen zum Ende eines CCCV-Ladeverfahrens alle den oberen Spannungsschwellenwert aufweisen. Dabei kann die Umsetzung des Symmetrierbedarfs zu jeder Zeit nach Abschluss der Berechnung und vor einer energieoptimierten CCCV-Ladung erfolgen. Aufgrund des Erreichens des oberen Spannungsschwellenwerts aller Energiespeicherzellen zum Abschluss des CCCV-Ladeverfahrens kann die Gesamtspannung des Energiespeichermoduls zum Abschluss des CCCV-Ladeverfahrens erhöht wer-

den. Bei anschließender Entladung der identischen Ladungsmenge im Vergleich zur Symmetriebedingung des Stands der Technik kann somit dem Energiespeichermodul eine erhöhte Energiemenge entnommen werden.

Insbesondere muss bei Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht wie bei den herkömmlichen Symmetrierverfahren abgewartet werden, bis die Energiespeicherzellenspannungen relaxiert sind, bevor der Symmetrierbedarf ermittelt werden kann.

Weiterhin werden durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Symmetrieren bei der Berechnung des absoluten Symmetrierbedarfs die individuellen Zellimpedanzen der Energiespeicherzellen, die aufgrund einer Fertigungssteuerung, unterschiedlichen Altersmechanismen, dem Mischverbau gleicher Energiespeicherzellenchemien und dem Mischverbau unterschiedlicher Energiespeicherzellenchemien für unterschiedliche Energiespeicherzellen des Energiespeichermoduls variieren können, berücksichtigt. Daher kann nach der entsprechenden Symmetrierung des Energiespeichermoduls und anschließender Aufladung eine höhere Energiemenge in dem Energiespeichermodul eingespeichert werden als bei der Verwendung der entsprechenden herkömmlichen Verfahren.

Außerdem erfolgt die Berechnung des Symmetrierbedarfs unter Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ohne Vorwissen über weitere Eigenschaften der Energiespeicherzelle oder hinterlegtem Zellmodell und benötigt keinen Zugriff auf volatile Schätzgrößen des Energiespeicherzellenzustands wie etwa dem Ladezustand.

Des Weiteren ist es zur Berechnung des jeweiligen absoluten Symmetrierbedarfs nicht erforderlich, einen Ruhezustand des Energiespeichermoduls abzuwarten. Vielmehr kann die Berechnung sowohl des jeweiligen relativen als auch des absoluten Symmetrierbedarfs direkt nach der Beendigung des Aufladevorgangs des Energiespeichermoduls

erfolgen. Somit müssen im Vergleich zu der Verwendung von herkömmlichen Vorrichtungen zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls bzw. herkömmlichen Symmetrierverfahren keine Relaxationsphasen abgewartet werden.

Die Ladungsermittlungseinrichtung kann dazu eingerichtet sein, als jeweilige relative elektrische Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle denjenigen Wert des Ladezustands, der in der Kennlinie der jeweiligen Energiespeicherzellenspannung zugeordnet ist, festzulegen, und den jeweiligen absoluten Symmetrierbedarf durch Multiplikation des jeweiligen ermittelten relativen Symmetrierbedarfs mit der jeweiligen Kapazität zu ermitteln.

Die jeweilige ermittelte relative elektrische Ladungsmenge, die beispielsweise in Prozent angegeben wird, entspricht somit einem fiktionalen Ladezustand, welchen die jeweilige Energiespeicherzelle aufweisen würde, wenn ihre Ruhespannung gleich der im belasteten Zustand gemessenen bzw. erfassten Energiespeicherzellenspannung, die die Summe aus der Ruhespannung und der dynamischen Spannung bzw. Polarisationsüberspannung ist, wäre. Dabei kann der jeweilige relative Symmetrierbedarf, der ebenfalls in Prozent angegeben wird, ermittelt werden, indem zunächst die Energiespeicherzelle ermittelt wird, die die geringste relative Ladungsmenge aufweist, und dann für jede Energiespeicherzelle mit Ausnahme der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, die Differenz zwischen der jeweiligen ermittelten relativen elektrischen Ladungsmenge und der relativen elektrischen Ladungsmenge der Energiespeicherzelle, die die geringste relative Ladungsmenge aufweist, gebildet wird. Anschließend kann der absolute Symmetrierbedarf jeder Energiespeicherzelle durch Multiplikation der jeweiligen gebildeten Differenz mit einer vorgegebenen elektrischen Kapazität der jeweiligen Energiespeicherzelle ermittelt werden.

Die Schnittstelle ist bevorzugt dazu eingerichtet, mit einer Befindlichkeitszustand-Ermittlungseinrichtung der Überwachungselektronik zu kommunizieren, um Informationen über einen jeweiligen Befindlichkeitszustand einer jeweiligen Energiespeicherzelle von der Befindlichkeitszustand-Ermittlungseinrichtung zu empfangen, wobei die Symmetrierbedarfberechnungseinheit dazu eingerichtet ist, die Kapazität einer jeweiligen Energiespeicherzelle auf der Grundlage der Informationen über den Befindlichkeitszustand der jeweiligen Energiespeicherzelle und einer Nennkapazität der jeweiligen Energiespeicherzelle zu berechnen.

Die Befindlichkeitszustand-Ermittlungseinrichtung kann beispielsweise einen jeweiligen Alterungszustand (engl.: „State of Health“) der Energiespeicherzelle, welcher ebenfalls in Prozent angegeben werden kann, als den jeweiligen Befindlichkeitszustand ermitteln und die Informationen über den jeweiligen Alterungszustand an die Vorrichtung zur Symmetrierung des Energiespeichermoduls senden. Die Symmetrierbedarfberechnungseinheit kann dann die aktuelle Kapazität der jeweiligen Energiespeicherzelle durch Multiplikation des jeweiligen Alterungszustands mit einer vorgegebenen Nennkapazität der jeweiligen Energiespeicherzelle berechnen.

Die Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls kann ferner eine Speichereinrichtung umfassen, in der die Kennlinie, die den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle angibt, gespeichert ist.

Dabei sind bevorzugt in der Speichereinrichtung mehrere unterschiedliche Kennlinien, die jeweils den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle angeben, für unterschiedliche Befindlichkeitszustände der jeweiligen Energiespeicherzelle, gespeichert, wobei die Ladungsermittlungseinrichtung dazu eingerichtet ist, die jeweilige relative

elektrische Ladungsmenge auf der Grundlage der Informationen über die jeweilige Energiespeicherzellenspannung von jeder der Energiespeicherzellen nach der regulären Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls und derjenigen Kennlinie, die dem jeweiligen Befindlichkeitszustand entspricht, zu ermitteln.

Bevorzugt weist bei der Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls die Entladeschaltung mehrere Widerstände und mehrere Schalter auf und ist dazu eingerichtet, mit dem Energiespeichermodul derart verbunden zu werden, dass ein jeweiliger Widerstand und ein jeweiliger Schalter, die in Reihe geschaltet sind, parallel zu einer jeweiligen Energiespeicherzelle geschaltet sind, wobei die Vorrichtung ferner eine Berechnungseinheit aufweist, die dazu eingerichtet ist, für eine jeweilige Energiespeicherzelle auf der Grundlage des jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarfs eine jeweilige Schalterschließdauer zu berechnen, die erforderlich ist, um bei geschlossenem Schalter den jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarf aus der jeweiligen Energiespeicherzelle zu entnehmen, und die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, die jeweiligen Schalter entsprechend der berechneten Schalterschließdauer anzusteuern. Dabei kann die Berechnung der Schalterschließdauer insbesondere auf der Grundlage des jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarfs, der jeweiligen Energiespeicherzellenspannung sowie einer Impedanz des jeweiligen Widerstands erfolgen.

Ein Kraftfahrzeug, insbesondere Elektrofahrzeug oder Hybridfahrzeug gemäß einer Ausführungsform umfasst ein Energiespeichermodul, das mehrere in Reihe geschaltete Energiespeicherzellen und eine Überwachungselektronik aufweist, und eine vorstehend beschriebene Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls.

Gemäß einer Ausführungsform umfasst ein Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls, das mehrere in Reihe geschal-

tete Energiespeicherzellen aufweist, ein Erfassen einer jeweiligen Energiespeicherzellenspannung von jeder der Energiespeicherzellen, ein Erfassen einer jeweiligen Kapazität von jeder der Energiespeicherzellen, ein Ermitteln einer regulären Beendigung einer Aufladung des Energiespeichermoduls, ein Ermitteln einer jeweiligen relativen elektrischen Ladungsmenge für jede Energiespeicherzelle auf der Grundlage der erfassten jeweiligen Energiespeicherzellenspannungen von jeder der Energiespeicherzellen nach der regulären Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls und einer Kennlinie, die einen Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle in Abhängigkeit von einer Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle angibt, ein Ermitteln eines jeweiligen relativen Symmetrierbedarfs durch Bildung einer Differenz zwischen der relativen elektrischen Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle und der relativen elektrischen Ladungsmenge der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, für jede Energiespeicherzelle mit Ausnahme der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, ein Ermitteln eines jeweiligen absoluten Symmetrierbedarfs auf der Grundlage des jeweiligen relativen Symmetrierbedarfs und der jeweiligen Kapazität von jeder der Energiespeicherzellen für jede Energiespeicherzelle mit Ausnahme der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, und ein Entladen des Energiespeichermoduls derart, dass aus jeder Energiespeicherzelle mit Ausnahme der Energiespeicherzelle, für die die geringste elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, der jeweilige ermittelte absolute Symmetrierbedarf entnommen wird.

Bevorzugt wird als jeweilige relative Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle derjenige Wert des Ladezustands, der in der Kennlinie der jeweiligen Energiespeicherzellenspannung zugeordnet ist, festgelegt, wobei der jeweilige absolute Symmetrierbedarf durch Multi-

plikation des jeweiligen ermittelten relativen Symmetrierbedarfs mit der jeweiligen Kapazität ermittelt wird.

Das Verfahren kann ferner ein Erfassen eines jeweiligen Befindlichkeitszustands einer jeweiligen Energiespeicherzelle, und ein Berechnen der Kapazität einer jeweiligen Energiespeicherzelle auf der Grundlage des jeweiligen Befindlichkeitszustands der jeweiligen Energiespeicherzelle und einer Nennkapazität der jeweiligen Energiespeicherzelle umfassen.

Weiterhin kann das Verfahren ein Aufnehmen der Kennlinie, die den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle angibt, und ein Abspeichern der aufgenommenen Kennlinie in der Speichereinrichtung umfassen.

Gemäß einer Ausführungsform werden in der Speichereinrichtung mehrere unterschiedliche Kennlinien, die jeweils den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle angeben, für unterschiedliche Befindlichkeitszustände der jeweiligen Energiespeicherzelle gespeichert, wobei die jeweilige relative elektrische Ladungsmenge auf der Grundlage der jeweiligen Energiespeicherzellenspannung von jeder der Energiespeicherzellen nach der regulären Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls und derjenigen Kennlinie, die dem jeweiligen Befindlichkeitszustand entspricht ist, ermittelt wird.

Bevorzugt umfasst das Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls ferner ein Bereitstellen einer Entladeschaltung, welche mehrere Widerstände und mehrere Schalter aufweist, ein Verbinden der Entladeschaltung mit dem Energiespeichermodul derart, dass ein jeweiliger Widerstand und ein jeweiliger Schalter, die in Reihe geschaltet sind, parallel zu einer jeweiligen Energiespeicherzelle geschaltet sind, ein Berechnen, für eine jeweilige Energiespeicherzelle auf der

Grundlage des jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarfs, einer jeweiligen Schalterschließdauer, die erforderlich ist, um bei geschlossenem Schalter den jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarf aus der jeweiligen Energiespeicherzelle zu entnehmen, und ein Ansteuern der jeweiligen Schalter, entsprechend der berechneten Schalterschließdauer.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren beispielhaft erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen zeitlichen Verlauf von Spannungen von jeweiligen Energiespeicherzellen eines Energiespeichermoduls, das mittels eines herkömmlichen Symmetrierverfahrens symmetriert wurde, während eines Ladevorgangs und anschließender Relaxation,

Fig. 2 schematisch einen Aufbau eines Energiespeichermoduls, welches mit einer erfindungsgemäßen Symmetriereinrichtung symmetriert werden kann,

Fig. 3 schematisch einen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Symmetrierung zusammen mit dem in Fig. 2 gezeigten Energiespeichermodul,

Fig. 4 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls,

Fig. 5 einen zeitlichen Verlauf eines Ladezustands von jeweiligen Energiespeicherzellen eines Energiespeichermoduls, die unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Symmetrierung des Energiespeichermoduls dissipativ symmetriert wurden, und

Fig. 6 einen zeitlichen Verlauf von Spannungen von jeweiligen Energiespeicherzellen eines Energiespeichermoduls während eines Ladevorgangs und anschließender Relaxation, nach Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Symmetrierung des Energiespeichermoduls.

Fig. 2 zeigt schematisch einen Aufbau eines Energiespeichermoduls 100, welches zur Zuführung von elektrischer Energie zu einer elektrischen Senke verwendet werden kann und welches mit einer erfindungsgemäßen Symmetriereinrichtung symmetriert werden kann. Das Energiespeichermodul 100, welches als Hochvoltpeicher ausgebildet sein kann, der dazu eingerichtet ist, eine elektrische Energie für den Antrieb eines elektrischen Antriebsmotors eines Elektro- oder Hybridfahrzeugs zu speichern, weist einen elektrischen Pluspol 101 und einen elektrischen Minuspol 102 auf, um die gespeicherte elektrische Energie der elektrischen Senke wie etwa dem elektrischen Antriebsmotor für dessen Antrieb zur Verfügung zu stellen. Weiterhin weist das Energiespeichermodul 100 mehrere Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn auf, die in Serie bzw. Reihe geschaltet sind. Die Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn sind bevorzugt als Akkumulatorzellen, beispielsweise als Lithium-Ionen-Akkumulatorzellen ausgebildet.

Eine nicht gezeigte Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls 100, die mit dem Energiespeichermodul 100 verbunden ist, weist eine Spannungserfassungseinrichtung auf, die dazu eingerichtet ist, eine jeweilige Energiespeicherzellenspannung von jeder der Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn separat und kontinuierlich zu erfassen.

Zur Aufladung des Energiespeichermoduls 100 wird ein nicht gezeigter Laderegler, der einen Anschluss zur Zuführung von elektrischer Energie aufweist, die zur Aufladung des Energiespeichermoduls 100 verwendet wird, verbunden. Der Laderegler ist dazu eingerichtet, den Aufladevorgang des Energiespeichermoduls 100 zu regeln.

Bei der Aufladung können insbesondere entsprechende nicht gezeigte Anschlüsse des Ladereglers mit dem elektrischen Pluspol 101 und dem elektrischen Minuspol 102 des Energiespeichermoduls 100 oder anderen Anschlüssen des Energiespeichermoduls, die eigens für den La-

devorgang vorgesehen sind, verbunden werden. Dabei wird der Ladestrom mittels einer nicht gezeigten Strommesseinrichtung des Ladereglers gemessen und mittels einer nicht gezeigten Stromregeleinrichtung unter Verwendung eines CCCV-Ladeverfahrens geregelt. Des Weiteren wird bei dem CCCV-Aufladevorgang in der CC-Phase der Ladestrom mittels einer nicht gezeigten Ladestromregeleinrichtung auf dem maximal zulässigen Wert gehalten, bis eine Energiespeicherzelle im Energiespeichermodul den oberen Spannungsschwellenwert erreicht. Anschließend erfolgt ein Umschalten auf die CV-Phase bei der der obere Spannungsschwellenwert der Energiespeicherzelle gehalten wird und hierfür der Ladestrom mittels einer nicht gezeigten Ladestromregeleinrichtung reduziert wird. Diese Phase, und damit das gesamte Ladeverfahren, wird abgebrochen sobald der abklingende Ladestrom einen Grenzwert unterschreitet.

Die Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls 100 weist zusätzlich zu der Spannungserfassungseinrichtung eine Stromerfassungseinrichtung auf, die dazu eingerichtet sind, einen Vollladezustand des Energiespeichermoduls 100 zu erfassen und einen Aufladevorgang des Ladereglers zu beenden.

Des Weiteren weist die Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls 100 eine Befindlichkeitszustand-(State-of-Health)-Ermittlungseinrichtung auf, welche auf der Grundlage von unterschiedlichen Betriebsdaten der einzelnen Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn, die ebenfalls von der Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls 100 überwacht werden, einen dimensionslosen Befindlichkeitszustand-(State-of-Health)-Wert ermittelt, welcher in Prozent angegeben wird und ein Verhältnis eines aktuellen Befindlichkeitszustands der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn zu einem idealen Befindlichkeitszustand angibt. Dabei kann der Befindlichkeitszustand-Wert insbesondere ein Verhältnis der aktuellen Kapazität der Energie-

speicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn zu einer idealen Kapazität bzw. Nennkapazität angeben. Unter Verwendung des idealen Kapazitätswerts kann daher die aktuelle Kapazität von jeder der Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn ermittelt werden.

Fig. 3 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung 300 zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls, die mit dem in Fig. 2 veranschaulichten Energiespeichermodul 100 verbunden ist.

Die Vorrichtung 300 weist ein Gehäuse 310 mit einer Schnittstelle 301, die dazu eingerichtet ist, über eine nicht gezeigte elektrische Leitung oder drahtlos mit der Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls 100 zu kommunizieren, eine Speichereinrichtung 302, eine Entladeschaltung 304 und eine Steuereinheit 307 auf, welche mit der Schnittstelle 301, der Speichereinrichtung 302 und der Entladeschaltung 304 über jeweilige in der Figur veranschaulichte elektrische Leitungen zur Kommunikation verbunden ist.

Die Schnittstelle 301 ist dazu eingerichtet, Informationen über eine jeweilige Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn von jeder der Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn separat von der Spannungserfassungseinrichtung der Überwachungselektronik zu empfangen. Des Weiteren ist die Schnittstelle 301 dazu eingerichtet, Informationen über eine Beendigung einer Aufladung des Energiespeichermoduls 100 von der Spannungserfassungseinrichtung und der Stromerfassungseinrichtung der Überwachungselektronik zu empfangen. Die Informationen über die Beendigung der Aufladung beinhalten insbesondere eine Information darüber, ob während der Aufladung mittels des CCCV-Verfahrens in der CV-Phase der abklingende Ladestrom den Grenzwert unterschritten hat und somit die Aufladung regulär beendet wurde oder nicht.

Ferner ist die Schnittstelle 301 dazu eingerichtet, Informationen über den Befindlichkeitszustand des Energiespeichermoduls 100 von der

Befindlichkeitszustand-Ermittlungseinrichtung der Überwachungselektronik zu empfangen.

Die Speichereinrichtung 302 ist dazu eingerichtet, eine Kennlinie, die einen Ladezustand einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn in Abhängigkeit von einer Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn angibt, abzuspeichern.

Die Entladeschaltung 304 weist mehrere Anschlüsse 305-1, 305-2, ..., 305-n, die in dem Gehäuse 310 vorgesehen sind, mehrere Widerstände R1, R2, ..., Rn, mehrere Schalter SC1, SC2, ..., SCn und mehrere elektrische Leitungen 306-1, 306-2, ..., 306-n auf, die jeweils einen jeweiligen Schalter SC1, SC2, ..., SCn und einen jeweiligen Anschluss 305-1, 305-2, ..., 305-n verbinden. Die Entladeschaltung 304 ist derart eingerichtet, dass sie derart mit dem Energiespeichermodul 100 verbindbar ist, dass jeweils ein Widerstand R1, R2, ..., Rn und ein Schalter SC1, SC2, ..., SCn, die in Reihe geschaltet sind, parallel zu jeder Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn geschaltet sind.

Bei einer nicht gezeigten Ausführungsform kann die Entladeschaltung 304 statt der mehreren Anschlüsse 305-1, 305-2, ..., 305-n auch lediglich einen Anschluss aufweisen, mit dem die mehreren Schalter SC1, SC2, ..., SCn derart verbunden sind, dass sie jeweils separat ansteuerbar sind.

Die Steuereinheit 307 weist eine nicht gezeigte Ladungsermittlungseinrichtung auf, die dazu eingerichtet ist, einen jeweiligen absoluten Symmetrierbedarf für jede der Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn zu ermitteln, welcher dazu geeignet ist, bei erfolgreicher Umsetzung der entsprechenden Symmetrierung, das Energiespeichermodul 100 in einen energieoptimierten Symmetriezustand zu versetzen. Diese Ermittlung erfolgt nachdem die Steuereinheit 307 über die Schnittstelle 301 von der Spannungserfassungseinrichtung und der Stromerfassungseinrichtung der Überwachungselektronik die entsprechenden In-

formationen erhalten hat, dass der Aufladevorgang regulär beendet wurde und sofern eine Variation der Energiespeicherzellenspannungen EZS1, EZS2, ..., EZSn zum Zeitpunkt des Abbruchs des CCCV-Ladevorgangs einen vorgegebenen Wert überschreitet, so dass eine Symmetrierung mit dem Ziel des Erreichens einer energieoptimierten Symmetrie erforderlich ist.

Insbesondere ermittelt die Ladungsermittlungseinrichtung auf der Grundlage der zugeführten Informationen über eine jeweilige Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn von jeder der Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn und der Kennlinie, die einen Ladezustand einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn in Abhängigkeit von einer Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn angibt und die in der Speichereinrichtung 302 vorab gespeichert wurde, eine relative elektrische Ladungsmenge für jede Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn.

Genauer gesagt ermittelt die Ladungsermittlungseinrichtung die relative elektrische Ladungsmenge für jede Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, indem sie statt einer jeweiligen Ruhespannung die jeweilige, nach Abschluss des Aufladevorgangs gemessene Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn, welche sich aus der Ruhespannung und einer dynamischen Spannung zusammensetzt, als Parameter in die jeweilige Kennlinie, die den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn angibt, einsetzt, und den entsprechenden Rückgabewert aus dieser Kennlinie, das heißt einen fiktiven Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn als die relative elektrische Ladungsmenge festlegt.

Mit anderen Worten entspricht die relative elektrische Ladungsmenge, die dimensionslos ist und in Prozent angegeben wird, einem Ladezustand, den eine Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn aufweisen

würde, wenn ihre Ruhespannung gleich der nach Abschluss des Aufladevorgangs gemessenen Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn wäre.

Um die Genauigkeit der Ermittlung der relativen elektrischen Ladungsmenge zu verbessern, werden bevorzugt unterschiedliche Kennlinien, die jeweils einen Ladezustand einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn in Abhängigkeit von einer Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn angeben, für unterschiedliche Alterungs- bzw. Befindlichkeitszustände in der Speichereinrichtung 302 gespeichert. In diesem Fall ist die Ladungsermittlungseinrichtung dazu eingerichtet, die Informationen über den Befindlichkeitszustand von der Befindlichkeitszustand-Ermittlungseinrichtung bzw. über die jeweilige Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn von der Spannungserfassungseinrichtung zu empfangen, und die jeweilige relative elektrische Ladungsmenge als denjenigen Wert festzulegen, der in der jeweiligen, dem entsprechenden Befindlichkeitszustand zugeordneten Kennlinie dem Ladezustand entspricht, welcher der Ruhespannung entspricht, die gleich der nach Abschluss des Aufladevorgangs gemessenen Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn ist.

Die Steuereinheit 307 weist ferner eine Symmetrierbedarfberechnungseinheit auf, die dazu eingerichtet, für jede Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn mit Ausnahme der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde, das heißt der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn mit der geringsten Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn, einen relativen Symmetrierbedarf durch Bildung einer Differenz zwischen der relativen elektrischen Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn und der relativen elektrischen Ladungsmenge der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, zu ermitteln.

Da die jeweiligen relativen elektrischen Ladungsmengen der jeweiligen Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn in Prozent angegeben sind, wird auch der jeweilige relative Symmetrierbedarf, der durch die Differenz zwischen zwei relativen elektrischen Ladungsmengen definiert ist, in Prozent angegeben.

Wenn beispielsweise die relative elektrische Ladungsmenge einer ersten der Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn 98 % beträgt, und die relative elektrische Ladungsmenge der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde, 95 % beträgt, so beträgt der relative Symmetrierbedarf der ersten Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn 3 %.

Die Symmetrierbedarfberechnungseinheit ist ferner dazu eingerichtet, unter Verwendung der jeweiligen aktuellen Energiespeicherzellenkapazität, die von der Ladungsermittlungseinrichtung auf der Grundlage des Befindlichkeitszustand-Werts, der von der Befindlichkeitszustand-Ermittlungseinrichtung der Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls 100 an die Schnittstelle 301 übermittelt wurde, und einem Idealwert der Kapazität bzw. einer Nennkapazität einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, der bzw. die beispielweise in der Speichereinrichtung 302 gespeichert ist, ermittelt wurde, sowie dem jeweiligen relativen Symmetrierbedarf für jede der Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn mit Ausnahme der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde, einen absoluten Symmetrierbedarf, das heißt eine elektrische Ladungsmenge, die diesen Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn entnommen werden muss, damit sämtliche Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn den Zustand der energieoptimierten Symmetrie erreichen und damit sämtliche Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn den oberen Spannungsschwellenwert zum Zeitpunkt des Abbruchs der nachfolgenden CCCV-Ladung erreichen, zu ermitteln.

Die Berechnung des jeweiligen absoluten Symmetrierbedarfs erfolgt insbesondere dadurch, dass der jeweilige relative Symmetrierbedarf, in dem oberen Beispiel 3 %, also 0,03, mit der jeweiligen Nennkapazität der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn und mit dem Befindlichkeitszustand-Wert, beispielsweise dem State-of-Health-(SOH)-Wert, multipliziert wird. Falls die Nennkapazität in der Einheit Ah angegeben ist, muss dieser Wert gegebenenfalls noch mit 3600 multipliziert werden, um einen jeweiligen absoluten Symmetrierbedarf in der Einheit As zu erhalten.

Nach Abschluss der Ermittlung des jeweiligen absoluten Symmetrierbedarfs für die jeweiligen Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn werden diese in der Speichereinrichtung 302 für eine nachfolgende Symmetrierung des Energiespeichermoduls 100 gespeichert.

Zur Symmetrierung des Energiespeichermoduls 100 ist eine Steuereinrichtung der Steuereinheit 307 ferner dazu eingerichtet, die Entladeschaltung 304 derart anzusteuern, dass aus jeder Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn mit Ausnahme der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde, der jeweilige ermittelte absolute Symmetrierbedarf entnommen wird.

Insbesondere kann die Steuereinheit 307 eine Berechnungseinheit aufweisen, die dazu eingerichtet ist, für eine jeweilige Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn auf der Grundlage des jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarfs und weiterer Parameter, wie etwa dem Widerstandswert des jeweiligen Widerstands R1, ..., Rn sowie der Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn, eine jeweilige Schalter-schließdauer zu berechnen, die erforderlich ist, um bei geschlossenem Schalter SC1, SC2, ..., SCn den jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarf aus der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn zu entnehmen. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung dazu einge-

richtet sein, die jeweiligen Schalter SC1, SC2, ..., SCn entsprechend der berechneten Schalterschließdauer anzusteuern, so dass der jeweilige Schalter SC1, SC2, ..., SCn lediglich in einem Zeitraum, der gleich der berechneten Schalterschließdauer ist, geschlossen ist, um die Entladung der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ... EZn zu bewirken.

Die Ermittlung bzw. Berechnung des jeweiligen absoluten Symmetrierbedarfs, welche die Bildung der Differenz zwischen der relativen elektrischen Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn und der relativen elektrischen Ladungsmenge der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, für die die geringste elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, umfasst, und der der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn entnommen werden muss, um das Energiespeichermodul 100 zu symmetrieren, erfolgt insbesondere ausschließlich anhand von direkten Messgrößen, das heißt, ein Zugriff auf fehlerbehaftete Schätzgrößen, wie zum Beispiel dem Ladezustand einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, ist nicht erforderlich.

Des Weiteren ist es zur Berechnung des jeweiligen absoluten Symmetrierbedarfs nicht erforderlich, einen Ruhezustand des Energiespeichermoduls 100 abzuwarten. Vielmehr kann die Berechnung sowohl des jeweiligen relativen als auch des absoluten Symmetrierbedarfs direkt nach der Beendigung des Aufladevorgangs des Energiespeichermoduls 100 erfolgen. Somit müssen im Vergleich zu der Verwendung von herkömmlichen Vorrichtungen zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls bzw. herkömmlichen Symmetrierverfahren keine Relaxationsphasen abgewartet werden.

Nachdem die Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn des Energiespeichermoduls 100 unter Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung 300 zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls derart symmetriert wurden, kann das Energiespeichermodul 100 unter Ver-

wendung des Ladereglers auf herkömmliche Weise durch einen CCCV-Ladevorgang geladen werden.

Mit Bezug auf Fig. 4 wird nachfolgend ein Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls 100 beschrieben werden.

Das Verfahren kann beispielsweise unter Verwendung des vorstehend beschriebenen Energiespeichermoduls 100, der Vorrichtung 300 zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls und der Überwachungselektronik für das Energiespeichermodul 100 erfolgen, welche wie vorstehend erläutert miteinander in Verbindung, insbesondere Kommunikationsverbindung stehen.

In Schritt S1 werden beispielsweise mittels der Überwachungselektronik die jeweiligen Energiespeicherzellenspannungen EZS1, EZS2, ..., EZSn aller Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn während eines CCCV-Ladeverfahrens kontinuierlich erfasst bzw. gemessen.

Gleichzeitig wird ermittelt, ob der Ladevorgang regulär beendet wurde. Falls ermittelt wird, dass der Ladevorgang nicht regulär beendet wurde (NEIN in Schritt S2), wird die Messung in Schritt S3 verworfen. Falls hingegen ermittelt wird, dass der Ladevorgang regulär beendet wurde (JA in Schritt S2), geht der Ablauf weiter zu Schritt S4.

In Schritt S4 wird beispielsweise unter Verwendung der Ladungsermittlungseinrichtung der Vorrichtung 300 eine relative elektrische Ladungsmenge für jede Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn aus der jeweiligen Energiespeicherzellenspannung EZS1, EZS2, ..., EZSn und der Ruhespannungskennlinie, das heißt der Kennlinie, die einen Ladezustand einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn in Abhängigkeit von einer Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn angibt, wie vorstehend beschrieben berechnet.

Danach wird in Schritt S5 für jede Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn mit Ausnahme der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde,

beispielsweise unter Verwendung der Symmetrierbedarfberechnungseinheit, ein relativer Symmetrierbedarf durch Bildung einer Differenz zwischen der relativen elektrischen Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn und der relativen elektrischen Ladungsmenge der Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde, ermittelt.

In Schritt S6 wird dann für jede Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn mit Ausnahme der Energiespeicherzelle, für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge berechnet wurde, basierend auf einer jeweiligen aktuellen Energiespeicherzellenkapazität und des jeweiligen relativen Symmetrierbedarfs ein absoluter Symmetrierbedarf, das heißt eine elektrische Ladungsmenge, die diesen Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn entnommen werden muss, damit diese Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn den Zustand der energieoptimierten Symmetrie erreichen und damit sämtliche Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn den oberen Spannungsschwellenwert zum Zeitpunkt des Abbruchs bzw. einer regulären Beendigung eines nachfolgenden CCCV-Ladevorgangs erreichen, wie oben beschrieben ermittelt.

Nach Abschluss der Ermittlung des jeweiligen absoluten Symmetrierbedarfs wird das Ermittlungsergebnis in Schritt S7 zur Verwendung bei einer nachfolgenden Symmetrierung abgespeichert.

Bei der anschließenden Symmetrierung wird in Schritt S8 das Energiespeichermodul 100 beispielsweise unter Verwendung der vorstehend beschriebenen Entladeschaltung 304 derart symmetriert, dass einer jeweiligen Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn der jeweilige ermittelte absolute Symmetrierbedarf entnommen wird.

Fig. 5 veranschaulicht den zeitlichen Verlauf des Ladezustands von sieben Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZ7 eines Energiespeichermoduls 100, die in Serie geschaltet sind und unter Verwendung des

erfindungsgemäßen Verfahrens zur Symmetrierung des Energiespeichermoduls bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung 300 zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls dissipativ symmetriert wurden. Wie aus der Fig. 5 ersichtlich ist der Ladezustand einer jeweiligen Energiespeicherzelle im zeitlichen Verlauf nahezu konstant, wobei die Ladezustände der einzelnen Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZ7 im Bereich von etwa 83,4 % bis etwa 87,3 % liegen und somit eine große Streuung aufweisen. Würde hingegen das Energiespeichermodul vor dem Ladevorgang mit einem herkömmlichen Symmetrierverfahren symmetriert, so würden die jeweiligen Ladezustände und somit auch die Energiespeicherzellenspannungen, obwohl diese direkt nach dem Ladevorgang aufgrund der Beschränkung der Ladung durch die Zelle mit der höchsten Zellimpedanz deutlich unterschiedlich sind, im relaxierten Zustand nahezu gleich sein.

Durch die erfindungsgemäße Symmetrierung und den anschließenden Aufladevorgang ist zwar die Ladungsmenge, die den einzelnen Energiespeicherzellen entnommen werden kann, dieselbe wie wenn das Energiespeichermodul durch das herkömmliche Symmetrierverfahren symmetriert und danach aufgeladen worden wäre. Jedoch ist der Mittelwert des Ladezustands der Energiespeicherzellen höher, so dass eine größere Energiemenge entnommen werden kann.

Fig. 6 veranschaulicht einen zeitlichen Verlauf von Energiespeicherzellenspannungen EZS1, EZS2, ..., EZS7 von jeweiligen Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZ7 eines Energiespeichermoduls 100 während eines CCCV-Ladevorgangs und anschließender Relaxation, nach Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Symmetrierung des Energiespeichermoduls. Wie aus Fig. 6 ersichtlich, weisen zum Zeitpunkt t_1 am Ende des Ladevorgangs alle Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZ7 nahezu die identische Spannung auf, welche dem oberen Spannungsschwellenwert entspricht. Im Unterschied zu der Aufladung

im Anschluss an ein herkömmliches Symmetrierverfahren begrenzt nun die Energiespeicherzelle EZ1, EZ2, ..., EZn mit der höchsten Impedanz nicht mehr für alle weiteren Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn im seriellen Strang das Erreichen des höchstmöglichen Spannungsniveaus. Wie aus Fig. 6 ersichtlich relaxieren nach Abschalten der CCCV-Ladung zum Zeitpunkt t_1 die Energiespeicherzellenspannungen EZS1, EZS2, ..., EZS7 auf unterschiedlichen Spannungsniveaus, welche die Abweichung der erfindungsgemäßen Symmetrierung zur Symmetrierbedingung des Stands der Technik widerspiegeln. Diese Ruhespannungen der Energiespeicherzellen EZ1, EZ2, ..., EZn zum Zeitpunkt t_2 nach erfindungsgemäßer Symmetrierung sind dabei höher als nach einer vergleichbaren CCCV-Ladung eines konventionell symmetrierten Energiespeichermoduls. Der Zustand des Energiespeichermoduls 100 zum Zeitpunkt t_2 erlaubt dadurch eine nachfolgende Entnahme der maximal möglichen Energiemenge.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (300) zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100), das mehrere in Reihe geschaltete Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) aufweist, umfassend

eine Schnittstelle (301), die dazu eingerichtet ist, mit einer Überwachungselektronik des Energiespeichermoduls (100) zu kommunizieren, wobei

die Schnittstelle (301) dazu eingerichtet ist, mit einer Spannungserfassungseinrichtung der Überwachungselektronik zu kommunizieren, um Informationen über eine jeweilige Energiespeicherzellenspannung (EZS1, EZS2, ..., EZSn) von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) von der Spannungserfassungseinrichtung zu empfangen, und

die Schnittstelle (301) dazu eingerichtet ist, mit der Spannungserfassungseinrichtung und einer Stromerfassungseinrichtung der Überwachungselektronik zu kommunizieren, um Informationen über eine reguläre Beendigung einer Aufladung des Energiespeichermoduls (300) zu empfangen, wobei die Vorrichtung (300) ferner umfasst:

eine Ladungsermittlungseinrichtung (307), die dazu eingerichtet ist, nach Empfang der Informationen über die reguläre Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls (100), für jede Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) eine relative elektrische Ladungsmenge auf der Grundlage der Informationen über eine jeweilige Energiespeicherzellenspannung (EZS1, EZS2, ..., EZSn) von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) nach der regulären Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls (100) und einer Kennlinie, die einen Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) in Abhängigkeit von einer Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) angibt, zu ermitteln,

eine Symmetrierbedarfberechnungseinheit, die dazu eingerichtet ist, für jede Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) mit Ausnahme der Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, einen jeweiligen relativen Symmetrierbedarf durch Bildung einer Differenz zwischen der relativen elektrischen Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) und der relativen elektrischen Ladungsmenge der Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, zu ermitteln, und auf der Grundlage des jeweiligen relativen Symmetrierbedarfs und einer jeweiligen Kapazität von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) für jede Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) mit Ausnahme der Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, einen jeweiligen absoluten Symmetrierbedarf zu ermitteln,

eine Entladeschaltung (304), die dazu eingerichtet ist, mit dem Energiespeichermodul (100) derart verbunden zu werden, dass mittels der Entladeschaltung eine jeweilige Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) separat entladbar ist, und

eine Steuereinrichtung (307) die dazu eingerichtet ist, die Entladeschaltung (304) derart anzusteuern, dass aus jeder Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) mit Ausnahme der Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, der jeweilige ermittelte absolute Symmetrierbedarf entnommen wird.

2. Vorrichtung (300) zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß Anspruch 1, wobei die Ladungsermittlungseinrichtung (307) dazu eingerichtet ist, als jeweilige relative Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) denjenigen

Wert des Ladezustands, der in der Kennlinie der jeweiligen Energiespeicherzellenspannung (EZS1, EZS2, ..., EZSn) zugeordnet ist, festzulegen, und den jeweiligen absoluten Symmetrierbedarf durch Multiplikation des jeweiligen ermittelten relativen Symmetrierbedarfs mit der jeweiligen Kapazität zu ermitteln.

3. Vorrichtung (300) zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Schnittstelle (301) dazu eingerichtet ist, mit einer Befindlichkeitszustand-Ermittlungseinrichtung der Überwachungselektronik zu kommunizieren, um Informationen über einen jeweiligen Befindlichkeitszustand einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) von der Befindlichkeitszustand-Ermittlungseinrichtung zu empfangen, und

die Symmetrierbedarfberechnungseinheit dazu eingerichtet ist, die Kapazität einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) auf der Grundlage der Informationen über den Befindlichkeitszustand der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) und einer Nennkapazität der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) zu berechnen.

4. Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß Anspruch 3, ferner umfassend eine Speichereinrichtung (302), in der die Kennlinie, die den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) angibt, gespeichert ist.

5. Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß Anspruch 4, bei der in der Speichereinrichtung (302) mehrere unterschiedliche Kennlinien, die jeweils den Ladezustand der

jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) angeben, für unterschiedliche Befindlichkeitszustände der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), gespeichert sind,

wobei die Ladungsermittlungseinrichtung (307) dazu eingerichtet ist, die jeweilige relative elektrische Ladungsmenge auf der Grundlage der Informationen über die jeweilige Energiespeicherzellenspannung (EZS1, EZS2, ..., EZSn) von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) nach der regulären Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls (100) und derjenigen Kennlinie, die dem jeweiligen Befindlichkeitszustand entspricht, zu ermitteln.

6. Vorrichtung (300) zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Entladeschaltung (304) mehrere Widerstände (R1, R1, ..., Rn) und mehrere Schalter (SC1, SC2, ..., SCn) aufweist, und dazu eingerichtet, mit dem Energiespeichermodul (100) derart verbunden zu werden, dass ein jeweiliger Widerstand (R1, R1, ..., Rn) und ein jeweiliger Schalter (SC1, SC2, ..., SCn), die in Reihe geschaltet sind, parallel zu einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) geschaltet sind,

und die Vorrichtung (300) ferner eine Berechnungseinheit aufweist, die dazu eingerichtet ist, für eine jeweilige Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) auf der Grundlage des jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarfs eine jeweilige Schalterschließdauer zu berechnen, die erforderlich ist, um bei geschlossenem Schalter (SC1, SC2, ..., SCn) den jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarf aus der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ... EZn) zu entnehmen, und die Steuereinrichtung (307) dazu eingerichtet ist, die jeweiligen Schalter (SC1, SC2, ..., SCn) entsprechend der berechneten Schalterschließdauer anzusteuern.

7. Kraftfahrzeug, insbesondere Elektrofahrzeug oder Hybridfahrzeug, umfassend ein Energiespeichermodul (100), das mehrere in Reihe geschaltete Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ... EZn) und eine Überwachungselektronik aufweist, und eine Vorrichtung (300) zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6.

8. Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100), das mehrere in Reihe geschaltete Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) aufweist, umfassend

Erfassen einer jeweiligen Energiespeicherzellenspannung (EZS1, EZS2, ..., EZSn) von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn),

Erfassen einer jeweiligen Kapazität von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn),

Ermitteln einer regulären Beendigung einer Aufladung des Energiespeichermoduls (100),

Ermitteln einer jeweiligen relativen elektrischen Ladungsmenge für jede Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) auf der Grundlage der erfassten jeweiligen Energiespeicherzellenspannungen (EZS1, EZS2, ..., EZSn) von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) nach der regulären Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls (100) und einer Kennlinie, die einen Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) in Abhängigkeit von einer Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) angibt,

Ermitteln eines jeweiligen relativen Symmetrierbedarfs durch Bildung einer Differenz zwischen der relativen elektrischen Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) und der relativen elektrischen Ladungsmenge der Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ...,

EZn), für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, für jede Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) mit Ausnahme der Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde,

Ermitteln eines jeweiligen absoluten Symmetrierbedarfs auf der Grundlage des jeweiligen relativen Symmetrierbedarfs und der jeweiligen Kapazität von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) für jede Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) mit Ausnahme der Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), für die die geringste relative elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, und

Entladen des Energiespeichermoduls (100) derart, dass aus jeder Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) mit Ausnahme der Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), für die die geringste elektrische Ladungsmenge ermittelt wurde, der jeweilige ermittelte absolute Symmetrierbedarf entnommen wird.

9. Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß Anspruch 8, wobei als jeweilige relative Ladungsmenge einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) derjenige Wert des Ladezustands, der in der Kennlinie der jeweiligen Energiespeicherzellenspannung (EZS1, EZS2, ..., EZSn) zugeordnet ist, festgelegt wird, und der jeweilige absolute Symmetrierbedarf durch Multiplikation des jeweiligen ermittelten relativen Symmetrierbedarfs mit der jeweiligen Kapazität ermittelt wird.

10. Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß Anspruch 8 oder 9, ferner umfassend ein Erfassen eines jeweiligen Befindlichkeitszustands einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), und

Berechnen der Kapazität einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) auf der Grundlage des jeweiligen Befindlichkeitszustands der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) und einer Nennkapazität der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn).

11. Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß Anspruch 10, ferner umfassend ein Aufnehmen der Kennlinie, die den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) angibt, und Abspeichern der aufgenommenen Kennlinie in einer Speichereinrichtung (302).

12. Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß Anspruch 11, bei dem in der Speichereinrichtung (302) mehrere unterschiedliche Kennlinien, die jeweils den Ladezustand der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) in Abhängigkeit von der Ruhespannung der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn) angeben, für unterschiedliche Befindlichkeitszustände der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ1, EZ2, ..., EZn), gespeichert werden, und die jeweilige relative elektrische Ladungsmenge auf der Grundlage der jeweiligen Energiespeicherzellenspannung (EZS1, EZS2, ..., EZSn) von jeder der Energiespeicherzellen (EZ1, EZ2, ..., EZn) nach der regulären Beendigung der Aufladung des Energiespeichermoduls (100) und derjenigen Kennlinie, die dem jeweiligen Befindlichkeitszustand entspricht ist, ermittelt wird.

13. Verfahren zur Symmetrierung eines Energiespeichermoduls (100) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 12, ferner umfassend

Bereitstellen einer Entladeschaltung (304), welche mehrere Widerstände (R_1, R_1, \dots, R_n) und mehrere Schalter (SC_1, SC_2, \dots, SC_n) aufweist,

Verbinden der Entladeschaltung (304) mit dem Energiespeichermodul (100) derart, dass ein jeweiliger Widerstand (R_1, R_2, \dots, R_n) und ein jeweiliger Schalter (SC_1, SC_2, \dots, SC_n), die in Reihe geschaltet sind, parallel zu einer jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ_1, EZ_2, \dots, EZ_n) geschaltet sind,

Berechnen, für eine jeweilige Energiespeicherzelle (EZ_1, EZ_2, \dots, EZ_n) auf der Grundlage des jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarfs, einer jeweiligen Schalterschließdauer, die erforderlich ist, um bei geschlossenem Schalter (SC_1, SC_2, \dots, SC_n) den jeweiligen ermittelten absoluten Symmetrierbedarf aus der jeweiligen Energiespeicherzelle (EZ_1, EZ_2, \dots, EZ_n) zu entnehmen, und

Ansteuern der jeweiligen Schalter (SC_1, SC_2, \dots, SC_n), entsprechend der berechneten Schalterschließdauer.

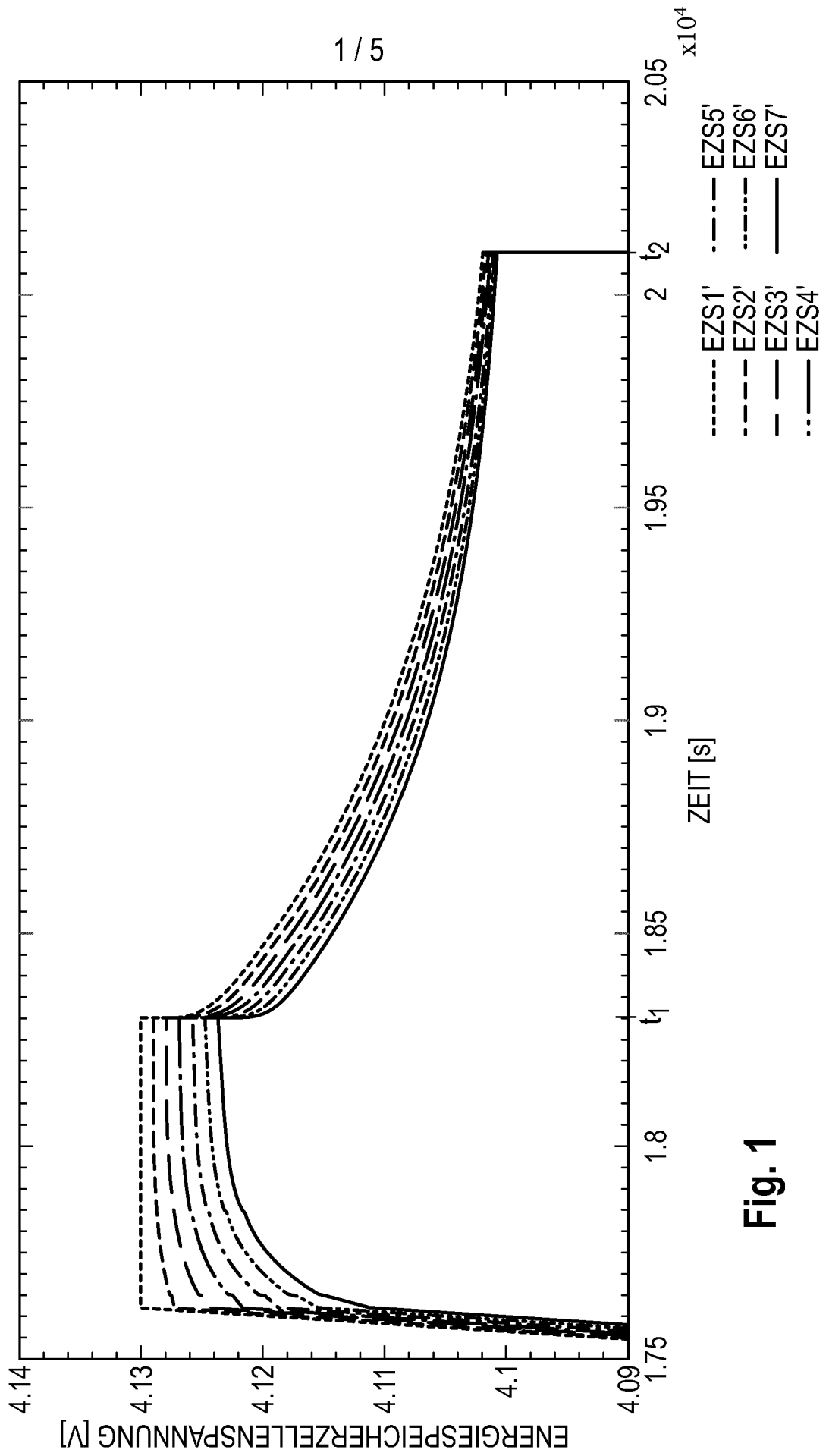


Fig. 1

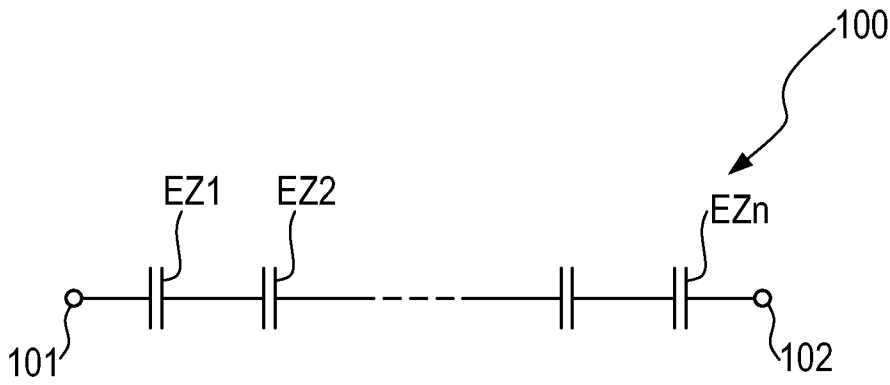


Fig. 2

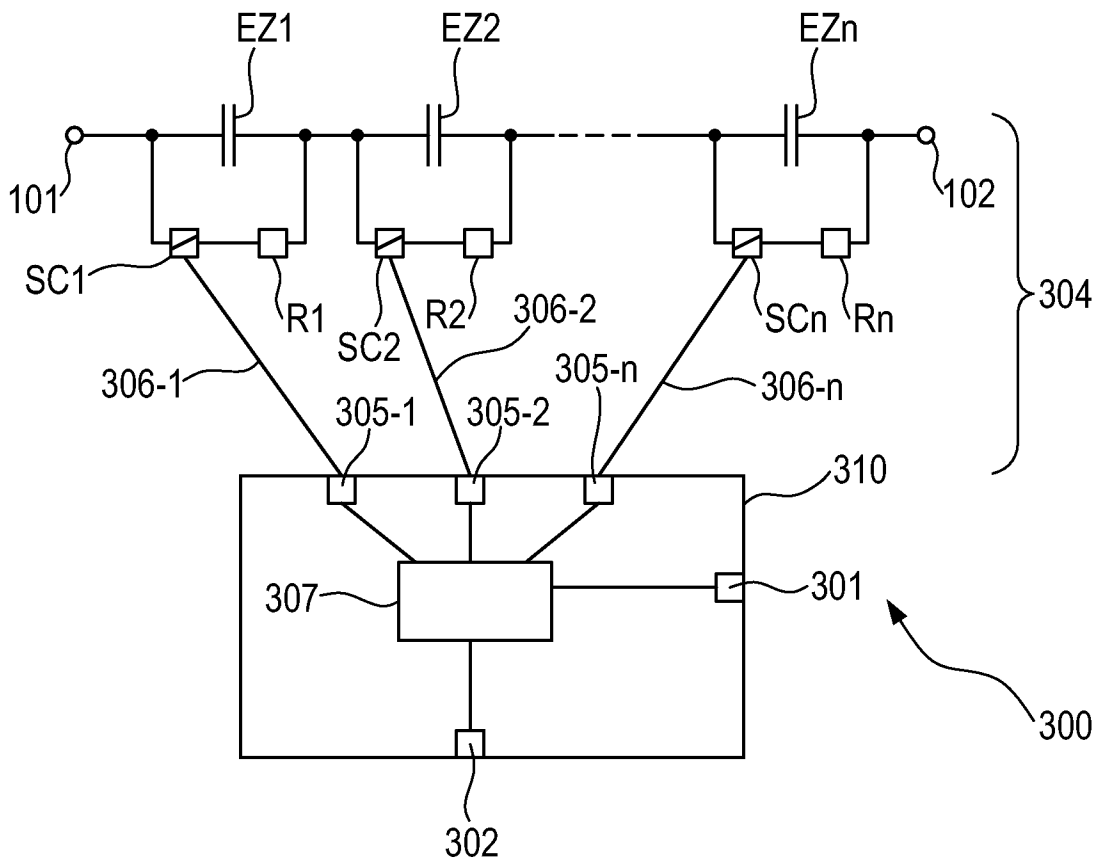


Fig. 3

3 / 5

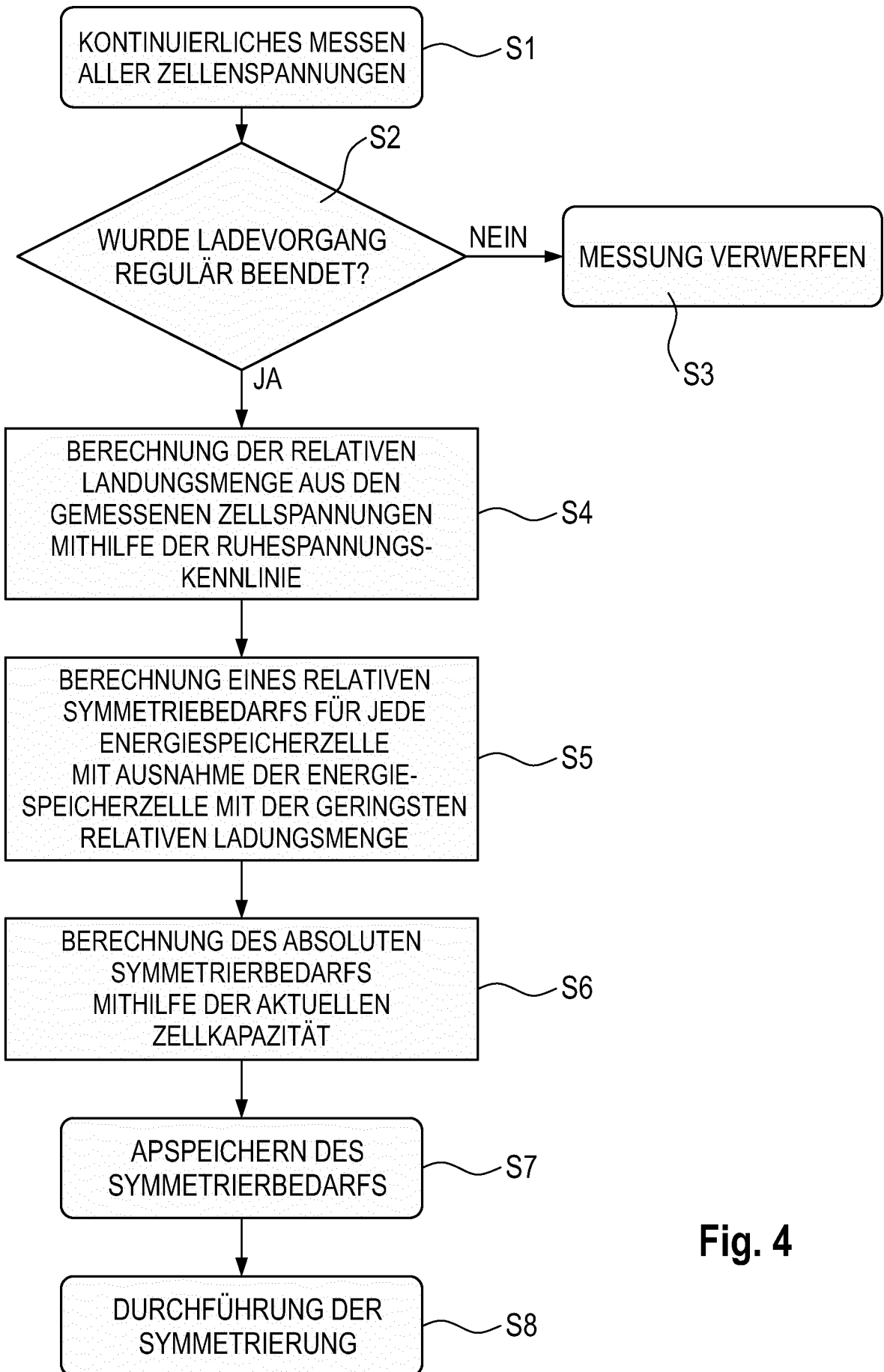


Fig. 4

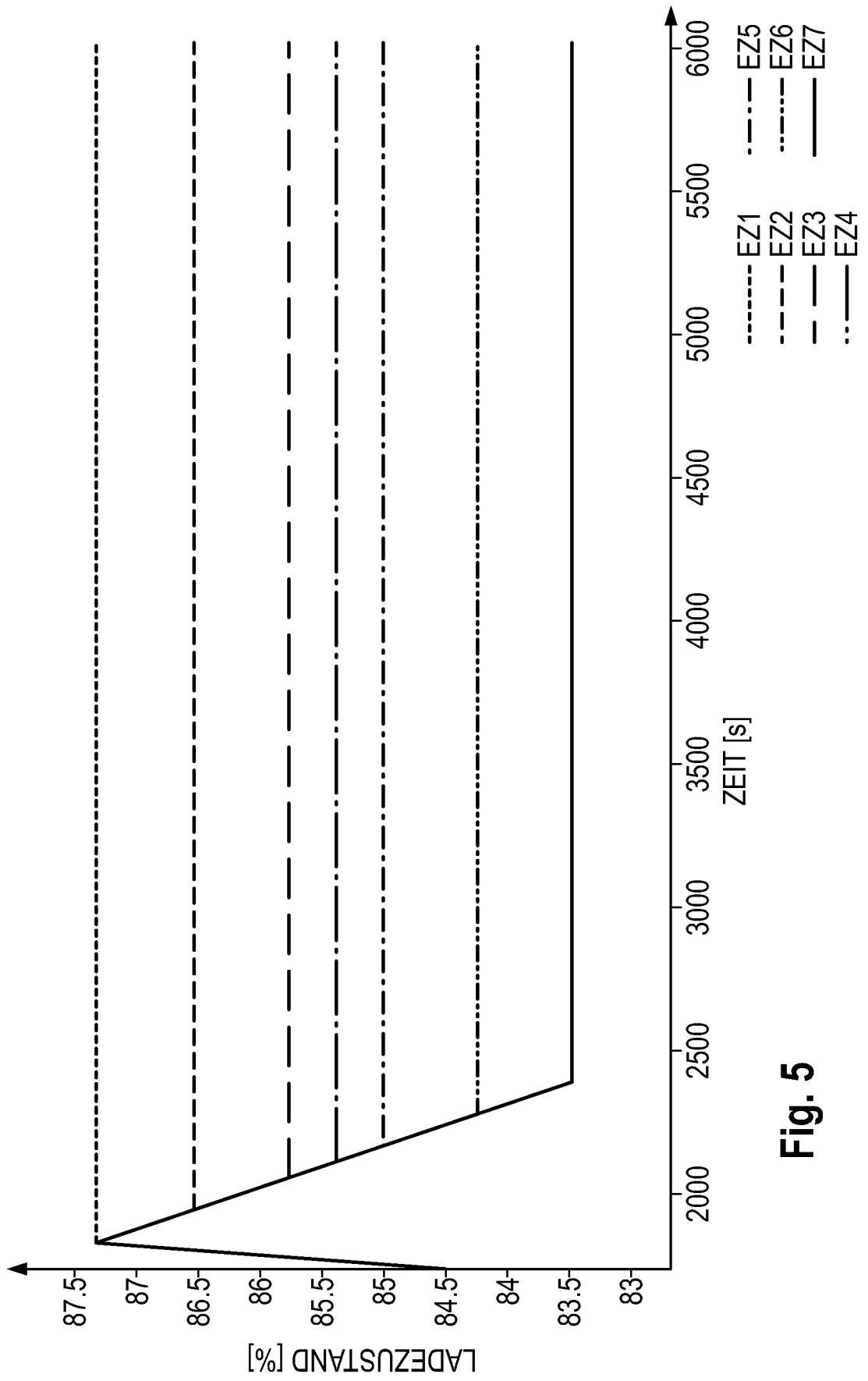


Fig. 5

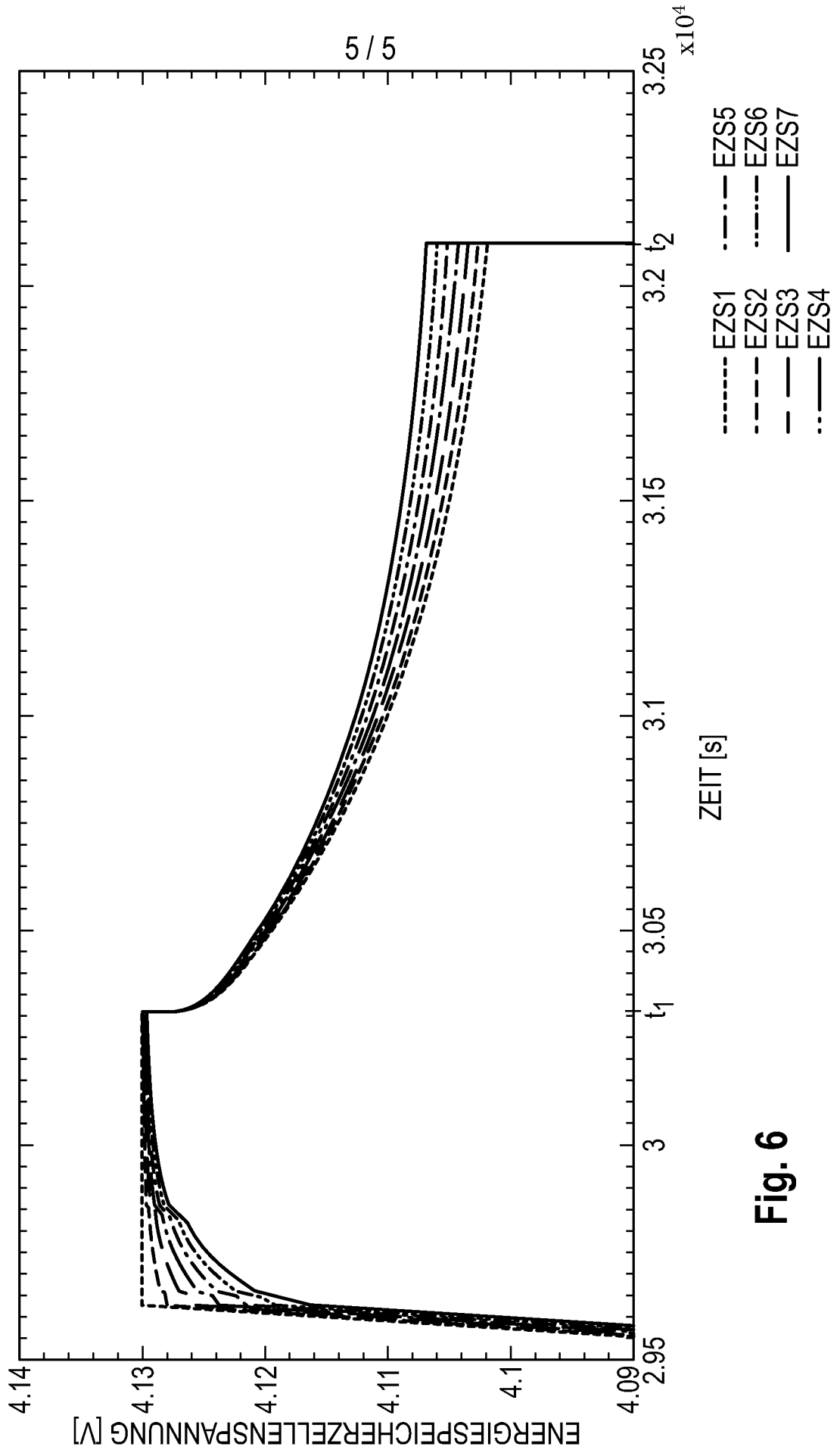


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/067276

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02J 7/00(2006.01)i 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) H02J Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, 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 Y	US 2006097698 A1 (PLETT GREGORY L [US]) 11 May 2006 (2006-05-11) paragraphs [0001] - [0035]; figures 1-3	1-13 1-13
X	GB 2541419 A (OXIS ENERGY LTD [GB]) 22 February 2017 (2017-02-22) pages 1-18; figures 1-7	1-13
Y	US 2011127960 A1 (PLETT GREGORY L [US]) 02 June 2011 (2011-06-02) paragraphs [0016] - [0039]; figures 1,2	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 25 September 2018		Date of mailing of the international search report 09 October 2018
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Krasser, Bernhard Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/067276

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2006097698	A1	11 May 2006	CN	101065876	A	31 October 2007
				JP	4405558	B2	27 January 2010
				JP	2008520179	A	12 June 2008
				KR	20070043885	A	25 April 2007
				KR	20070106499	A	01 November 2007
				KR	20090130406	A	23 December 2009
				TW	1276279	B	11 March 2007
				US	2006097698	A1	11 May 2006
				WO	2006052044	A1	18 May 2006
				GB	2541419	A	22 February 2017
EP	3338337	A1	27 June 2018				
GB	2541419	A	22 February 2017				
JP	2018526955	A	13 September 2018				
KR	20180041149	A	23 April 2018				
TW	201709631	A	01 March 2017				
US	2018248386	A1	30 August 2018				
WO	2017029508	A1	23 February 2017				
US	2011127960	A1	02 June 2011	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02J7/00
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H02J

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

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

EPO-Internal, 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 2006/097698 A1 (PLETT GREGORY L [US]) 11. Mai 2006 (2006-05-11)	1-13
Y	Absätze [0001] - [0035]; Abbildungen 1-3 -----	1-13
X	GB 2 541 419 A (OXIS ENERGY LTD [GB]) 22. Februar 2017 (2017-02-22)	1-13
	Seiten 1-18; Abbildungen 1-7 -----	
Y	US 2011/127960 A1 (PLETT GREGORY L [US]) 2. Juni 2011 (2011-06-02)	1-13
	Absätze [0016] - [0039]; Abbildungen 1,2 -----	



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

25. September 2018

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

09/10/2018

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

Krasser, Bernhard

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/067276

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006097698	A1	11-05-2006	CN 101065876 A 31-10-2007
			JP 4405558 B2 27-01-2010
			JP 2008520179 A 12-06-2008
			KR 20070043885 A 25-04-2007
			KR 20070106499 A 01-11-2007
			KR 20090130406 A 23-12-2009
			TW I276279 B 11-03-2007
			US 2006097698 A1 11-05-2006
			WO 2006052044 A1 18-05-2006

GB 2541419	A	22-02-2017	CN 107852013 A 27-03-2018
			EP 3338337 A1 27-06-2018
			GB 2541419 A 22-02-2017
			JP 2018526955 A 13-09-2018
			KR 20180041149 A 23-04-2018
			TW 201709631 A 01-03-2017
			US 2018248386 A1 30-08-2018
			WO 2017029508 A1 23-02-2017

US 2011127960	A1	02-06-2011	KEINE
