

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50520/2023

(22)

Anmeldetag:

29.06.2023

(43)

Veröffentlicht am:

15.09.2024

(51)

Int. Cl.:

G01R 31/367

G06F 30/20

H01M 10/42

G06F 111/10

(2019.01)

(2020.01)

(2006.01)

(2020.01)

(56)

Entgegenhaltungen:

US 2021349157 A1
VON SRBIK M.-T. et al. "A physically meaningful equivalent circuit network model of a lithium-ion battery accounting for local electrochemical and thermal behaviour, variable double layer capacitance and degradation". Journal of Power Sources [online], Bd. 325, Seiten 171–184, 1. September 2016 (01.09.2016). XP029640766.
<DOI: 10.1016/j.jpowsour.2016.05.051>
AT 10763 U2

(71)

Patentanmelder:

AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72)

Erfinder:

Aras Kacar Ayse cisel PhD
34340 Istanbul (TR)
Kurt Öno1 Ece MSc
34843 Istanbul (TR)
Charkhard Mohammad PhD
8010 Graz (AT)
Sivaraman Thyagesh MSc
8054 Seiersberg-Pirka (AT)

(74)

Vertreter:

Hartinger Mario Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)

(54)

Verfahren zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells einer Batterievorrichtung

(57)

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) einer Batterievorrichtung (100), gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

-

Vorgeben eines elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodells (SBM),

-

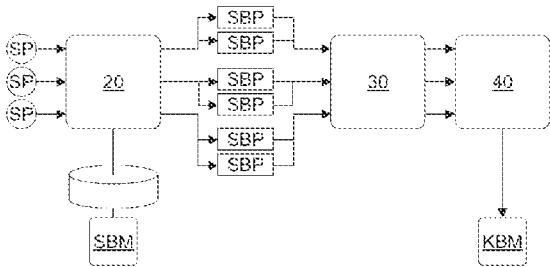
Durchführen einer Mehrzahl von Simulationen mit dem elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodell (SBM) mit unterschiedlichen Simulationsbedingungen,

-

Erfassen von Simulations-Batterieparametern (SBP) als Ergebnisse der durchgeführten Simulationen,

-

Parametrieren des Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) auf Basis der erfassten Simulations-Batterieparameter (SBP).



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) einer Batterievorrichtung (100), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- Vorgabe eines elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodells (SBM),
- Durchführen einer Mehrzahl von Simulationen mit dem elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodell (SBM) mit unterschiedlichen Simulationsbedingungen,
- Erfassen von Simulations-Batterieparametern (SBP) als Ergebnisse der durchgeführten Simulationen,
- Parametrieren des Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) auf Basis der erfassten Simulations-Batterieparameter (SBM).

Fig. 1

5 Verfahren zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells einer Batterievorrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells einer Batterievorrichtung, ein Computerprogrammprodukt zur Durchführung eines solchen Verfahrens sowie eine Parametrierungsvorrichtung zur
10 Durchführung eines solchen Verfahrens.

Es ist bekannt, dass zum kontrollierten Betrieb von Batterievorrichtungen Kontrollmodule eingesetzt werden, die insbesondere elektrische Vorgaben hinsichtlich der Betriebsweise der Batterievorrichtung geben. Dabei kann es sich zum Beispiel um Lade- oder Entladeströme, Temperaturbedingungen,
15 Spannungsbedingungen oder Ähnliches handeln. Um ein solches Kontrollmodul mit entsprechenden Daten zu versorgen, sind häufig Modellierungen solcher Batterievorrichtungen und/oder der einzelnen Batteriezellen im Einsatz. Solche Modellierungen werden im Sinne der vorliegenden Erfindung als Kontroll-Batteriezellenmodelle bezeichnet und können dazu dienen, eine sehr effiziente und
20 effektive Kontrolle der Batterievorrichtungen zur Verfügung zu stellen.

Nachteilig an den bekannten Lösungen ist es jedoch, dass vor dem Einsatz ein sehr aufwendiges Parametrieren der Kontroll-Batteriezellenmodelle notwendig ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kontroll-Batteriezellenmodelle nur dann die gewünschte Genauigkeit hinsichtlich der Kontrollfunktion erreichen, wenn sie auch
25 mit den tatsächlichen Vorgängen innerhalb der einzelnen Batteriezellen möglichst genau korrelieren. Um dies zu gewährleisten, muss bei bekannten Lösungen ein aufwendiger Versuchsaufbau zur Verfügung gestellt werden und reale Batteriezellen und/oder Batterievorrichtungen in Form von Prototypen Testläufen unterzogen werden. Dabei werden zum Beispiel definierte Temperaturbedingungen, definierte
30 Lade- und Entladebedingungen und/oder definierte Spannungsmodellbedingungen an den jeweiligen Prototypen angelegt. Während solcher Testläufe können eine Vielzahl von Parametern an den Prototypen erfasst werden, welche anschließend für die Parametrierung, also das tatsächliche Anpassen des Kontroll-Batteriezellenmodells an die jeweilige Batterievorrichtung, verwendet werden.

35 Anhand dessen ist gut zu erkennen, dass ein sehr hoher Aufwand betrieben werden muss, um die für das Parametrieren notwendigen Daten zur Verfügung zu stellen.

- 5 Auch ist es ein hoher Kostenaufwand reale Prototypen nicht nur zur Verfügung zu stellen, sondern auch auf Prüfständen realen elektrischen Testbedingungen zu unterziehen.

- Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise die Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells zu beschleunigen.
- 10

- Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 9 sowie eine Parametrierungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10.
- 15 Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt sowie der erfindungsgemäßen Parametrierungsvorrichtung und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.
- 20

- Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells einer Batterievorrichtung vorgeschlagen. Dieses Verfahren zeichnet sich durch die folgenden Schritte aus:
- 25

- Vorgabe eines elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodells,
- Durchführen einer Mehrzahl von Simulationen mit dem elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodell mit unterschiedlichen Simulationsbedingungen,
- 30 - Erfassen von Simulations-Batterieparametern als Ergebnisse der durchgeführten Simulationen,
- Parametrieren des Kontroll-Batteriezellenmodells auf Basis der erfassten Simulations-Batterieparameter.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf dem grundsätzlich bekannten Konzept, ein Kontroll-Batteriezellenmodell später für eine Kontrolle im Einsatz einer Batterievorrichtung zu verwenden. Wie bereits einleitend erläutert worden ist, ist es hierfür notwendig ein solches Kontroll-Batteriezellenmodell an die tatsächliche Batteriezele und Batterievorrichtung anzupassen, also mit den für die jeweilige
- 10 Batteriezele und/oder die jeweilige Batterievorrichtung spezifischen Daten zu parametrieren. Der erfindungsgemäße Gedanke beruht nun darauf, diese Parametrierung im Vergleich zu den bekannten Lösungen deutlich zu beschleunigen. Die Beschleunigung wird insbesondere dadurch erzielt, dass keine oder zumindest deutlich weniger reale Experimente durchgeführt werden müssen.
- 15 Kerngedanke der vorliegenden Erfindung ist es, dass ein elektrochemisches Simulations-Batteriezellenmodell verwendet wird. Unter einem Simulations-Batteriezellenmodell ist eine Simulationsmodellierung zu verstehen, welche elektrochemische und/oder physikalische Zusammenhänge innerhalb einzelner Batteriezellen modelliert. Darunter sind unterschiedlichste Zusammenhänge zu
- 20 verstehen, wie sie später noch näher erläutert werden. Insbesondere ist es möglich, über die modellierten Zusammenhänge und die definierte Vorgabe von Eingangsparametern, wie beispielsweise Lade- und Entladeströme, Temperaturen und/oder Spannungswerten dezidierte Parameter als Simulationsergebnisse zuzuordnen. Dabei kann es sich um primäre elektrochemische Batterieparameter
- 25 genauso handeln, wie abstrakte Batterieparameter, wie beispielsweise Alterungsprozesse oder Degradationsparameter oder ähnliches.

- Der erfindungsgemäße Kerngedanke beruht nun also darauf ein solches elektrochemisches Simulations-Batteriezellenmodell vorzugeben und an Stelle der realen Prüfstandsversuche mit Prototypen einzusetzen. Dieses Simulations-
- 30 Batteriezellenmodell wird einer Mehrzahl von Simulationen unterzogen, welche entweder identische Bedingungen oder unterschiedliche Bedingungen aufweisen können. Auch sind Simulationsreihen mit sich kontinuierlich ändernden Simulationsbedingungen denkbar, ähnlich realer Abläufen auf Prüfständen. Die tatsächlichen Parameter, welche für die einzelnen Simulationen eingesetzt werden,
- 35 können auch als Design of Experiment (DoE) bezeichnet werden.

Dadurch, dass es nun möglich wird mit Hilfe des Simulations-Batteriezellenmodells computerbasiert eine Mehrzahl von Simulationen durchzuführen, können für jede

5 dieser durchgeführten Simulationen auch Simulations-Batterieparameter als
Ergebnisse der durchgeführten Simulationen erfasst werden. Diese Simulations-
Batterieparameter sind nun in Abhängigkeit der im Simulations- Batteriezellenmodell
enthaltenen elektrochemischen und physikalischen Zusammenhänge die realen
Batterieparameter, welche bei einer Anwendung eines Prototyps auf einem realen
10 Batterieprüfstand zu erwarten wären. Mit anderen Worten ersetzt also die
durchgeführte Simulation an einem elektrochemischen Simulations-
Batteriezellenmodell den entsprechenden Prüflauf eines Prototyps auf einem realen
Prüfstand.

Neben der Tatsache, dass die zeitlimitierenden Faktoren für die Durchführung
15 solcher Simulationen ausschließlich in der Rechenkapazität der verwendeten
Modellierungsvorrichtung liegen, wird auch ein sehr großer Kostenvorteil erzielt. Der
Kostenvorteil liegt insbesondere darin, dass überhaupt kein realer Prüfstand benötigt
ist, um diese Simulationen durchzuführen. Auch ist kein realer Prototyp notwendig,
da der reale Prototyp durch das Simulations-Batteriezellenmodell abgebildet wird.
20 Somit werden die Kosten für Prototypen auf Prüfständen wie auch der Prüfstand
selbst und/oder zumindest die zu bezahlende Zeit auf dem Prüfstand eingespart.
Gleichzeitig wird es möglich, in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Zeit
und/oder der zur Verfügung stehenden Rechenkapazität eine deutlich größere
Anzahl an Simulationen durchzuführen, als dies bei realen Prüfstandsversuchen
25 überhaupt möglich wäre. Es ist also nun denkbar, dass beim Einsatz eines
Simulations-Batteriezellenmodells in kürzerer Zeit von wenigen Tagen im Vergleich
zu mehreren Wochen bei Prüfstandsversuchen eine höhere Anzahl an
Parametrierungsdaten mit einem geringeren Kostenaufwand erzeugt werden kann.

Im abschließenden Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann nun,
30 insbesondere in einer bekannten Weise, eine Verwendung der erfassten
Simulations-Batterieparameter erfolgen, um das Kontroll-Batteriezellenmodell zu
parametrieren. Das auf diese Weise parametrierte Kontroll-Batteriezellenmodell kann
nun in der bekannten Weise zur Kontrolle von Batterievorrichtungen für deren
Einsatz verwendet werden.

35 Es kann Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren
das elektrochemische Simulations-Batteriezellenmodell wenigstens eine der
folgenden elektrochemischen Abhängigkeiten beinhaltet:

- 5 - Lithiumkonzentration als Feststoff,
- Lithiumkonzentration als elektrolytische Phase,
- Wärmeerzeugung,
- chemische Degradation,
- physikalische Degradation,
- 10 - Ausgangsspanne.

Bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht abschließende Liste. Das Simulations-Batteriezellenmodell ist vorzugsweise so komplex wie möglich ausgestattet, um eine möglichst exakte Darstellung und Modellierung der abzubildenden Batteriezellen zu ermöglichen. Insbesondere sind eine Vielzahl oder

15 sogar alle bekannten Abhängigkeiten aus elektrochemischer Sicht innerhalb des Simulations-Batteriezellenmodells abgebildet. Diese elektrochemischen Abhängigkeiten können zum Beispiel in Form von Gleichungssystemen, insbesondere in Form von Differenzialgleichungen, in dem Simulations-Batteriezellenmodell hinterlegt sein. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich,

20 dass das Simulations- Batteriezellenmodell Abhängigkeiten in Form einer künstlichen Intelligenz, also zum Beispiel in Form gewichteter neuronaler Netzwerke enthält. Auch die Kombination von algorithmischen Zusammenhängen und gewichteten neuronalen Netzen ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung für ein Simulations-Batteriezellenmodell einsetzbar.

25 Weiter von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Simulation mit dem Simulations-Batteriezellenmodell anhand eines vordefinierten Simulationsablaufs durchgeführt wird. Ein solcher vordefinierter Simulationsablauf kann auch als das bereits erläuterte Design of Experiment bezeichnet werden, welches dazu dient, unterschiedliche Simulationsbedingungen über einen Prüflauf zu

30 verändern und in gezielter Weise zu variieren. So kann beispielsweise ein Ladevorgang als Simulationsablauf vorgegeben werden, sodass über einen definierten Zeitraum unter einer definierten Temperaturbedingung ein Ladestrom in die Batterievorrichtung hergeführt wird. In umgekehrter Weise kann auch ein Entladevorgang modelliert werden. Der Simulationsablauf kann darüber hinaus die

35 gleichen Lade- und/oder Entladevorgänge, zum Beispiel bei unterschiedlichen

- 5 Temperaturbedingungen oder mit unterschiedlichen Spannungssituationen der Batterievorrichtung durchführen. So ist es möglich, einzelne Simulationsabläufe mehrfach zu wiederholen und viele Simulationsabläufe als Simulationsreihe auf dem Simulations-Batteriezellenmodell durchzuführen. Die realen Vorgaben dieser vordefinierten Simulationsabläufe können beispielsweise aus bekannten
- 10 Simulationsabläufen von Prüfstandsversuchen übernommen werden oder zumindest auf solchen basieren.

Ebenfalls kann es Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren ein Kontroll-Batteriezellenmodell in Form eines Ersatzschaltkreismodell parametrisiert wird. Während grundsätzlich jede Form eines Kontroll-

- 15 Batteriezellenmodells im vorliegenden Rahmen der Erfindung denkbar ist, sind Ersatzschaltkreismodelle besonders einfach ausgebildet und daher bevorzugt, da sie kostengünstig eine sehr gute Kontrollfähigkeit mit sich bringen. Insbesondere handelt es sich um einen elektrischen Ersatzschaltkreis, der entsprechend der Simulationsergebnisse am Simulations-Batteriezellenmodell nun spezifisch für den
- 20 jeweiligen Einsatzzweck und/oder die jeweilige Batterievorrichtung parametrisiert wird. Ein solches Ersatzschaltkreismodell dient dann als Kontroll-Batteriezellenmodell der Kontrolle in einer Batterievorrichtung.

Ebenfalls kann es Vorteile mit sich bringen, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren im Anschluss an das Parametrieren des Kontroll-Batteriezellenmodells

- 25 dieses wenigstens einer Optimierung unterzogen wird. Eine solche Optimierung kann zum Beispiel eine optimierte Betriebsweise sein. Während die Parametrierung sozusagen die Anpassung eines abstrakten Kontroll-Batteriezellenmodells an eine spezifische Batterievorrichtung ist, ist der Optimierungsschritt nun das Beibehalten dieser Anpassung unter Optimierung einzelner Parameter. So kann nach der
- 30 Parametrierung das Kontroll-Batteriezellenmodell nun zum Beispiel hinsichtlich einer reduzierten Alterung und Degradation optimiert werden. Auch ist es möglich, dass eine Optimierung hinsichtlich der Temperaturbedingungen erfolgt, also beispielsweise gezielt eine Betriebsweise vorgegeben werden soll, welche ein vorgegebenes Temperaturfenster nicht verlässt. Die Optimierungsvorgaben beziehen
- 35 sich dabei insbesondere auf die jeweilige Einsatzsituation und den jeweiligen Einsatzzweck der zur kontrollierenden Batterievorrichtung.

5 Weitere Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren bei der Durchführung der Simulationen wenigstens zwei unterschiedliche Simulationsarten durchgeführt werden, insbesondere zwei der folgenden:

- Konditionierungssimulation,
- Kapazitätssimulation,
- 10 - Lade/Entlade-Simulation,
- Einzelpulssimulation,
- Kombinationspulssimulation,
- Nutzungszyklus.

Auch bei der voranstehenden Aufzählung handelt es sich um eine nicht
15 abschließende Liste. Die Simulationsarten können insbesondere über mehrere Durchläufe zyklisch durchdekliniert werden, sodass beispielsweise auf einer Simulationsvorrichtung über Nacht unterschiedliche Simulationen hintereinander durchgeführt werden können. Wie bereits weiter oben erläutert worden ist, können einzelne Simulationsabläufe in Simulationsreihen durchgeführt werden. So ist es nun
20 beispielsweise möglich, eine Lade- und Entladesimulation mit unterschiedlichen Lade- und Entladegeschwindigkeiten als Simulationsreihe durchzuführen. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine Kapazitätssimulation, also die Veränderung der Kapazität der jeweiligen Batteriezelle, ebenfalls wieder als einzelne Simulation oder als Simulationsreihe durchgeführt werden. Hier ist wieder gut zu erkennen, dass mit
25 unterschiedlichen Zielsetzungen unterschiedliche Simulationsarten nun ohne eine massive Erhöhung von Kosten- und Zeitaufwand mit Hilfe des Simulations-Batteriezellenmodells durchgeführt werden können. Eine solche Steigerung der Genauigkeit für die zu verwendenden parametrierenden Daten ist bei realen Prüfstandsversuchen üblicherweise nicht möglich, da sie den zur Verfügung
30 stehenden Kosten- und Zeitrahmen deutlich übersteigen würden.

Weiter von Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren das parametrisierte Kontroll-Batteriezellenmodell wenigstens einem Validierungsschritt unterzogen wird. Unter einem Validierungsschritt ist insbesondere ein nachgelagerter Schritt zu verstehen, welcher auch ein Verifizieren mit der Qualität und der

5 Genauigkeit des Kontroll-Batteriezellenmodells bezeichnen kann. Insbesondere wird dieser Validierungsschritt nach dem weiter voranstehend erläuterten optionalen Optimierungsschritt durchgeführt. Diese Validierung oder Verifikation kann anhand von Validierungsdaten durchgeführt werden, welche sich insbesondere von den Daten, welche für die durchgeführten Simulationen verwendet worden sind,
10 unterscheiden. Auch ist es hier möglich, explizit experimentelle Daten als Validierungsdaten zu verwenden, welche einmalig mit limitiertem Kosten- und Zeitaufwand an einem realen Prototyp an einem realen Prüfstand erfasst worden sind. Die Validierung dient also dazu, in einem doppelten Qualitätscheck zu überprüfen, dass die Parametrierung mit den über den Simulationsdaten beruhenden
15 Parametrierungsergebnissen auch tatsächlich die gewünschte Genauigkeit in der Abbildung der Batterievorrichtung mit sich bringen.

Vorteilhaft ist es weiter, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren das Kontroll-Batteriezellenmodell spezifisch für eine reale Ausbildung einer Batterievorrichtung ist. Während grundsätzlich auch abstrakte Kontroll-Batteriezellenmodell für eine Vielzahl
20 unterschiedlicher Batterievorrichtungen einsetzbar sind, kann eine höhere Genauigkeit erzielt werden, wenn bereits die Struktur des Ausgangs-Kontroll-Batteriezellenmodells spezifisch für eine Batterievorrichtung ist. Diese spezifische Struktur kann sich zum Beispiel an der Kapazität der gesamten Batterievorrichtung, deren chemischer Zusammensetzung, der Anzahl der Batteriezellen und/oder zum
25 Beispiel der geplanten Nutzungsart orientieren. Ein solches Kontroll-Batteriezellenmodell kann sich zum Beispiel dahingehend unterscheiden, ob es später für einen Pkw oder einen Lkw eingesetzt werden soll.

Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch
30 einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Verfahren erläutert worden sind.

Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine
35 Parametrierungsvorrichtung zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells einer Batterievorrichtung. Eine solche Parametrierungsvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass ein Simulationsmodell vorgesehen ist für eine Vorgabe eines

5 elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodells und ein Durchführen einer
Mehrzahl von Simulationen mit dem elektrochemischen Simulations-
Batteriezellenmodells mit unterschiedlichen Simulationsbedingungen. Weiter ist ein
Erfassungsmodul vorgesehen, zum Erfassen von Simulations-Batterieparametern als
10 Ergebnis der durchgeführten Simulationen. Die Parametrierungsvorrichtung weist
weiter ein Parametrierungsmodul auf, zum Parametrieren des Kontroll-
Batteriezellenmodells auf Basis der erfassten Simulationsparameter. Das
Simulationsmodul, das Erfassungsmodul und/oder das Parametrierungsmodul sind
insbesondere für eine Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet.
Damit bringt eine erfindungsgemäße Parametrierungsvorrichtung die gleichen
15 Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf ein erfindungsgemäßes Verfahren
erläutert worden sind.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der
nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen
Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Es zeigen
20 schematisch:

- Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen
Parametrierungsvorrichtung,
- Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen
Parametrierungsvorrichtung,
- 25 Fig. 3 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen
Parametrierungsvorrichtung,
- Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen
Parametrierungsvorrichtung,
- Fig. 5 eine Batterievorrichtung mit einem parametrierten Kontroll-
30 Batteriezellenmodell.

Der erfindungsgemäße Kerngedanke wird zum Beispiel mit Hilfe einer
Parametrierungsvorrichtung 10 der Figur 1 gewährleistet. Anhand dieser
dargestellten Parametrierungsvorrichtung 10 wird nachfolgend der Ablauf eines
erfindungsgemäßen Verfahrens näher erläutert.

5 Mithilfe eines Simulationsmoduls wird es möglich, einzelne Simulationen durchzuführen. Hierfür lädt das Simulationsmodul ein Simulations-Batteriezellenmodell SBM aus einer Datenbank oder enthält dieses Simulations-Batteriezellenmodell SBM direkt. Auf Basis von Simulationsparametern SP werden nun eine Mehrzahl von Simulationsversuchen mit Hilfe des vorgegebenen
10 Simulations-Batteriezellenmodells SBM durchgeführt. In der Figur 1 sind schematisch drei Simulationsparameter SP dargestellt, welche entsprechend eine Anzahl von drei Simulationsdurchläufen mit jeweils unterschiedlichen Simulationsparametern SP bedeuten. In der Realität wird häufig eine deutlich größere Auswahl von mehr als zehn, mehr als fünfzig, insbesondere mehr als
15 einhundert unterschiedlichen Simulationen am Simulations-Batteriezellenmodell SBM durchgeführt, um die Genauigkeit der späteren Parametrierung weiter zu erhöhen. Auch können pro Simulation deutlich mehr als ein einziger Simulationsparameter SP als Vorgabe verwendet werden.

Als Ausgang und Ergebnis der Simulationen sind hier Simulations-Batterieparameter
20 SBP dargestellt. Für jeden Durchlauf einer Simulation, in der Figur 1 sind beispielsweise drei Simulationen dargestellt, sind hier jeweils zwei Simulations-Batterieparameter SBP beispielhaft dargestellt. Auch hier sind in der Realität vorzugweise eine deutlich größere Anzahl von Simulations-Batterieparametern SBP zu erwarten, um wiederum die Genauigkeit der späteren Parametrierung zu steigern.
25 Diese Ergebnisse der Simulationen in Form der Simulations-Batterieparameter SBP werden im Erfassungsmodul 30 erfasst und an das Parametrierungsmodul 40 weitergegeben. Im Parametrierungsmodul 40 werden die erfassten und weitergegebenen Simulations-Batterieparameter SBP nun für die Parametrierung auf ein Kontroll-Batteriezellenmodell KBM angewendet, sodass dieses anschließend auf
30 die jeweilige Batterievorrichtung 100 parametriert ist.

Die Figur 2 zeigt eine Weiterbildung der Ausführungsform von der Figur 1. Hier ist grundsätzlich abschließend ein zusätzlicher Optimierungsschritt ergänzt. Sobald das Kontroll-Batteriezellenmodell KBM mit Hilfe der verwendeten und erhaltenen Simulations-Batterieparameter SBP über das Parametrierungsmodul 40 parametriert
35 worden ist, folgt nun ein zusätzlicher Optimierungsschritt. Dieser Optimierungsschritt wird mittels des Optimierungsmoduls 50 durchgeführt. Der Optimierungsschritt kann zum Beispiel ein Optimierungsziel hinsichtlich der späteren Kontrollfunktionalität des Kontroll-Batteriezellenmodells KBM enthalten. Beispielsweise kann es gewünscht

- 5 sein, die Alterungsprozesse innerhalb der Batterievorrichtung 100 zu minimieren. Eine solche Minimierung kann Ziel der Optimierung sein, sodass das Kontroll-Batteriezellenmodell KBM nach der Optimierung mittels des Optimierungsmoduls 50 nun eine Kontrollstrategie auf die Batterievorrichtung 100 anwendet, welche mit einer zu erwartenden geringeren Alterung der einzelnen Batteriezellen 110 einhergeht.
- 10 Die Figur 3 bildet die Ausführungsform der Figur 2 nochmals weiter aus. Hier wird am Anschluss an die Optimierung mit Hilfe des Optimierungsmoduls 50 zusätzlich noch eine Validierung durchgeführt. Hierfür wird ein Validierungsmodul 60 verwendet. Im Validierungsmodul 60 können Validierungsdaten gespeichert sein, welche sich insbesondere von den Daten unterscheiden, welche für die Simulation im
- 15 Simulationsmodul 20 eingesetzt worden sind. Diese Validierung mit Hilfe eines Validierungsmoduls 60 kann alternativ auch ohne einen voranstehenden Optimierungsschritt und damit unter Verzicht auf ein Optimierungsmodul 50 verwendet werden.

- Auch die Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform, wobei hier eine Mehrzahl von
- 20 unterschiedlichen Simulations-Batteriezellenmodellen SBM einsetzbar sind. Beispielsweise wird es möglich, für unterschiedliche konstruktive Ausbildungen von Batteriezellen 110 oder unterschiedliche konstruktive Ausbildungen von Batterievorrichtungen 100 ein entsprechend dafür angepasstes oder vorgesehenes Simulationsbatteriezellenmodell SBM zu verwenden. Zusätzlich oder alternativ ist es
- 25 möglich, wie in der Figur 4 gezeigt, ähnliche Anpassungen auch am Ende des Verfahrens anzuwenden. So ist hier eine weitere Datenbank vorgesehen, welche zwei oder mehr unterschiedliche Kontroll-Batteriezellenmodelle KBM beinhaltet. Die Kontroll-Batteriezellenmodelle KBM können sich dabei durch die geplante Nutzungsart, beispielsweise hinsichtlich Lastkraftwagen oder Personenkraftwagen,
- 30 aber auch hinsichtlich unterschiedlicher konstruktiver Bauweisen von Batterievorrichtungen 100 unterscheiden. Es ist nun also möglich sowohl hinsichtlich der Simulations-Batteriezellenmodells SBM als auch hinsichtlich des Kontroll-Batteriezellenmodells KBM auf spezifisch für die jeweiligen Einsatzart angepasste Varianten zurückzugreifen.

- 35 Abschließend zeigt die Figur 5 eine mögliche Einsatzsituation eines auf diese Weise parametrisierten, insbesondere optimierten und/oder validierten, Kontroll-Batteriezellenmodells KBM. In einem Kontrollmodul 120 wird ein solches Kontroll-

- 5 Batteriezellenmodell KBM eingesetzt. Über entsprechende Sensoren und/oder Stromanschlüsse ist ein Anschluss an die Batterievorrichtung 100 mit einer Vielzahl von stapelförmig angeordneten Batteriezellen 110 zu erkennen. Diese schematische Darstellung zeigt nun, in welcher Weise ein parametrisiertes und damit für die Kontrolle vorbereitetes Kontroll-Batteriezellenmodell KBM später bei der Kontrolle
- 10 einer Batterievorrichtung 100 im realen Einsatz verwendet werden kann.

Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

Bezugszeichenliste

10	Parametrierungsvorrichtung
20	Simulationsmodul
30	Erfassungsmodul
40	Parametrierungsmodul
50	Optimierungsmodul
60	Validierungsmodul
100	Batterievorrichtung
110	Batteriezelle
120	Kontrollmodul
KBM	Kontroll-Batteriezellenmodell
SP	Simulationsparameter
SBM	Simulations-Batteriezellenmodell
SBP	Simulations-Batterieparameter

Patentansprüche

1. Verfahren zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) einer Batterievorrichtung (100), **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - Vorgabe eines elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodells (SBM),
 - Durchführen einer Mehrzahl von Simulationen mit dem elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodell (SBM) mit unterschiedlichen Simulationsbedingungen,
 - Erfassen von Simulations-Batterieparametern (SBP) als Ergebnisse der durchgeführten Simulationen,
 - Parametrieren des Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) auf Basis der erfassten Simulations-Batterieparameter (SBM).
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrochemische Simulations-Batteriezellenmodell (SBM) wenigstens eine der folgenden elektrochemischen Abhängigkeiten beinhaltet:
 - Lithiumkonzentration als Feststoff
 - Lithiumkonzentration als elektrolytische Phase
 - Wärmeerzeugung
 - Chemische Degradation
 - Physikalische Degradation
 - Ausgangsspannung
3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Simulationen mit dem Simulations-Batteriezellenmodell (SBM) anhand eines vordefinierten Simulationsablaufs durchgeführt werden.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kontroll-Batteriezellenmodell (KBM) in Form eines Ersatzschaltkreismodells parametrierung wird.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Anschluss an das Parametrieren des Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) dieses wenigstens einer Optimierung unterzogen wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Durchführung der Simulationen wenigstens zwei unterschiedlichen Simulationsarten durchgeführt werden, insbesondere zwei der Folgenden:
 - Konditionierungssimulation
 - Kapazitätssimulation
 - Lade/Entlade-Simulation
 - Einzelpulssimulation
 - Kombinationspulssimulation
 - Nutzungszyklus
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das parametrierte Kontroll-Batteriezellenmodell (KBM) wenigstens einem Validierungsschritt unterzogen wird.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kontroll-Batteriezellenmodell (KBM) spezifisch für eine reale Ausbildung einer Batterievorrichtung (100) ist.
9. Computerprogrammprodukt, aufweisend Befehle, welche bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen die Schritte eines Verfahrens mit Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 8 auszuführen.

10. Parametrierungsvorrichtung (10) zur Parametrierung eines Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) einer Batterievorrichtung (100), **gekennzeichnet durch** ein Simulationsmodul (20) für eine Vorgabe eines elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodells (SBM) und ein Durchführen einer Mehrzahl von Simulationen mit dem elektrochemischen Simulations-Batteriezellenmodell (SBM) mit unterschiedlichen Simulationsbedingungen, ein Erfassungsmodul (30) zum Erfassen von Simulations-Batterieparametern (SBP) als Ergebnisse der durchgeführten Simulationen und ein Parametrierungsmodul (40) zum Parametrieren des Kontroll-Batteriezellenmodells (KBM) auf Basis der erfassten Simulations-Batterieparameter (SPB), wobei das Simulationsmodul (20), das Erfassungsmodul (30) und/oder das Parametrierungsmodul (40) insbesondere für eine Ausführung eines Verfahrens mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet sind.

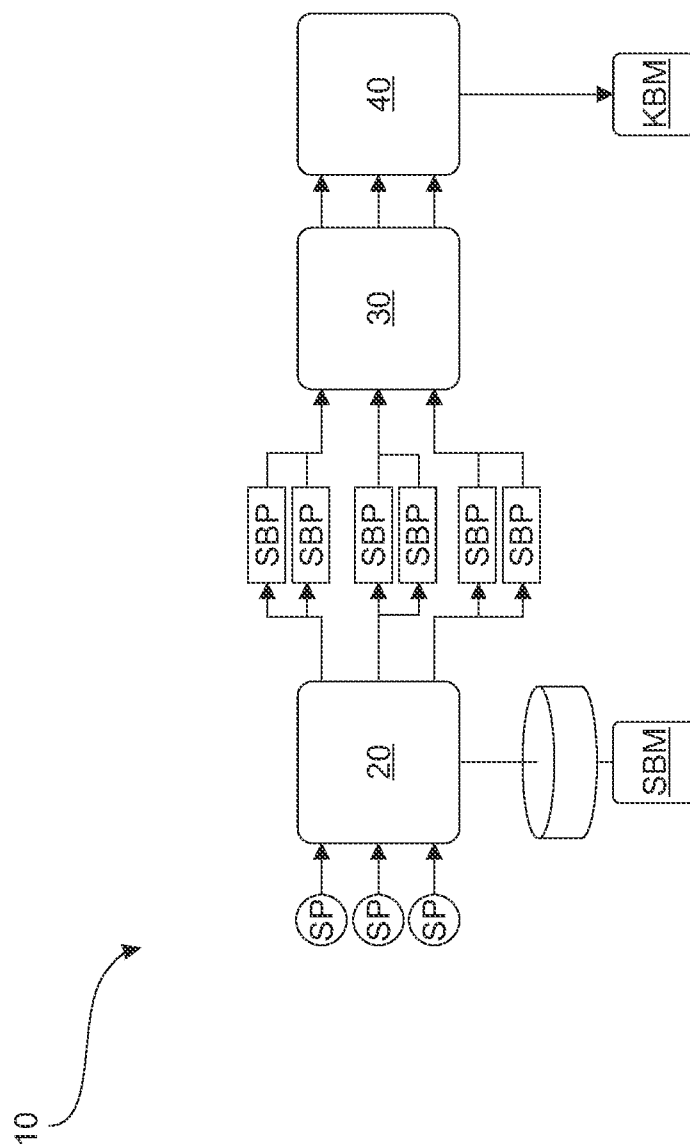


Fig. 1

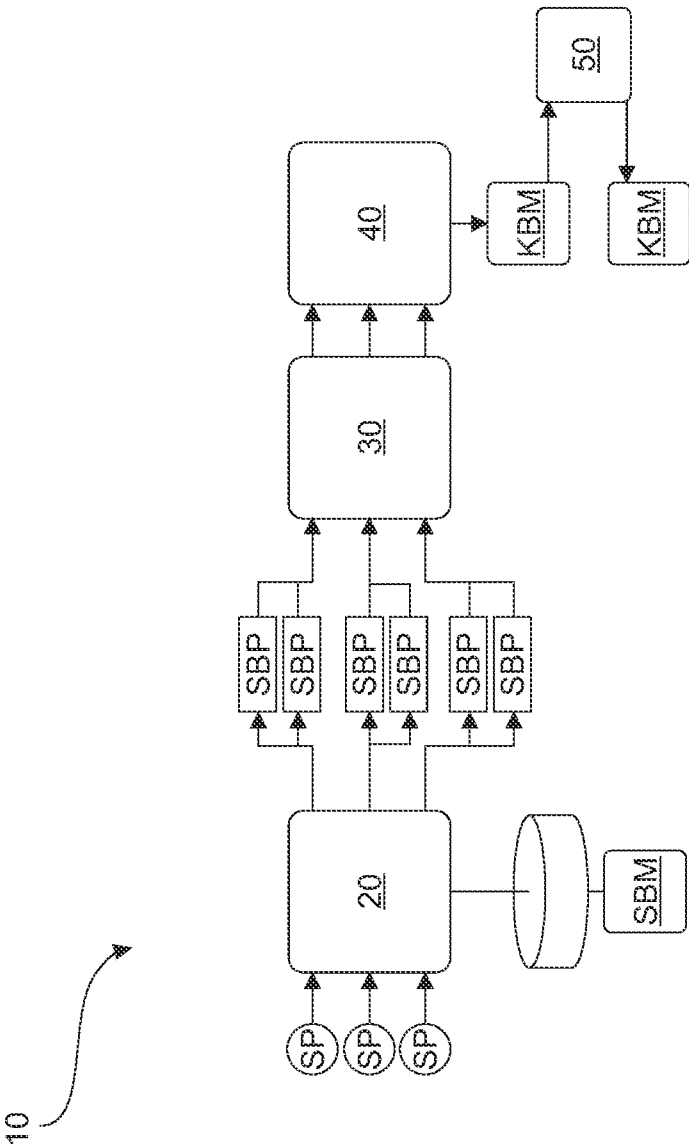


Fig. 2

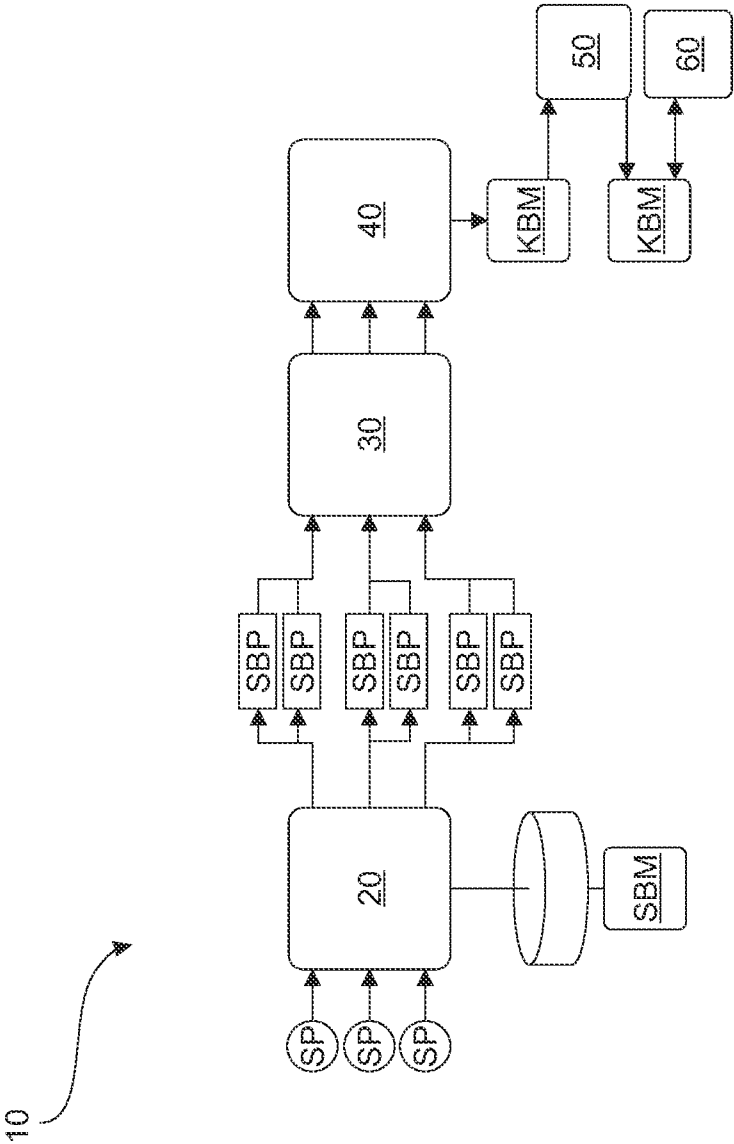


Fig. 3

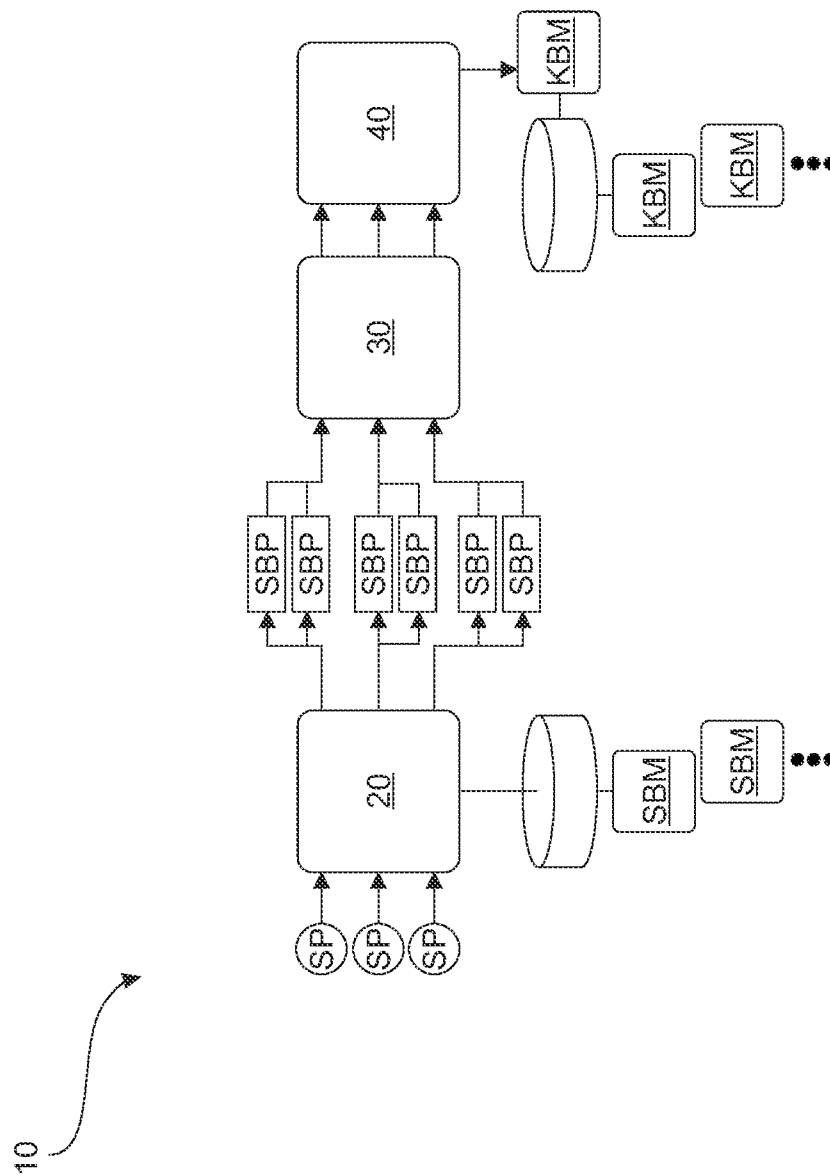


Fig. 4

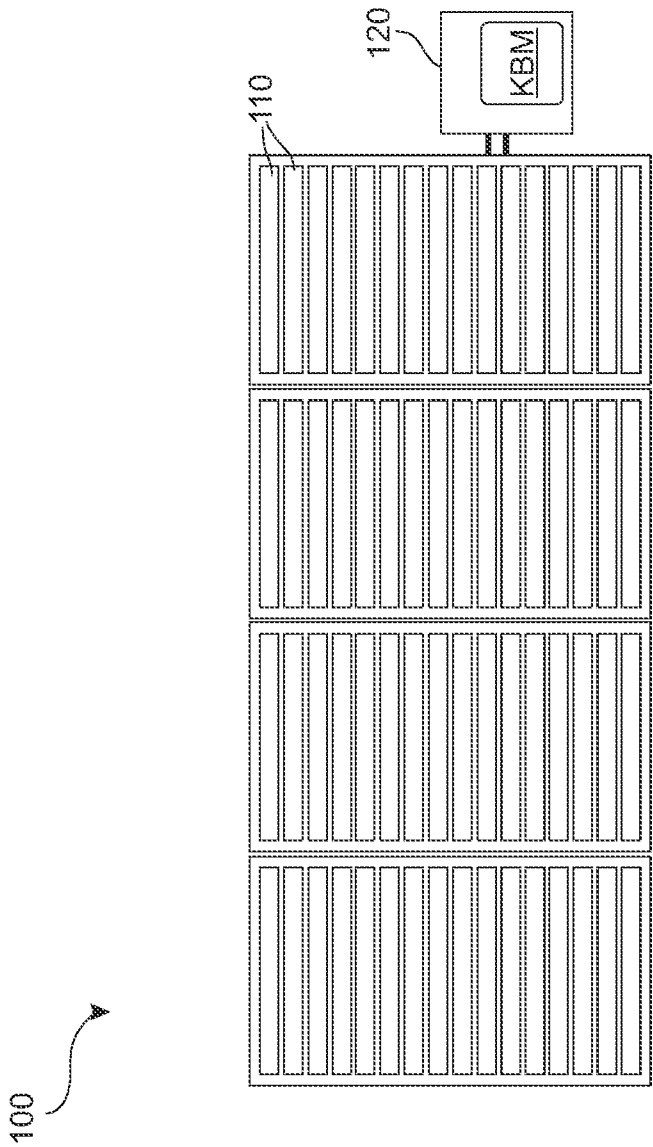


Fig. 5

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

G01R 31/367 (2019.01); **G06F 30/20** (2020.01); **H01M 10/42** (2006.01); **G06F 111/10** (2020.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

G01R 31/367 (2019.01); **G06F 30/20** (2020.01); **H01M 10/425** (2013.01); **G06F 2111/10** (2020.01); **H01M 2010/4278** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

G01R, G06F, H01M

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPIAP, PATDEW, NPL, ESPACENET, INTERNET

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 29.06.2023 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2021349157 A1 (SRINIVASAN S. et al.) 11. November 2021 (11.11.2021) Zusammenfassung; Ansprüche 1-20; Figuren 2, 5, 11, 14 und Figurenbeschreibungen; Absätze 22-24, 27-30, 33, 36-48, 51-59, 69-78, 81, 87, 113-122, 125, 130-131, 165	1-10
X	VON SRBIK M.-T. et al. "A physically meaningful equivalent circuit network model of a lithium-ion battery accounting for local electrochemical and thermal behaviour, variable double layer capacitance and degradation". Journal of Power Sources [online], Bd. 325, Seiten 171-184, 1. September 2016 (01.09.2016). XP029640766. <DOI: 10.1016/j.jpowsour.2016.05.051> Zusammenfassung; Abschnitte 2.1, 2.7, 2.9, 3.1, 3.2	1-10
A	AT 10763 U2 (AVL LIST GMBH) 15. September 2009 (15.09.2009) gesamtes Dokument	1-10
Datum der Beendigung der Recherche: 18.03.2024 Seite 1 von 1 Prüfer(in): BAZSO Akos		

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
- P** Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.