

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50408/2022
(22) Anmeldetag: 10.06.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2024

(51) Int. Cl.: **G01R 31/392** (2019.01)
G01R 31/36 (2006.01)
G01R 31/396 (2019.01)
G01R 31/367 (2019.01)
H02J 7/00 (2006.01)
H01M 10/48 (2006.01)
H01M 10/42 (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2020172449 A1
KR 20140033748 A
US 2019204393 A1

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
IVARSON Mats
8111 Judendorf-Straßengel (AT)
GRASSBERGER Helmut Peter Dipl.-Ing.
8010 Graz (AT)
SCHEIDL Stefan
8020 Graz (AT)
TRAUSSNIG Thomas Dr.
9400 Wolfsberg (AT)
EBNER Thomas Dr.
8151 Hitzendorf (AT)
FICSOR Andreas
8044 Graz (AT)
ERKER Simon Dipl.-Ing. Dr.
8045 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Hartinger Mario Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)

(54) Voralterungsverfahren zum Voraltern einer Batterie und Testverfahren zum Testen von Batteriesätzen

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Voralterungsverfahren (10) und ein Voralterungssystem (20) zum Voraltern mehrerer Batterien (2) auf einen vorgegebenen Alterungszustand, ein Testverfahren (30) und ein Testsystem (40) zum Testen von Batteriesätzen gemäß einem vorgegebenen Testplan sowie ein Computerprogrammprodukt.

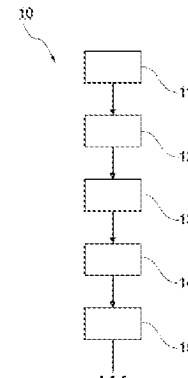


Fig. 2

Beschreibung

VORALTERUNGSVERFAHREN ZUM VORALTERN MEHRERER BATTERIEN UND TESTVERFAHREN ZUM TESTEN VON BATTERIESÄTZEN

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Voralterungsverfahren zum Voraltern mehrerer Batterien auf einen vorgegebenen Alterungszustand, ein Testverfahren zum Testen von Batteriesätzen gemäß einem vorgegebenen Testplan, ein Computerprogrammprodukt, ein computerlesbares Speichermedium, ein Voralterungssystem zum Voraltern einer Batterie auf einen vorgegebenen Alterungszustand sowie ein Testsystem zum Testen von Batteriesätzen gemäß einem vorgegebenen Testplan.

[0002] Das Alterungsverhalten von neu entwickelten Batterien ist von großem Interesse. Das übliche Verfahren zur Ermittlung des Alterungsverhaltens ist die Durchführung von Alterungsmess-tests mit künstlichen Lastprofilen. Die Belastungsprofile sind definiert durch eine Abfolge von Lade-/Entladezyklen, gefolgt von Pausenzeiten und einem Kapazitäts- und Leistungstest sowie ggf. weiteren Tests. Die Parameter der künstlichen Profile können variiert werden, um Informationen über das Alterungsverhalten unter verschiedenen Bedingungen zu erhalten. Dies ist beispielsweise aus den Dokumenten WO 2020172449 A1 und KR 20140033748A bekannt.

[0003] Der Stand der Technik ist es, den Alterungsmesstest auf der Basis von DOE (Design of Experiment) durchzuführen, um mit der verwendeten Anzahl von Batterien ein Maximum an Informationen zu erhalten. Auf jede einzelne Batterie wird dabei ein spezifischer Satz von Zyklusparametern angewandt und der Zyklus beginnt mit einem neuen Zustand bis zu einem vordefinierten Alterungszustand (auch SOH für engl. State of Health) von z.B. 75%.

[0004] Bei diesem Verfahren nimmt die verbleibende Kapazität im Laufe der Zeit in Abhängigkeit von den gewählten Parametern des Lastprofils ab. Die resultierende Zeit bis zum Erreichen des gewünschten SOH hängt stark vom gewählten Lastprofil ab. Dies kann dazu führen, dass einige Batterien sehr früh das Ende ihrer Lebensdauer erreichen, während andere Zellen den gewünschten SOH-Wert nicht erreichen. Eine Batterie liefert dabei nur die Informationen über einen Parametersatz des Lastprofils.

[0005] Neben dem Erreichen unterschiedlicher SOH-Werte ist die lange Zeitdauer bei dem bekannten Testverfahren nachteilig. Um Batterien beispielsweise in einem SOH-Bereich einer Batteriekapazität von 100% bis 80% zu testen ist es gut möglich, dass diese 1.000 oder mehr Zyklen durchlaufen müssen. Die damit zusammenhängenden langen Zeitdauern sind bei einer Einschränkung auf einen Satz von Zyklusparametern unumgänglich, da - im Falle von die Alterung moderat beeinflussenden Zyklusparametern - die Alterung der Batterie bzw. die Erreichung eines SOH von 0 lange Zeit in Anspruch nehmen kann.

[0006] 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, Verfahren und Systeme zur Verfügung zu stellen, mit denen ein Testen von Batterien erleichtert wird, ganz besonders beschleunigt wird.

[0007] Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch ein Voralterungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, ein Testverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 7, ein Computerprogrammprodukt mit den Merkmalen des Anspruchs 10, ein computerlesbares Speichermedium, mit den Merkmalen des Anspruchs 11, ein Voralterungssystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12 sowie ein Testsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 13. 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 Voralterungsverfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Testverfahren, dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt, dem erfindungsgemäßen Voralterungssystem sowie dem erfindungsgemäßen Testsystem und jeweils umgekehrt, sodass bzgl. der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird oder werden kann.

[0008] Erfindungsgemäß ist ein Voralterungsverfahren zum parallelen Voraltern mehrerer Batterien auf einen vorgegebenen Alterungszustand vorgesehen. Das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren weist dabei die folgenden Schritte auf:

- Vorgeben des zu erreichenden Alterungszustands der Batterien, wobei der vorgegebene Alterungszustand für alle Batterien im Wesentlichen derselbe ist,
- Auswählen zumindest eines Alterungsprofils aus einer Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile, unter Berücksichtigung von zwischenzeitlichen Alterungszuständen aller Batterien, wobei jedes der Alterungsprofile zumindest einen Lade- und/oder Entladevorgang mit vordefinierten Alterungsparametern für die Batterien vorgibt,
- Applizieren des zuvor ausgewählten zumindest einen Alterungsprofils auf die Batterien,
- Auswählen zumindest eines weiteren Alterungsprofils aus der Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile, unter Berücksichtigung von zwischenzeitlichen Alterungszuständen aller Batterien, wobei das weitere Alterungsprofil sich in zumindest einem der vordefinierten Alterungsparameter von dem zuvor ausgewählten und auf die Batterien applizierten Alterungsprofil unterscheidet,
- Applizieren des zuvor ausgewählten wenigstens eines weiteren Alterungsprofils auf die Batterien bis zum Erreichen des vorgegebenen Alterungszustands der Batterien.

[0009] Das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren ermöglicht gegenüber den bekannten Alterungsverfahren, bei denen immer der gleiche Zyklus auf eine Batterie appliziert wird, eine angepasste Batteriealterung der Batterie bis zu einem gewünschten Alterungszustand. Ganz besonders ist dies sinnvoll, wenn mehrere Batterien parallel gealtert werden. Dort hat das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren den Vorteil, dass mehrere Batterien durch die unterschiedlichen Alterungsprofile verhältnismäßig gleichmäßig in Bezug auf die benötigte Zeitdauer gealtert werden können.

[0010] Ein besonderer Anwendungszweck ist das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren im Hinblick auf ein vorzugsweise anschließend folgendes erfindungsgemäßes Testverfahren, wie es später näher im Detail erläutert wird. Dafür werden vorteilhafterweise mit dem erfindungsgemäßen Voralterungsverfahren vorgealterte Batterien eingesetzt, um die Vorteile von schneller und gleichmäßiger Batteriealterung zu nutzen.

[0011] Gleichwohl ist es möglich, auch das Voralterungsverfahren als solches bereits als Testverfahren einzusetzen, bei dem durch die Applikation der Alterungsprofile Informationen über die Batteriealterung der Batterien gewonnen werden können. Insoweit kann auch bei dem Voralterungsverfahren vorgesehen werden, dass Alterungsinformationen bei den unterschiedlichen Alterungsprofilen gewonnen werden.

[0012] Der Alterungszustand kann durch den sog. SOH (engl. State of Health) beschrieben werden. Vorteilhafterweise kann der Alterungszustand einzig durch den SOH angegeben werden. Der SOH ist ein Maß für die - nebst anderen Einflussgrößen - zum jeweiligen Alterungszustand verfügbare Kapazität der Batterie. Er kann ganz besonders als Angabe der verfügbaren Restkapazität der Batterie im Verhältnis zur ursprünglichen Batteriekapazität oder Designkapazität der Batterie angegeben werden. Eine weitere für den Betrieb relevante SOH Einflussgröße ist die (relative) Änderung des Innenwiderstands mit fortschreitender Batteriealterung (im Allgemeinen ein Anstieg des Innenwiderstandes über die Alterung).

[0013] Dass der SOH den Alterungszustand der Batterie hinreichend beschreibt wurde dabei durch entsprechende Experimente herausgefunden. So wurde festgestellt, dass der SOH bei Operation innerhalb bestimmter Betriebsparameter der Zelle (unter anderem, aber nicht beschränkt auf Lade-/Entladestrom, Zellspannungsgrenzen, Temperatur) nur unwesentlich von der vorherigen Beanspruchung der Batterien abhängig ist. Stattdessen kann der Alterungszustand hinreichend durch den SOH beschrieben werden und die Historie der Batteriealterung kann - bei Betrieb innerhalb von Zellchemie-abhängigen Parametern - vernachlässigt werden. Als Batterie kann vorliegend beispielsweise eine einzige Batteriezelle verwendet werden. Es können aber

auch mehrere miteinander verbundene Batteriezellen oder Batteriemodule eines Batteriepacks verwendet werden. Und natürlich ist es auch möglich, ein Batteriepack als Batterie zu verwenden, sodass das gesamte Batteriepack mit allen seinen Batteriezellen vorgealtert wird. Das Batteriepack kann ganz besonders eine Traktionsbatterie für einen elektrischen Antrieb eines Kraftfahrzeugs sein. Bei einer kostenintensiven Traktionsbatterie spielt die Alterung über die lange Lebenszeit des Kraftfahrzeugs eine besonders wichtige Rolle, die es mittels Tests zu untersuchen gilt, bevor eine Batterie in einem Kraftfahrzeug eingesetzt wird.

[0014] Als ein Alterungsprofil wird vorliegend eine Vorgabe zumindest eines Lade- und/oder Entladevorganges für die Batterie verstanden. Vorzugsweise umfasst ein Alterungsprofil die Vorgabe mehrerer anhand von vordefinierten Alterungsparametern definierter Lade- und/oder Entladevorgänge, insbesondere mehrere Lade- und Entladezyklen. So kann ein Alterungsprofil beispielsweise 2 bis 300, 4 bis 200, 10 bis 150 oder dergleichen anhand von Alterungsparameter fest vordefinierte Lade- und Entladezyklen definieren. Ein Alterungsprofil gibt so jeweils Lade-/Entladezyklen für die Batterie an, der immer unter den gleichen Alterungsparametern für eine vorbestimmte Zyklenzahl auf die Batterie appliziert werden. Die Alterungsparameter sind dabei als während der Lade-/Entladezyklen einstellbare und variierbare Parameter zu verstehen, die einen Einfluss auf die Alterung der Batterie haben. Es kann sich dabei insbesondere um äußere Umgebungsparameter und/oder um elektrische Betriebsparameter der Batterie handeln.

[0015] Bei dem erfindungsgemäßen Voralterungsverfahren sind dabei zumindest zwei unterschiedliche Alterungsprofile vorgesehen, die ausgewählt und auf die Batterie appliziert werden. Zur Unterscheidung der Alterungsprofile wird bei dem zumindest einen zweiten Alterungsprofil von zumindest einem weiteren Alterungsprofil gesprochen. Es unterscheidet sich in einem oder mehreren Alterungsparametern von dem anderen oder allen anderen Alterungsprofilen. Um zu entscheiden, wann zwischen den Alterungsprofilen gewechselt wird, kann ein weiterer Schritt einer Ermittlung eines zwischenzeitlichen Alterungszustandes vorgesehen sein. Der zwischenzeitliche Alterungszustand kann ferner mit dem vorgegebenen Alterungszustand verglichen werden. Auch ist es möglich, die Alterungsparameter des weiteren Alterungsprofils in Abhängigkeit von einem zwischenzeitlichen Alterungszustand, insbesondere einem Vergleich des zwischenzeitlichen Alterungszustandes mit dem vorgegebenen Alterungszustand, vorzudefinieren.

[0016] Die Applikation des wenigstens einen weiteren Alterungsprofils läuft so lange, bis das vordefinierte Abbruchkriterium des Voralterungsverfahrens erfüllt ist. Dabei ist das Abbruchkriterium das der zuvor vorgegebene Alterungszustand erreicht ist. Im Ergebnis wird eine Batterie erhalten, welche schnell und gleichmäßig auf den vorgegebenen Alterungszustand vorgealtert worden ist und nun eingesetzt werden kann, insbesondere für das zuvor erwähnte erfindungsgemäße Testverfahren.

[0017] Es ist nicht notwendig, aber möglich, dass sämtliche Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens in der durch ihre Nennung angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. So können einzelne Verfahrensschritte auch in anderer als dieser Reihenfolge oder simultan ausgeführt werden. So kann beispielsweise das Vorgeben des zu erreichenden Alterungszustands der Batterie auch nach dem Auswählen des Alterungsprofils erfolgen oder der zu erreichende Alterungszustand kann auch im Laufe des Verfahrens und bei Bedarf angepasst werden.

[0018] Vorteilhaft ist, wenn bis zum Erreichen des vorgegebenen Alterungszustands der Batterie noch weitere Alterungsprofile aus der Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile ausgewählt und auf die Batterie appliziert werden, wobei die noch weiteren Alterungsprofile sich in zumindest einem oder mehreren der vordefinierten Alterungsparameter zumindest von dem zuvor ausgewählten und auf die Batterie applizierten Alterungsprofil unterscheiden. Auch können sich die noch weiteren Alterungsprofile von mehreren oder sämtlichen der zuvor ausgewählten und applizierten Alterungsprofile in zumindest einem oder mehreren der vordefinierten Alterungsparameter unterscheiden. So wird durch die Applikation von noch mehr unterschiedlichen Alterungsprofilen eine noch gleichmäßigere und auch schneller erzielbare Voralterung der Batterie erzielt. Zudem können mehr Informationen über das Alterungsverhalten als mit einem fixen Alterungsprofil gewonnen werden.

[0019] Vorteilhaft ist ferner, wenn zumindest eines der ausgewählten Alterungsprofile zum Altern der Batterie mit einer ersten Geschwindigkeit eingerichtet ist und zumindest ein anderes der ausgewählten Alterungsprofile zum Altern der Batterie mit einer von der ersten Geschwindigkeit verschiedenen zweiten Geschwindigkeit eingerichtet ist. So wird typischerweise bei sehr intensiver Belastung von einer schnelleren Alterung ausgegangen als bei einer geringen Belastung. Die erste Geschwindigkeit kann beispielsweise eine typischerweise langsame Alterungsgeschwindigkeit mit geringem Lade- und/oder Entladestrom sein, während die zweite Geschwindigkeit eine schnelle Alterungsgeschwindigkeit mit typischerweise sehr hohem Lade- und/oder Entladestrom sein kann. Dadurch wird die bereits angesprochene Vergleichmäßigung sichergestellt, weil nicht nur Alterungsparameter zwischen den Alterungsprofilen verändert werden, die für eine ähnliche und gleich schnelle Alterung sorgen, sondern es werden tatsächlich die Batterie unterschiedlich schnell alternde Alterungsprofile appliziert.

[0020] Vorteilhafterweise sind die vorgegebenen Alterungsparameter zumindest zwei von einer Temperatur, einem mechanischen Druck, einem Ladestrom, einem Entladestrom, einem Ladezustand, insbesondere einem Delta-Ladezustand, und einer Pulsfrequenz. Ganz besonders kann es sich auch um zumindest drei oder mehr oder alle der vorgenannten handeln. Die Umgebung der Batterie lässt sich dabei durch die Temperatur und den mechanischen Druck beeinflussen, sodass diese Alterungsparameter als äußere Umgebungsparameter betrachtet werden können, die einen Einfluss auf die Alterung der Batterie haben können. Die restlichen Parameter sind elektrische Betriebsparameter der Batterie, die beim Laden- und/oder Entladen eingestellt werden können. Mit dem Ladezustand beispielsweise kann als Alterungsparameter angegeben werden, wie stark die Batterie zwischen Lade- /Entladezyklen aufgeladen und entladen wird. Der Ladezustand kann dabei beispielsweise absolut oder relativ vordefiniert werden. Auch hinsichtlich der anderen Alterungsparameter sind unterschiedliche Vordefinitionen möglich, so beispielsweise hinsichtlich des Entladestroms und Ladestroms, bei denen es beispielsweise möglich ist, den Spitzenstrom und/oder den Durchschnittsstrom vorzudefinieren.

[0021] Vorteilhaft ist, wenn die vorgegebenen Alterungsparameter in den Alterungsprofilen in einem vorgegebenen Parameterbereich liegen. Dieser Parameterbereich kann insbesondere im Hinblick auf die Batterieauslegung eingeschränkt sein. So wird verhindert, dass die Batterie außerhalb ihrer Auslegung betrieben wird, beispielsweise bei Temperaturen unterhalb von -40 °C , wenn diese nur auf maximal bis -40 °C ausgelegt ist. Dadurch wird sichergestellt, dass durch die Voralterung keine Beschädigung der Batterie auftritt, die sich ggf. erst später bemerkbar macht und die vorgealterte Batterie nicht mehr in der Weise nutzbar, insbesondere testbar macht, wie es unter ordnungsgemäßen realen Bedingungen möglich wäre.

[0022] Außerdem ist es bevorzugt, wenn sich der vorgegebene Alterungszustand im Bereich von 95 % bis 70 %, insbesondere 90 % bis 75 %, Restkapazität gemessen an einer Designkapazität der Batterie befindet. Beispielsweise können SOHs von 95 %, 90 %, 85 %, 80 %, 75 % und/oder 70 % berücksichtigt werden.

[0023] Es werden mehrere Batterien parallel vorgealtert, wobei der vorgegebene Alterungszustand für alle Batterien derselbe ist. Dazu können die Batterien sich beispielsweise in einer Batterieanordnung mit einer Parallelschaltung der Batterien und einer Spannungsquelle zum Laden der Batterien und einem elektrischen Verbraucher zum Entladen der Batterien befinden. Die Batterien können vorzugsweise baugleich sein, können aber auch unterschiedlich voneinander sein, beispielsweise hinsichtlich Zellchemie, Aufbau, Zellenanzahl usw. Die Batterien weisen vorteilhafterweise dieselbe Batteriekapazität von 100 % der Designkapazität auf. Durch das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren können alle Batterien nach einer ungefähr gleichen Zeitdauer im Wesentlichen auf denselben Alterungszustand gebracht werden, weil die eingesetzten unterschiedlichen Alterungsprofile eine Vergleichmäßigung der Alterung der Batterien ermöglichen.

[0024] Die jeweiligen Alterungsprofile können dabei für alle der parallel vorgealterten Batterien vorzugsweise unterschiedlich gewählt werden. Dies erlaubt es, wie bereits zuvor angesprochen, die Batterien auch zu testen, da unterschiedliche Alterungsprofile eingesetzt werden und so mehr Informationen über die Batteriealterung der Batterien, insbesondere gleicher Bauart, gesammelt

werden können. Alternativ können aber auch gleiche Alterungsprofile für die jeweiligen Batterien gewählt und appliziert werden, um möglichst gleichmäßige Alterungen hervorzurufen.

[0025] Auch ist vorteilhaft, dass zum Erreichen des vorgegebenen Alterungszustands aller Batterien die Alterungsprofile für die Batterien unter Berücksichtigung von zwischenzeitlichen Alterungszuständen aller Batterien ausgewählt werden. Wie zuvor erwähnt kann also ein zwischenzeitlicher Alterungszustand, insbesondere im Verhältnis zu dem vorgegebenen Alterungszustand, ermittelt oder überwacht werden. Bei mehreren Batterien kann dieser aber nicht nur als Rückkopplung für die Auswahl des Alterungsprofils der Batterie mit dem zwischenzeitlichen Alterungszustand, sondern auch für die anderen Batterien genutzt werden. So kann beispielsweise ermittelt werden, dass eine Batterie vergleichsweise schneller altert als die anderen, weil ein zwischenzeitlicher Alterungszustand dieser Batterie höher ausfällt als bei den anderen Batterien. Dann kann für die anderen Batterien ein Alterungsprofil gewählt werden, welches eine schnellere Alterung hervorruft als bei der Batterie mit dem bereits hohen zwischenzeitlichen Alterungszustand, um die Batterien hinsichtlich ihrer zwischenzeitlichen Alterungszustände wieder aneinander anzugleichen. Durch einen derartigen Vergleich der zwischenzeitlichen Alterungszustände und die Rückkopplung dieser an das Voralterungsverfahren zur Auswahl der jeweiligen Alterungsprofile ist es möglich, die Batterien in einem vorgegebenen Batteriekapazitätskorridor zu halten, den die Batterien im Rahmen des Voralterungsverfahrens gemeinsam nicht verlassen. So ist eine aktive Steuerung der Voralterung mehrerer Batterien anhand der Alterungsprofile ermöglicht.

[0026] Die Alterung aller Batterien im Mittel gleich schnell durchzuführen, also eine mittlere Alterungsgeschwindigkeit auszuführen, ist zwar besonders vorteilhaft. Ein weiterer und entscheidender Vorteil ist es, möglichst viele unterschiedliche Kombinationen von Alterungsparametern in jedem aktuellen Alterungsniveau (SOH) messen zu können. Die daraus gewonnenen Informationen können miteinander gekoppelt werden. Dazu kann ein Modell aus den bisher gemessenen Daten über den Zusammenhang zwischen den Alterungsparametern und der Alterung gebildet werden. Mittels des Modells können dann neue Alterungsparameterkombinationen gewählt werden, wo noch wenig Information vorhanden ist, als auch insbesondere ein vorgegebener Alterungsgeschwindigkeitskorridor eingehalten werden.

[0027] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Testverfahren zum Testen von Batteriesätzen gemäß einem vorgegebenen Testplan. Das Testverfahren weist dabei die folgenden Schritte auf:

- Bereitstellen eines ersten Batteriesatzes mit zumindest einer ersten Batterie aufweisend eine erste Batteriekapazität,
- Bereitstellen zumindest eines zweiten Batteriesatzes mit zumindest einer zweiten Batterie aufweisend eine von der ersten Batteriekapazität verschiedene zweite Batteriekapazität,
- Vorgeben des Testplans zum Testen der Batteriesätze, wobei der Testplan Lade- und/oder Entladevorgänge mit vordefinierten Testparametern für die Batteriesätze vorgibt, und
- paralleles Testen der beiden Batteriesätze gemäß dem vorgegebenen Testplan.

[0028] Mit dem erfindungsgemäßen Testverfahren wird damit eine erhebliche Beschleunigung eines Testens von Batterien, insbesondere Batteriesätzen, gemäß einem vorgegebenen Testplan erlaubt. Dies wird dadurch erzielt, dass Batterien mit unterschiedlichen Batteriekapazitäten bereitgestellt und getestet werden. So kann eine Testung von Batterien innerhalb einer bestimmten Bandbreite eines Alterungszustands, insbesondere SOH-Bereichs, beispielsweise von 100 % bis 80 %, erfolgen, ohne wirklich alle Batterien über die notwendige Zyklenzahl von 100 % Designkapazität bis 80 % gemäß dem Testplan zu testen. Der Testplan kann insbesondere ein DOE-Testplan sein.

[0029] Bei den Batterien der einzelnen Batteriesätze kann es sich insbesondere um baugleiche Batterien handeln, also insbesondere mit der gleichen Zellchemie, dem gleichen Zellaufbau und/oder der gleichen Designkapazität. So kann eine Batterie einer bestimmten Bauart mit einer umfassenden Stichprobe getestet werden, sodass eine Variabilität zwischen den Batterien für

das Testverfahren abgedeckt werden. Auch können auf die unterschiedlichen Batterien unterschiedliche Testparameter angewendet werden, sodass unterschiedliche Informationen hinsichtlich der Batteriealterung während der Alterung der einzelnen Batterien gewonnen werden können.

[0030] Jeder der zumindest zwei Batteriesätze umfasst daher vorzugsweise mehrere Batterien, also zumindest zwei, drei oder mehr Batterien, beispielsweise zwei bis zehn oder drei bis sechs Batterien. Dies erlaubt eine höhere Stichprobe für das Testen und damit validere Testergebnisse.

[0031] Unter der Batteriekapazität wird insbesondere die maximale Kapazität einer Batterie verstanden, welche, wie zuvor erläutert, im Verhältnis zu ihrer Designkapazität angegeben werden kann. Ganz besonders handelt es sich bei den Batteriekapazitäten der zumindest einen ersten Batterie und der zumindest einen zweiten Batterie um Restkapazitäten, wobei die Batterien ursprünglich im Wesentlichen die gleiche Ausgangskapazität hatten oder, mit anderen Worten, mit im Wesentlichen der gleichen Designkapazität konstruiert worden sind.

[0032] Der Batterieinnenwiderstand steigt im Allgemeinen und abhängig von der Zellchemie mit fortschreitender Alterung an. Die Veränderung des Innenwiderstands geht mit Einflüssen auf z.B. das Leistungsverhalten der Batterie einher. In Symbiose mit Batteriekapazitätsbestimmung ergibt sich durch entsprechende Messungen ein komplexeres Bild für die Beschreibung der durch die Batteriealterung hervorgerufenen Einflüsse (Leistung, Reichweite).

[0033] Als Testparameter kommen insbesondere dieselben Parameter, ganz besonders elektrische Betriebsparameter in Frage, wie sie in Bezug auf die Alterungsparameter erläutert worden sind.

[0034] Vorzugsweise sind die beiden Batteriesätze jeweils gemäß dem erfindungsgemäßen Voralterungsverfahren auf ihre Batteriekapazitäten, insbesondere Restkapazitäten, vorgealtert worden. Dadurch lässt sich die Bereitstellung der Batteriesätze mit den Batterien auf einfache Art und Weise erzielen. Insbesondere können mehrere Batterien eines Batteriesatzes möglichst den gleichen vorgegebenen Alterungszustand in Form der gleichen Batteriekapazität aufweisen, wenn sie mit dem erfindungsgemäßen Voralterungsverfahren für das erfindungsgemäße Testverfahren vorgealtert worden sind.

[0035] Möglich ist auch, das erfindungsgemäße Testverfahren und das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren miteinander zu kombinieren, wobei das Voralterungsverfahren vor dem Testverfahren durchgeführt wird. Das Voralterungsverfahren kann dabei für zumindest eines der Batteriesätze im Testverfahren ausgeführt werden. Vorteilhafterweise können die Anordnungen oder Schaltungen der Batteriesätze für das Voralterungsverfahren ebenso für das Testverfahren verwendet werden.

[0036] Vorzugsweise sind die vom Testplan vorgegebenen Testparameter für die Batterien unterschiedlich. Dies erlaubt eine Testung von insbesondere baugleichen Batterien bei unterschiedlichem SOH mit unterschiedlichen Testparametern zur Gewinnung unterschiedlicher Alterungsinformationen bei der Alterung der Batterien infolge der Testdurchführung.

[0037] Beispielsweise kann so herausgefunden werden, wie stark die Batteriealterung von der Temperatur beeinflusst wird, wenn beispielsweise eine Batterie bei 20 °C, eine andere Batterie bei 0 °C und eine wiederum andere Batterie bei -20 °C gemäß dem Testplan getestet wird. Der Testparameter, indem sich die Batterien unterscheiden, ist also die Umgebungstemperatur. So können durch den Test unterschiedliche Informationen bezüglich des Alterungsverhaltens bei unterschiedlichen Temperaturen für diesen einen bestimmten Batterietyp gewonnen werden. Hinzu kommt nun die vorteilhafte Bereitstellung von Batteriesätzen von Batterien mit unterschiedlicher Batteriekapazität. Wenn beispielsweise in einem SOH-Bereich von 100 % bis 80 % SOH getestet werden soll, wird beispielsweise ein erster Batteriesatz mit drei ersten Batterien bei 100 % SOH und ein zweiter Batteriesatz mit drei zweiten Batterien bei 90 % SOH bereitgestellt. Diese werden gemäß dem Testplan getestet, sodass jeweils eine Batterie aus beiden Batteriesätzen bei 20 °C, bei 0 °C und bei -20 °C getestet wird. So kann die Testzeit des Testverfahrens ca. halbiert werden gegenüber einem Testverfahren, bei dem ein Batteriesatz mit drei Batterien vollständig von 100 % SOH auf 80 % SOH gealtert werden müsste. Trotzdem wird dieselbe Menge an Alterungs-

informationen über den gesamten SOH-bereich von 100 % bis 80 % gewonnen.

[0038] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren und/oder das erfindungsgemäße Testverfahren auszuführen.

[0039] Damit bringt ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren und das erfindungsgemäße Testverfahren erläutert worden sind.

[0040] Ferner liefert die Erfindung ein computerlesbares Speichermedium, umfassend Befehle, die bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen, das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren und/oder das erfindungsgemäße Testverfahren auszuführen.

[0041] Außerdem wird die eingangs erwähnte Aufgabe durch ein Voralterungssystem zum Voraltern zumindest einer Batterie auf einen vorgegebenen Alterungszustand gelöst. Das Voralterungssystem weist dabei die folgenden Module auf:

- zumindest ein Vorgabemodul zum Vorgeben des zu erreichenden Alterungszustands der Batterie,
- zumindest ein Auswahlmodul zum Auswählen zumindest eines Alterungsprofils aus einer Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile, wobei jedes der Alterungsprofile einen Lade- und/oder Entladevorgang mit vordefinierten Alterungsparametern für die Batterie vorgibt, und zum Auswählen eines weiteren Alterungsprofils aus der Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile, wobei das weitere Alterungsprofil sich in zumindest einem der vordefinierten Alterungsparameter von dem zuvor ausgewählten und auf die Batterie applizierten Alterungsprofil unterscheidet,
- zumindest ein Applikationsmodul zum Applizieren des zuvor ausgewählten zumindest einen Alterungsprofils auf die Batterie und zum Applizieren des zuvor ausgewählten weiteren Alterungsprofils auf die Batterie, und
- zumindest ein Bestimmungsmodul zum Bestimmen eines Erreichens des vorgegebenen Alterungszustands der Batterie.

[0042] Damit bringt ein erfindungsgemäßes Voralterungssystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Voralterungsverfahren erläutert worden sind.

[0043] Insbesondere kann das Voralterungssystem zum Ausführen des erfindungsgemäßen Voralterungsverfahrens eingerichtet sein.

[0044] Einzelne oder alle Module des Voralterungssystems können dabei beispielsweise jeweils durch einen separaten Computerprogrammcode oder gemeinsam durch einen gemeinsamen Computerprogrammcode und/oder durch separate oder gemeinsame Funktionseinheiten eines Computers oder elektronische Komponenten implementiert sein. Möglich ist auch, dass einzelne Module in einem gemeinsamen Modul implementiert sind. Das Voralterungssystem kann insbesondere einen oder mehrere Computer umfassen oder durch den einen oder mehrere Computer gebildet sein, welcher oder welche die einzelnen Module aufweisen können.

[0045] Schließlich wird die eingangs erwähnte Aufgabe auch durch ein Testsystem zum Testen von Batteriesätzen gelöst. Das Testsystem weist die folgenden Module auf:

- zumindest ein Bereitstellungsmodul zum Bereitstellen eines ersten Batteriesatzes mit zumindest einer ersten Batterie aufweisend eine erste Batteriekapazität und zum Bereitstellen zumindest eines zweiten Batteriesatzes mit zumindest einer zweiten Batterie aufweisend eine von der ersten Batteriekapazität verschiedene zweite Batteriekapazität,
- zumindest ein Vorgabemodul zum Vorgeben des Testplans zum Testen der Batteriesätze, wobei der Testplan Lade- und/oder Entladevorgänge mit vordefinierten Testparametern für die Batteriesätze vorgibt, und

- zumindest ein Testmodul zum parallelen Testen der beiden Batteriesätze gemäß dem vorgegebenen Testplan.

[0046] Das parallele Testen kann beispielsweise getrennt oder auch gemeinsam ausgeführt werden. Das heißt es kann zumindest ein Testmodul zum getrennten oder parallelen Testen der beiden Batteriesätze eingesetzt werden. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Testsystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Testverfahren erläutert worden sind.

[0047] Insbesondere kann das Testsystem zum Ausführen des erfindungsgemäßen Testverfahrens eingerichtet sein.

[0048] Auch können das Testsystem und das Voralterungssystem zu einem gemeinsamen System kombiniert sein, wobei einzelne Module, wie beispielsweise das Vorgabemodul, nur einmal vorgesehen sein können und für das Testsystem und das Voralterungssystem verwendet werden können.

[0049] Einzelne oder alle Module des Testsystems können dabei beispielsweise jeweils durch einen separaten Computerprogrammcode oder gemeinsam durch einen gemeinsamen Computerprogrammcode und/oder durch separate oder gemeinsame Funktionseinheiten eines Computers oder elektronische Komponenten implementiert sein. Möglich ist auch, dass einzelne Module in einem gemeinsamen Modul implementiert sind. Das Testsystem kann insbesondere einen oder mehrere Computer umfassen oder durch den einen oder mehrere Computer gebildet sein, welcher oder welche die einzelnen Module aufweisen können.

[0050] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschreiben sind. Es zeigen schematisch:

[0051] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Batterieschaltung,

[0052] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Voralterungsverfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0053] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Voralterungssystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0054] Fig. 4 eine schematische Darstellung der Alterung von Batterien durch ein Alterungsverfahren gemäß dem Stand der Technik,

[0055] Fig. 5 eine schematische Darstellung der Alterung von Batterien durch das Voralterungsverfahren der Fig. 2 oder das Voralterungssystem der Fig. 3,

[0056] Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Testverfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0057] Fig. 7 eine schematische Darstellung eines Testsystems gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0058] Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Alternative zum Testsystem der Fig. 7;

[0059] Fig. 9 eine schematische Darstellung einer Alternative zum Testsystem der Fig. 7, insbesondere in Kombination mit Fig. 8;

[0060] Fig. 10 eine weitere schematische Darstellung der Alterung von Batterien durch das Voralterungsverfahren der Fig. 2 oder das Voralterungssystem der Fig. 3, und

[0061] Fig. 11 eine schematische Darstellung der Alterung von Batterien während des Testverfahrens der Fig. 6 oder des Testsystems der Fig. 7.

[0062] Identische oder funktionsgleiche Elemente sind in den Figuren 1 bis 11 jeweils mit demselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0063] Figur 1 zeigt schematisch eine Batterieschaltung 1 mit mehreren Batterien 2, die parallel

zu einer Spannungsquelle 3 zum Laden der Batterien 2 und einem Verbraucher 4 zum Entladen der Batterien 2 geschaltet sind. Durch Schalter 5 in der Batterieschaltung 1 können die Spannungsquelle 3 und der Verbraucher 4 jeweils zugeschaltet werden. Die Batterien 2 können baugleich sein. Die Batterien 2 können beispielsweise Batteriezellen, Batteriemodule oder Batteriepacks sein.

[0064] Wie in der Fig. 1 durch jeweils drei Fortsetzungspunkte angedeutet ist, können dabei noch mehr als die beispielhaft gezeigten fünf Batterien 2 parallel geschaltet sein. Alternativ ist auch möglich, dass weniger als fünf Batterien 2, beispielsweise nur zwei oder nur eine Batterie 2 in der Batterieschaltung 1 vorgesehen ist. Ferner kann auch vorgesehen sein, dass jeder der Batterien 2 eine eigene Spannungsquelle 3, ein eigener Verbraucher 4 und/oder ein eigener Schalter 5 zugeordnet ist, sodass die Fig. 1 lediglich eine einfache Variante einer möglichen Batterieschaltung 1 zeigt, welche das mit Hinblick auf die Figur 2 erläuterte Voralterungsverfahren 10 erlaubt.

[0065] Das Voralterungsverfahren 10 dient dem Voraltern der einen oder mehreren Batterien 2 (auf die sich im Folgenden bezogen wird) der Batterieschaltung 1 auf einen vorgegebenen Alterungszustand. In einem Vorgabeschritt 11 des Voralterungsverfahrens 10 wird dazu der zu erreichende Alterungszustand der Batterien 2 vorgegeben.

[0066] In einem ersten Auswählschritt 12 wird dann ein Alterungsprofil aus einer Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile ausgewählt. Jedes der Alterungsprofile gibt eine bestimmte Anzahl von Lade-/Entladezyklen mit vordefinierten Alterungsparametern für die Batterien 2 vor, die mittels der Spannungsquelle 3 und dem Verbraucher 4 ausgeführt werden. Die Alterungsparameter können beispielsweise Umgebungsparameter wie Temperatur oder mechanischer Druck auf die Batterien 2 und elektrische Betriebsparameter wie Lade- und Entladestrom sein. In einem ersten Applikationsschritt 13 wird das im ersten Auswählschritt 12 ausgewählte Alterungsprofil auf die Batterien 2 appliziert.

[0067] Der erste Auswählschritt 12 und der erste Applikationsschritt 13 werden nun im Wesentlichen durch einen zweiten Auswählschritt 14 und einen zweiten Applikationsschritt 15 wiederholt, wobei auch weitere Wiederholungen möglich sind, wie in der Fig. 2 durch drei Fortsetzungspunkte angedeutet sind, bis der vorgegebene Alterungszustand der Batterien 2 erreicht ist. Im Unterschied zu dem ersten Auswählschritt 12 wird im zweiten Auswählschritt 14 und möglicherweise weiteren, also dritten, vierten usw. Auswählschritten (hier nicht gezeigt), ein von dem zuvor applizierten Alterungsprofil unterschiedliches Alterungsprofil ausgewählt. Das Alterungsprofil unterscheidet sich dabei in einem oder mehreren der vordefinierten Alterungsparameter, sodass die Batterien 2 bei den unterschiedlichen Alterungsprofilen unterschiedlich belastet werden.

[0068] Figur 3 zeigt ein Voralterungssystem 20, wie es zur Durchführung des Voralterungsverfahrens 10 der Fig. 2 verwendet werden kann. Das Voralterungssystem 20 weist ein Vorgabemodul 21 zur Durchführung des Vorgabeschritts 11, ein Auswahlmodul 22 zur Durchführung der Auswählschritte 12, 14, ein Applikationsmodul 23 zur Durchführung der Applikationsschritte 13, 15 sowie ein Bestimmungsmodul 24 auf, welches das Erreichen des vorgegebenen Alterungszustandes der Batterien 2 bestimmt und so den Abbruch des Voralterungsverfahrens 10 erlaubt.

[0069] Figur 4 zeigt nun die Alterung von fünf Batterien 2 in einem Diagramm von SOH (State of Health) als Angabe der Restkapazität der Batterien 2 gegenüber ihrer Designkapazität (normiert auf 100 %) über der Zyklenzahl n von Lade-/Entladezyklen gemäß dem Stand der Technik. Bei einem Alterungsverfahren gemäß dem Stand der Technik wird ein spezifischer Lade-/Entladezyklen auf jede der Batterien 2 appliziert, der durchgehend gleich bleibt. Dies führt einerseits dazu, dass einzelne Batterien 2 sehr lange brauchen, bis sie einen bestimmten Alterungszustand, beispielsweise von SOH = 80 % erreichen (die oberen drei Batterien 2 in Fig. 4 brauchen über $n = 1.000$ Zyklen). Und andererseits führt dies zu der sichtbaren ungleichmäßigen Alterung. Entsprechend ist es mit dem Verfahren aus dem Stand der Technik nicht möglich, die Batterien 2 gleichmäßig zu altern.

[0070] Wenn das in der Fig. 4 gezeigte Verfahren als Testverfahren genutzt wird, bei dem Alterungsinformationen über die Batterien 2 gewonnen werden, ist dies unbefriedigend, weil nach

1.000 Zyklen für alle Batterien 2 nicht über denselben SOH-Bereich von beispielsweise 100 % bis 75 % eine Aussage über deren Alterungsverhalten in Abhängigkeit der spezifischen Lade-/Entladezyklen gegeben werden kann.

[0071] Anders sieht dies bei dem erfindungsgemäßen Voralterungsverfahren 10 aus, dessen Ergebnis in dem Diagramm der Figur 5 sichtbar ist. Hier wurden die Batterien 2 gemäß dem Voralterungsverfahren 10 mit dem Voralterungssystem 20 vorgealtert und haben schneller einen SOH von ca. 80% erreicht (nach ca. $n = 1.000$ Zyklen) und sind auch viel gleichmäßiger gealtert, so dass deren SOH vergleichbar ist.

[0072] Wenn das Voralterungsverfahren 10, wie es in der Fig. 5 eingesetzt worden ist, als Testverfahren zum Gewinnen von Alterungsinformationen genutzt wird, konnten für alle fünf Batterien 2 über einen SOH-Bereich von 100 % bis ca. 80 % mit unterschiedlichen Alterungsprofilen getestet werden, sodass hier eine größere Fülle von Informationen zur Alterung bereitsteht. Noch mehr bevorzugt ist es jedoch, das Voralterungsverfahren 10 vor dem eigentlichen Testverfahren 30, wie es in der Fig. 6 gezeigt ist, einzusetzen.

[0073] Figur 6 zeigt schematisch ein Testverfahren 30 zum Testen von Batteriesätzen, wie etwa dem Batteriesatz der Fig. 1 umfassend die dort gezeigten fünf Batterien 2 sowie einen weiteren, nicht gezeigten Batteriesatz, der seinerseits wieder eine Mehrzahl von Batterien 2 umfasst. Figur 7 zeigt ein korrespondierendes Testsystem 40, durch das sich das Testverfahren 30 durchführen lässt.

[0074] Durch ein Bereitstellungsmodul 41 wird in einem ersten Bereitstellungsschritt 31 ein erster Batteriesatz mit ersten Batterien 2 mit einer ersten Batteriekapazität, insbesondere Restkapazität, bereitgestellt, beispielsweise in einer Batterieschaltung 1 wie der aus Fig. 1 angeschlossen. Durch selbiges Bereitstellungsmodul 41 des Testsystems 40 wird in einem zweiten Bereitstellungsschritt 32 ein zweiter Batteriesatz mit zweiten Batterien 2 mit einer zweiten Batteriekapazität bereitgestellt, die von der ersten Batteriekapazität verschieden ist.

[0075] Wie in der Fig. 7 und Fig. 11 zu sehen ist, kann der erste Batteriesatz beispielsweise drei Batterien 2 mit Batteriekapazitäten von 100 % SOH aufweisen und der zweite Batteriesatz kann beispielsweise ebenfalls drei Batterien 2 mit Batteriekapazitäten von 90 % SOH aufweisen, welche insbesondere gemäß dem erfindungsgemäßen Voralterungsverfahren 10 schnell und gleichmäßig mit wenigen Zyklen vorgealtert worden sind.

[0076] In der Fig. 7 ist hier angedeutet, dass weitere Bereitstellungsschritte (nicht gezeigt) möglich sind, um weitere Batteriesätze mit weiteren Batterien 2 vorzusehen, in denen die Batterien 2 andere SOHs aufweisen, beispielsweise 95 % SOH und 85 % SOH, wodurch sich das Testverfahren 30 noch mehr beschleunigen lässt, wie aus dem Folgenden deutlich wird.

[0077] Von einem Vorgabemodul 42 des Testsystems 40 wird dann ein Vorgabeschritt 33 zum Vorgeben des Testplans zum Testen der Batteriesätze ausgeführt. Der Testplan gibt Lade-/Entladezyklen mit vordefinierten Testparametern für die Batteriesätze vor, wobei diese für die getesteten Batterien 2 unterschiedlich sind.

[0078] Dann erfolgt durch ein Testmodul 43 ein Testschritt 34, bei dem die Batteriesätze zeitlich parallel gemäß dem vorgegebenen Testplan getestet werden. Das Ergebnis ist in Fig. 11 zu sehen, welches zeigt, dass die Batterien 2 im SOH-Bereich von 100 bis ca. 80 % in nur 600 Zyklen vollständig getestet werden, statt über 1.000 Zyklen und nur in einem teilweise übereinstimmenden SOH-Bereich von 100 % bis knapp unter 95 % aller Batterien 2, wie es bei einem Alterungstest gemäß der Fig. 4 der Fall wäre.

[0079] Anders als in Fig. 7 gezeigt kann die Bereitstellung der Batteriesätze 1 mit unterschiedlichen Kapazitäten (bspw. 95%, 90%, usw.) auch parallel erfolgen. Entsprechend kann das Testverfahren 30 jeweils an den unterschiedlichen Batteriesätzen 1 verschiedener Kapazitäten durchgeführt werden. Entsprechend können auch unterschiedliche Testsysteme 40 eingesetzt werden, an denen parallel oder hintereinander die Batteriesätze 1 unterschiedlicher Kapazitäten getestet werden, wie die Fig. 8 und 9 beispielhaft zeigen, wobei die Daten aus beiden Testsystemen 40 der Fig. 8 und 9 anschließend zusammengeführt werden können.

[0080] Figur 10 zeigt einen Batteriekapazitätskorridor 50, wie er vorzugsweise durch einen vorgegebenen Parameterbereich für die Alterungsparameter der Alterungsprofile eingehalten wird. Alternativ oder zusätzlich kann der Batteriekapazitätskorridor 50 durch eine Ermittlung und Rückkopplung zwischenzeitlicher Alterungszustände der Batterien 2 eingehalten werden. Die Rückkopplung kann im Auswahlschritt 14 sowie weiteren Auswahlschritten erfolgen, um dort das weitere Alterungsprofil der Batterien 2 derart auszuwählen, dass alle Batterien 2 in dem Batteriekapazitätskorridor 50 verlaufen und möglichst zeitgleich den vorgegebenen Alterungszustand erreichen.

[0081] Die voranstehenden Erläuterungen der Ausführungsformen beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Batterieschaltung
- 2 Batterie
- 3 Spannungsquelle
- 4 Verbraucher
- 5 Schalter
- 10 Voralterungsverfahren
- 11 Vorgabeschritt
- 12 erster Auswählschritt
- 13 erster Applikationsschritt
- 14 zweiter Auswählschritt
- 15 zweiter Applikationsschritt
- 20 Voralterungssystem
- 21 Vorgabemodul
- 22 Auswahlmodul
- 23 Applikationsmodul
- 24 Bestimmungsmodul
- 30 Testverfahren
- 31 erster Bereitstellungsschritt
- 32 zweiter Bereitstellungsschritt
- 33 weiterer Vorgabeschritt
- 34 Testschritt
- 40 Testsystem
- 41 Bereitstellungsmodul
- 42 Vorgabemodul
- 43 Testmodul
- 50 Batteriekapazitätskorridor

Patentansprüche

1. Voralterungsverfahren (10) zum parallelen Voraltern mehrerer Batterien (2) auf einen vorgegebenen Alterungszustand, wobei das Voralterungsverfahren (10) **durch** die folgenden Schritte **gekennzeichnet** ist:
 - Vorgeben (11) des zu erreichenden Alterungszustands der Batterien (2), wobei der vorgegebene Alterungszustand für alle Batterien (2) im Wesentlichen derselbe ist,
 - Auswählen (12) zumindest eines Alterungsprofils aus einer Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile, unter Berücksichtigung von zwischenzeitlichen Alterungszuständen aller Batterien (2), wobei jedes der Alterungsprofile zumindest einen Lade- und/oder Entladevorgang mit vordefinierten Alterungsparametern für die Batterien (2) vorgibt,
 - Applizieren (13) des zuvor ausgewählten zumindest einen Alterungsprofils auf die Batterien (2),
 - Auswählen (14) zumindest eines weiteren Alterungsprofils aus der Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile, unter Berücksichtigung von zwischenzeitlichen Alterungszuständen aller Batterien (2), wobei das weitere Alterungsprofil sich in zumindest einem der vordefinierten Alterungsparameter von dem zuvor ausgewählten und auf die Batterien (2) applizierten Alterungsprofil unterscheidet,
 - Applizieren (15) des zuvor ausgewählten wenigstens eines weiteren Alterungsprofils auf die Batterien (2) bis zum Erreichen des vorgegebenen Alterungszustands der Batterien (2).
2. Voralterungsverfahren (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bis zum Erreichen des vorgegebenen Alterungszustands der Batterien (2) noch weitere Alterungsprofile aus der Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile ausgewählt und auf die Batterien (2) appliziert werden, wobei die noch weiteren Alterungsprofile sich in zumindest einem der vordefinierten Alterungsparameter zumindest von dem zuvor ausgewählten und auf die Batterien (2) applizierten Alterungsprofil unterscheiden.
3. Voralterungsverfahren (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eines der ausgewählten Alterungsprofile zum Altern der Batterien (2) mit einer ersten Geschwindigkeit eingerichtet ist und zumindest ein anderes der ausgewählten Alterungsprofile zum Altern der Batterien (2) mit einer von der ersten Geschwindigkeit verschiedenen zweiten Geschwindigkeit eingerichtet ist.
4. Voralterungsverfahren (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgegebenen Alterungsparameter zumindest zwei von einer Temperatur, einem mechanischen Druck, einem Ladestrom, einem Entladestrom, einem Ladezustand und einer Pulsfrequenz sind.
5. Voralterungsverfahren (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgegebenen Alterungsparameter in den Alterungsprofilen in einem vorgegebenen Parameterbereich liegen.
6. Voralterungsverfahren (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der vorgegebene Alterungszustand im Bereich von 95 % bis 70 % Restkapazität gemessen an einer Designkapazität der Batterien (2) befindet.
7. Testverfahren (30) zum Testen von Batteriesätzen gemäß einem vorgegebenen Testplan, wobei die Batteriesätze jeweils gemäß dem Voralterungsverfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 auf ihre Batteriekapazitäten vorgealtert worden sind, wobei das Testverfahren (30) **durch** die folgenden Schritte **gekennzeichnet** ist:
 - Bereitstellen (31) eines ersten Batteriesatzes mit zumindest einer ersten Batterie (2) aufweisend eine erste Batteriekapazität,
 - Bereitstellen (32) zumindest eines zweiten Batteriesatzes mit zumindest einer zweiten Batterie (2) aufweisend eine von der ersten Batteriekapazität verschiedene zweite Batteriekapazität,

- Vorgeben (33) des Testplans zum Testen der Batteriesätze, wobei der Testplan Lade- und/oder Entladevorgänge mit vordefinierten Testparametern für die Batteriesätze vorgibt, und
 - paralleles Testen (34) der beiden Batteriesätze gemäß dem vorgegebenen Testplan.
8. Testverfahren (30) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder der Batteriesätze jeweils mehrere Batterien (2) umfasst.
9. Testverfahren (30) nach einem der Ansprüche 7 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vom Testplan vorgegebenen Testparameter für die Batterien (2) unterschiedlich sind.
10. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Voralterungsverfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und/oder das Testverfahren (30) nach einem der Ansprüche 7 bis 9 auszuführen.
11. Computerlesbares Speichermedium, umfassend Befehle, die bei der Ausführung durch einen Computer diesen veranlassen, das Voralterungsverfahren (1) nach einem der Anspruch 1 bis 6 und/oder das Testverfahren (30) nach einem der Ansprüche 7 bis 9 auszuführen.
12. Voralterungssystem (20) zum parallelen Voraltern mehrerer Batterien (2) auf einen vorgegebenen Alterungszustand, wobei der vorgegebene Alterungszustand für alle Batterien (2) im Wesentlichen derselbe ist, wobei das Voralterungssystem (20) **durch** die folgenden Module (21, 22, 23, 24) **gekennzeichnet** ist:
- zumindest ein Vorgabemodul (21) zum Vorgeben des zu erreichenden Alterungszustands der Batterien (2),
 - zumindest ein Auswahlmodul (22) zum Auswählen zumindest eines Alterungsprofils aus einer Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile, unter Berücksichtigung von zwischenzeitlichen Alterungszuständen aller Batterien (2), wobei jedes der Alterungsprofile einen Lade- und/oder Entladevorgang mit vordefinierten Alterungsparametern für die Batterien (2) vorgibt, und zum Auswählen eines weiteren Alterungsprofils aus der Vielzahl unterschiedlicher Alterungsprofile, wobei das weitere Alterungsprofil sich in zumindest einem der vordefinierten Alterungsparameter von dem zuvor ausgewählten und auf die Batterien (2) applizierten Alterungsprofil unterscheidet,
 - zumindest ein Applikationsmodul (23) zum Applizieren des zuvor ausgewählten zumindest einen Alterungsprofils auf die Batterien (2) und zum Applizieren des zuvor ausgewählten weiteren Alterungsprofils auf die Batterien (2), und
 - zumindest ein Bestimmungsmodul (24) zum Bestimmen eines Erreichens des vorgegebenen Alterungszustands der Batterien (2).
13. Testsystem (40) zum Testen von Batteriesätzen, wobei das Testsystem (40) **durch** die folgenden Module **gekennzeichnet** ist:
- zumindest ein Bereitstellungsmodul (41) zum Bereitstellen eines ersten Batteriesatzes mit zumindest einer ersten Batterie (2) aufweisend eine erste Batteriekapazität und zum Bereitstellen zumindest eines zweiten Batteriesatzes mit zumindest einer zweiten Batterie (2) aufweisend eine von der ersten Batteriekapazität verschiedene zweite Batteriekapazität,
 - zumindest ein Vorgabemodul (42) zum Vorgeben des Testplans zum Testen der Batteriesätze, wobei der Testplan Lade- und/oder Entladevorgänge mit vordefinierten Testparametern für die Batteriesätze vorgibt, und
 - zumindest ein Testmodul (43) zum parallelen Testen der beiden Batteriesätze gemäß dem vorgegebenen Testplan.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

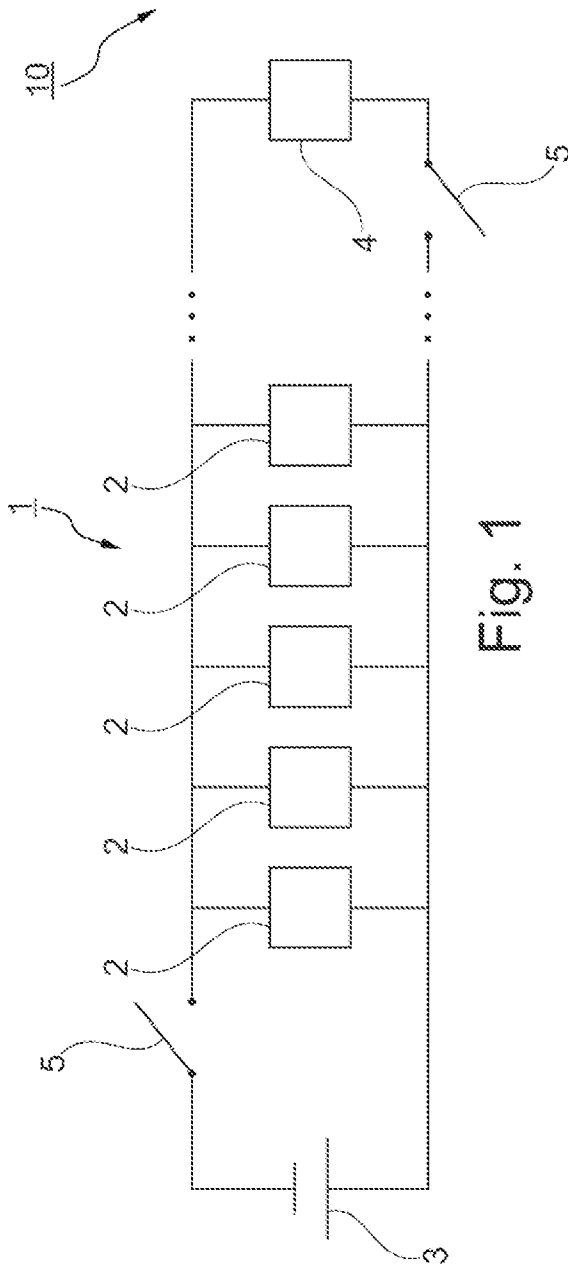


Fig. 1

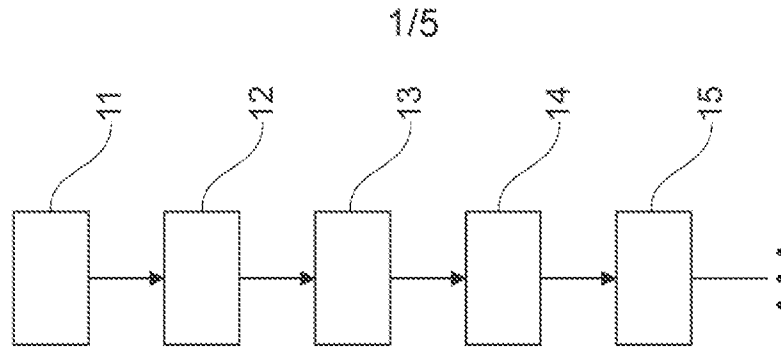


Fig. 2

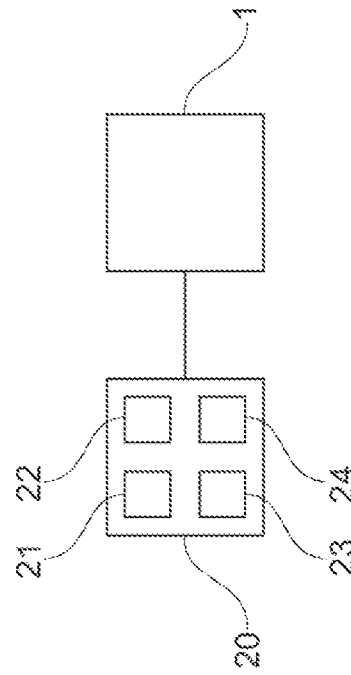


Fig. 3

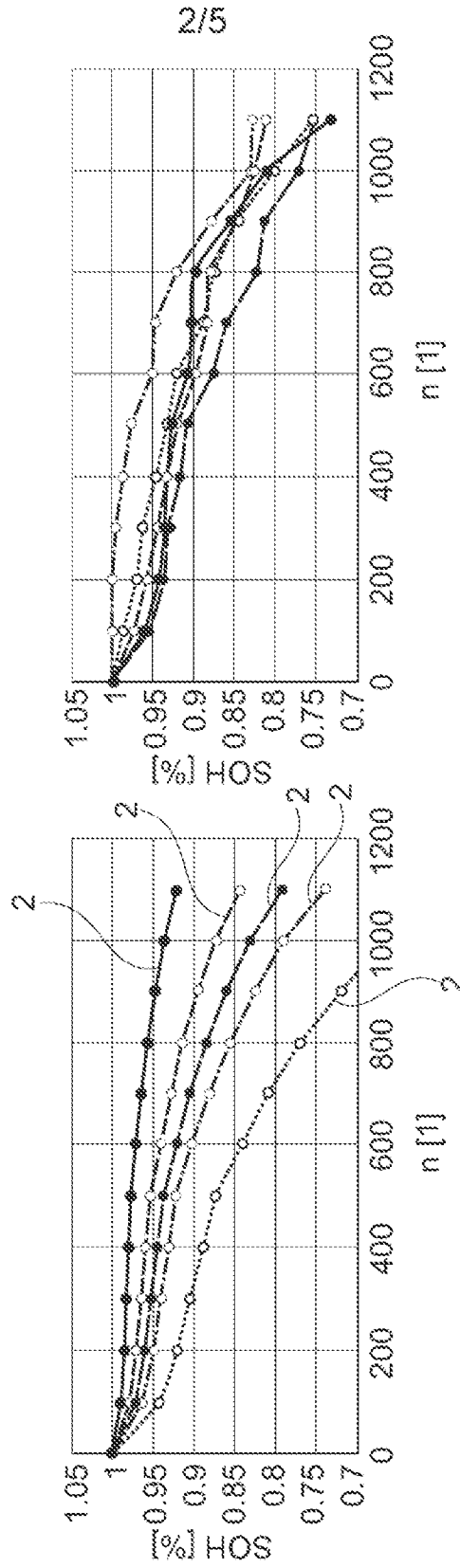


Fig. 5

Fig. 4

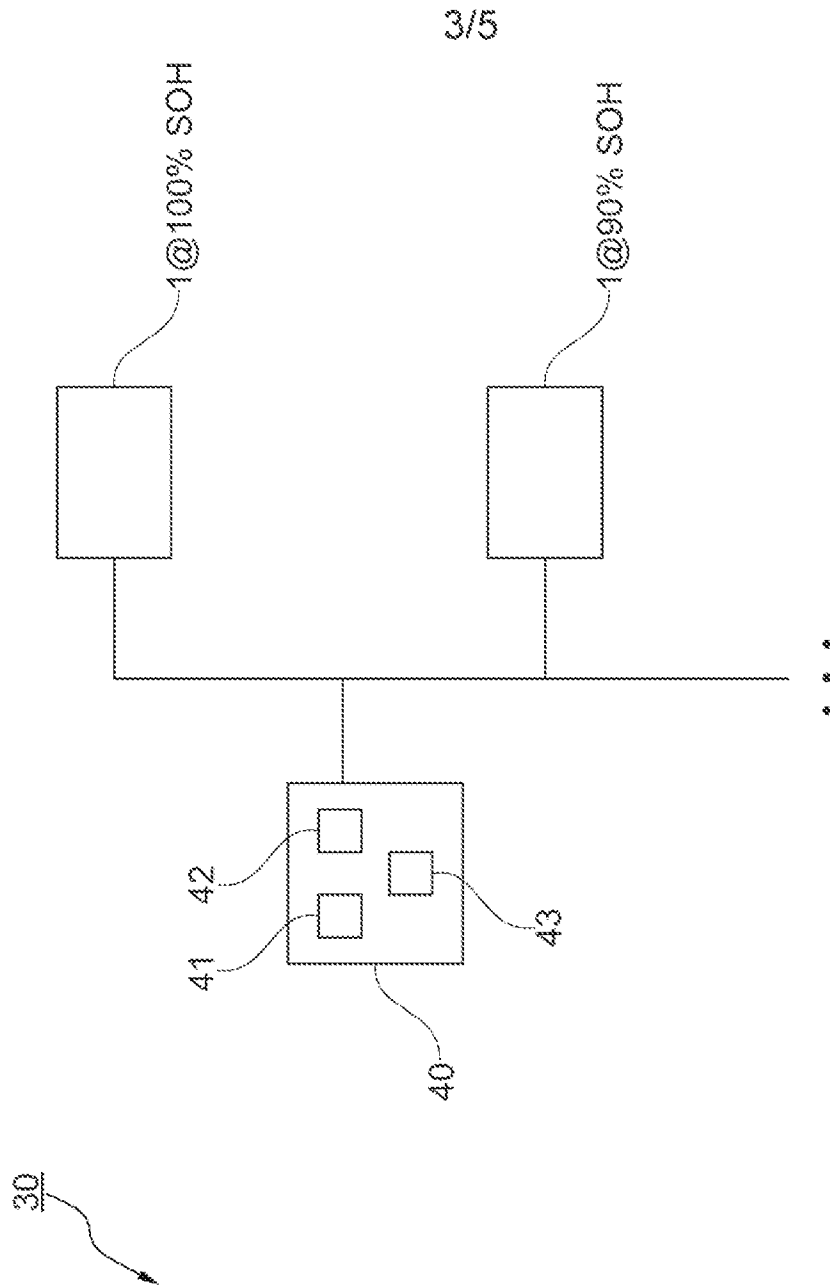


Fig. 7

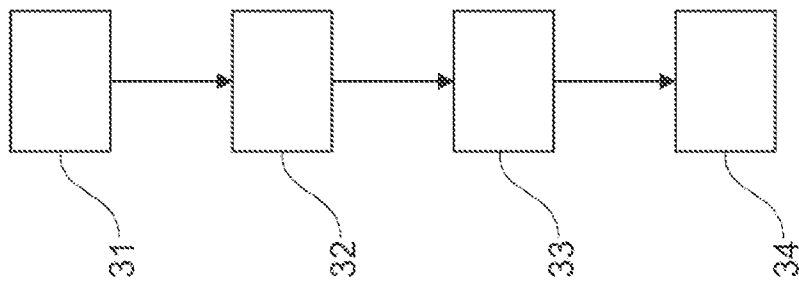


Fig. 6

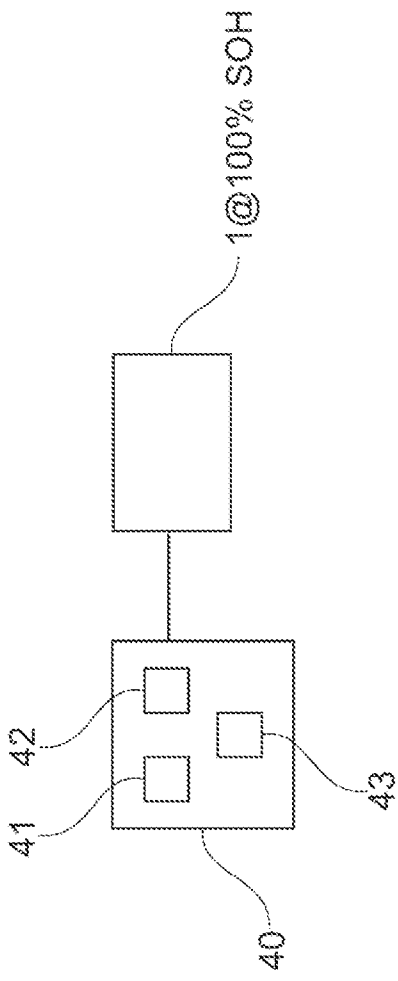


Fig. 8

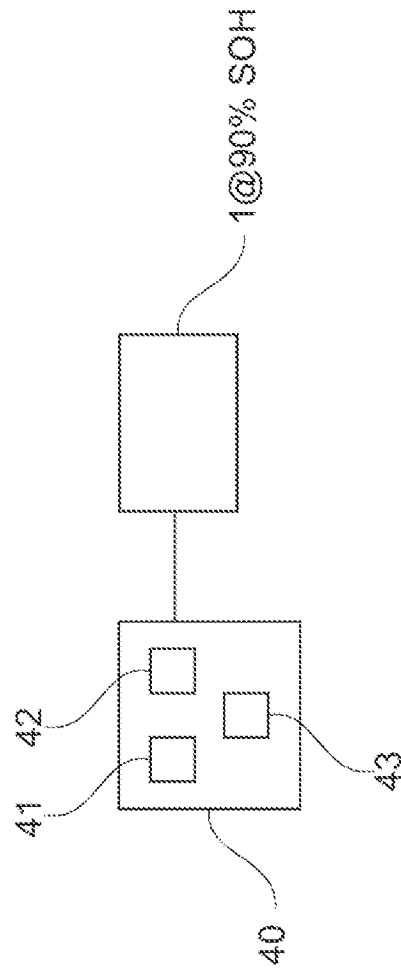


Fig. 9

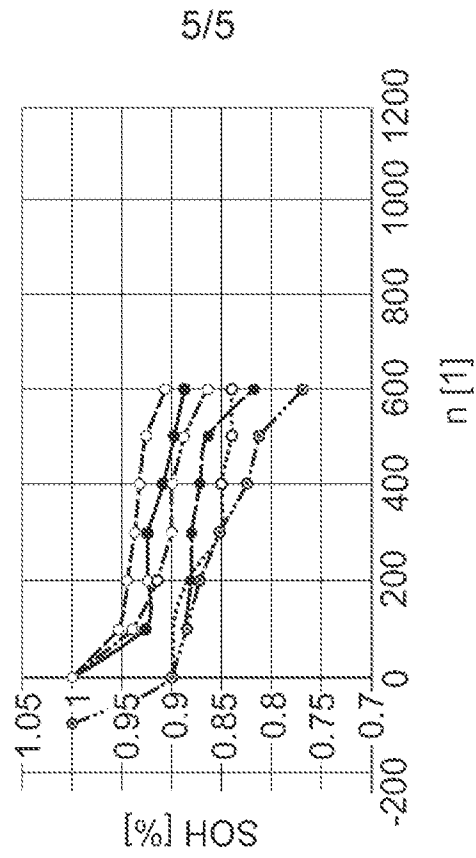


Fig. 11

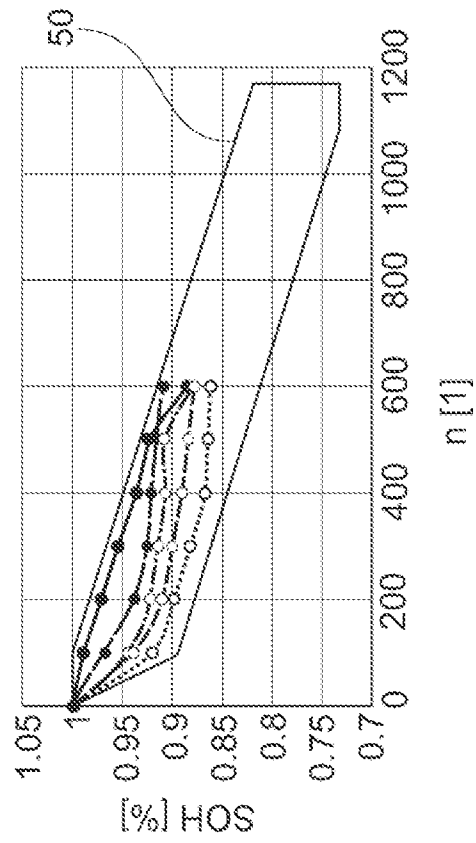


Fig. 10