

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50848/2020
(22) Anmeldetag: 02.10.2020
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2024

(51) Int. Cl.: **G01R 31/36** (2020.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102013205334 A1
US 2002193955 A1
US 2015037624 A1
CN 111707958 A

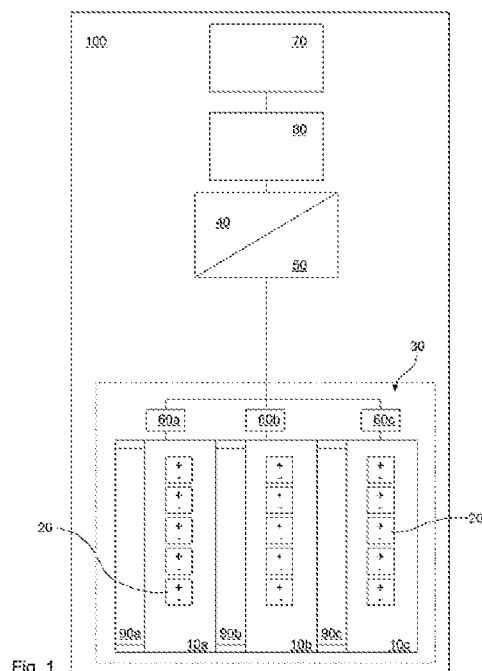
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Prochazka Wenzel Dr.
8010 Graz (AT)
Fuchs Ernst Dipl.Ing.
8062 Kumberg (AT)
Kohs Wolfram Dr.
8010 Graz (AT)

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

(54) Prüfvorrichtung für separate Batteriezellen

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Prüfvorrichtung (100) sowie ein Verfahren zur zeitgleichen Überprüfung einer Mehrzahl von separaten Batteriezellen (20) in Bezug auf eine Eigenschaft eines Ladeverhaltens jeder Batteriezelle. Die Prüfvorrichtung weist neben einem Verbindungsmodul (30) einem Lademodul (40), einem Entlademodul (50), einem Messmodul (60a, 60b, 60c) und einem Vergleichsmodul (70) ein Steuermodul (80) für eine Steuerung von einem oder mehreren parallel ablaufenden Auf- und Entladezyklen auf. Erfindungsgemäß weist die Prüfvorrichtung (100) ferner ein Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) auf, das einen gemeinsamen Auf- und Entladezyklus für eine vorbestimmte Anzahl (n) aus der Mehrzahl von separaten Batteriezellen (20) über das Steuermodul (80) bereitstellt, wobei die für das Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) vorbestimmte Anzahl (n) von separaten Batteriezellen (20) mittels des Verbindungsmoduls (30) in Serie geschaltet sind, und das Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) weist Zyklusmittel auf, um die vorbestimmte Anzahl (n) von separaten Batteriezellen (20) zumindest zeitweise mit einem gemeinsamen Aufladestrom und/oder einem gemeinsamen Entladestrom des Zyklusmoduls (10a, 10b, 10c) elektrisch zu beaufschlagen.



Beschreibung

PRÜFVORRICHTUNG FÜR SEPARATE BATTERIEZELLEN

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Prüfvorrichtung zur zeitgleichen Überprüfung einer Mehrzahl von separaten Batteriezellen in Bezug auf eine Eigenschaft eines Ladeverhaltens jeder Batteriezelle sowie ein Verfahren hierzu.

[0002] Derartige Überprüfungen werden beispielsweise an einem Ende einer Fertigungslinie einer Batteriezellenproduktion durchgeführt, um eine Qualität von produzierten Batteriezellen gleichen Typs, insbesondere einer Produktionscharge zu überwachen. Ebenso werden entsprechende Tests für ein sogenanntes Matching durchgeführt, d.h. wenn für die Fertigung von Batteriemodulen, eine Gruppe möglichst homogener Batteriezellen mit nahezu identischen Messwerten zu Eigenschaften wie der Kapazität, einem Innenwiderstand o.ä. ermittelt werden sollen.

[0003] Nach einem Zusammensetzen der einzelnen Elemente einer Lithium-Ionen Batteriezelle einschließlich einem Befüllen mit Elektrolyt durchlaufen die Batteriezellen einen sogenannten Formierungsprozess. Dabei bildet sich eine Art Schutzschicht auf der Anode aus, die sogenannte „solid electrolyte interphase“ auch SEI genannt. Die Qualität dieser Schicht ist für die weiteren Eigenschaften und vor allem für die Lebenserwartung der Batteriezelle von großer Bedeutung. Aufgrund dieser Bedeutung kommt dem Formierungsschritt eine hohe Aufmerksamkeit bei der Batteriezellenproduktion zu. Im einfachsten Fall besteht die Formierung aus einem sehr langsamen Lade- und Entladeschritt, bei denen sich die SEI aufbauen kann, wobei bestimmte Bedingungen wie die Temperatur, Laderate, Konstantpotenzial-Ladeschritten, Pausenzeiten o.ä. zuvor auf ein spezifisches Paar von Elektrolyt und Elektrodenmaterial optimiert wurden.

[0004] Im Idealfall werden sämtliche Batteriezellen einer Qualitätskontrolle unterzogen, wobei deren erfasste Werte zur Kapazität und des Innenwiderstands im Falle einer nachgelagerten Gruppierung der Batteriezellen für Batteriemodule oder Batteriepakete einem entsprechenden Selektionsschritt für ein Matching der Batteriezellen auf enge Bereiche ähnlicher Werte zur Verfügung gestellt werden können.

[0005] Es sind Messapparaturen zur Prüfung von Batteriezellen bekannt, in denen eine Batteriezelle Testzyklen mit Auflade- und Entladeschritten unterzogen wird während Ströme bzw. Ladungsmengen und eine Zellenspannung erfasst werden. Es sind auch derartige Messapparaturen für eine End-of-Line Zelltestung in Produktionen bekannt, die eine Vielzahl von Testkanälen bereitstellen, in denen parallel bzw. zeitgleich ablaufend jeweils eine Batteriezelle vermessen werden kann, so dass ein höherer Durchsatz an Stückzahlen der Batteriezellen erfolgen kann.

[0006] Dieses Prinzip hat jedoch erhebliche Nachteile in der Genauigkeit bzw. Vergleichbarkeit der Messungen. Problematisch ist hierbei, dass eine Strommessung zur Erfassung von bewegten Ladungsmengen in und aus den Batteriezellen für alle parallelen Zyklen sehr genau sein muss, z.B. eine identische Replizierung der Ladeströme und Messungen bis auf z.B. 99,999 %, um für alle getesteten Batteriezellen eine Ausgangsbedingung für eine qualitative Vergleichbarkeit zu schaffen und eine Produktionscharge valide überprüfen zu können.

[0007] Ferner eignet sich eine entsprechende Messapparatur im Hinblick auf die Handhabung großer Stückzahlen lediglich zur Durchführung von Stichproben, da die Einzeltestung von Batteriezellen eine individuelle und somit zeitintensive bzw. lediglich aufwändig zu automatisierende Bestückung und Entnahme der Batteriezellen zulässt.

[0008] Darüber hinaus sind sogenannte Modultester oder Modulzyklisierer bekannt, an denen anstelle einer Batteriezelle ein Batteriemodul in gleicher Weise angeschlossen und vermessen werden kann. Eine solche Messapparatur lässt lediglich Rückschlüsse auf die Eigenschaften des Batteriemoduls als Ganzes, d.h. die darin enthaltenen Batteriezellen im Verbund, jedoch nicht auf diese im Einzelnen zu. So kann zwar eine insgesamt größere Stückzahl von Batteriezellen zyklisiert werden, eine Messauflösung im Sinne einer Qualitätskontrolle der Batteriezellen ist hier jedoch nicht möglich. Aus dem Stand der Technik sind hier beispielsweise die DE 102013205334

A1 und die US 2002193955 A1 bekannt.

[0009] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine zur Qualitätskontrolle von Batteriezellen geeignete Prüfvorrichtung zu schaffen, welche hierfür eine Messtechnik mit hoher Genauigkeit bereitstellt. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung eine dementsprechende Prüfvorrichtung zu schaffen, die eine verbesserte Handhabung bereitstellt, um einen hohen Durchsatz separater Batteriezellen aus einer Produktionslinie zyklisieren und vermessen zu können.

[0010] Die voranstehenden Aufgaben werden durch eine Prüfvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 18 gelöst. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

[0011] Erfindungsgemäß ist eine Prüfvorrichtung zur zeitgleichen Überprüfung einer Mehrzahl von separaten Batteriezellen in Bezug auf eine Eigenschaft eines Ladeverhaltens jeder Batteriezelle vorgesehen. Hierfür weist die Prüfvorrichtung ein Verbindungsmodul mit wenigstens einem Verbindungsmittel zum elektrischen Verbinden von Batteriezellen mit der Prüfvorrichtung; ein Lademodul, das eine elektrische Leistungszufuhr zum Aufladen der Batteriezellen bereitstellt; ein Entlademodul, das eine elektrische Verbraucherlast zum Entladen der Batteriezellen bereitstellt; ein Messmodul mit Spannungs-Erfassungsmitteln zum Erfassen einer Spannung jeder Batteriezelle und mit Strom-Erfassungsmitteln zum Erfassen wenigstens eines zugeführten und abgeführten Stroms aus der Mehrzahl von separaten Batteriezellen; ein Vergleichsmodul mit Vergleichsmitteln für einen Vergleich von Werten, die von dem Messmodul erfasst werden, mit wenigstens einem hinterlegten Referenzwert und/oder mit zeitgleich erfassten Werten der Batteriezellen untereinander; und ein Steuermodul mit Steuerungsmitteln für eine Steuerung von einem oder mehreren parallel ablaufenden Auf- und Entladezyklen mittels dem Lademodul und dem Entlademodul; auf. Ferner ist an der Prüfvorrichtung wenigstens ein Zyklusmodul erfindungsgemäß vorgesehen, das einen gemeinsamen Auf- und Entladezyklus für eine vorbestimmte Anzahl aus der Mehrzahl von separaten Batteriezellen über das Steuermodul bereitstellt, wobei die für das Zyklusmodul vorbestimmte Anzahl von separaten Batteriezellen mittels des Verbindungsmoduls in Serie geschaltet sind, und das Zyklusmodul weist Zyklusmittel auf, um die vorbestimmte Anzahl von separaten Batteriezellen zumindest zeitweise mit einem gemeinsamen Aufladestrom und/oder einem gemeinsamen Entladestrom des Zyklusmoduls elektrisch zu beaufschlagen.

[0012] Der Begriff von separaten Batteriezellen ist gemäß dieser Offenbarung als einzelne Batteriezelle mit einem positiven und einem negativen Kontakt ohne weitere elektrische Verbindungen definiert. In diesem Zustand können separate Batteriezellen beispielsweise als Stückgut in loser Schüttung am Ende einer Batteriezellenfertigungsstraße vorliegen, und sind insbesondere nicht gleichbedeutend mit Batteriezellen zu verstehen, die bereits in beliebiger Art einer Gruppe wie beispielsweise einem Batteriemodul zugeordnet sind.

[0013] Der Begriff von Spannungs-Erfassungsmitteln ist gemäß dieser Offenbarung als zusammenfassender Oberbegriff jeglicher Messtechnik zur Messung einer elektrischen Spannung definiert. Ein geeignetes Spannungs-Erfassungsmittel kann in Form eines herkömmlichen digitalen Sensors eines Voltmeters insbesondere durch einen parallel geschalteten Messwiderstand als Spannungsmesser zum Abgreifen einer Spannung und einen Analog-Digital-Umsetzer zur Erzeugung eines Messsignals realisiert sein.

[0014] Der Begriff von Strom-Erfassungsmitteln ist gemäß dieser Offenbarung als zusammenfassender Oberbegriff jeglicher Messtechnik zur Messung eines elektrischen Stroms definiert. Ein geeignetes Strom-Erfassungsmittel kann in Form eines herkömmlichen digitalen Sensors eines Amperemeters insbesondere durch einen in Serie geschalteten Messwiderstand oder einer induktiven Leiterschleife als Spannungsmesser zum Abgreifen einer Spannung, die sich zu dem Strom

proportional verhält, und einen Analog-Digital-Umsetzer zur Erzeugung eines Messsignals realisiert sein.

[0015] Der Begriff von einem Vergleichsmittel ist gemäß dieser Offenbarung als Oberbegriff für eine algorithmische Logik definiert, die einen qualitativen Vergleich von Größen mehrerer Eingangswerte aus Messsignalen mit Bezug zu dem gleichen Messparameter zulässt. Ein geeignetes Vergleichsmittel kann insbesondere als ein Mikrocomputer zur Datenverarbeitung bereitgestellt sein, auf dem eine Programmroutine mit einer Logik zum Wertevergleich implementiert ist.

[0016] Der Begriff von einem Zyklusmodul ist gemäß dieser Offenbarung als ein Testkanal aus vorzugsweise einer Vielzahl von Testkanälen der Prüfvorrichtung zur Durchführung von Ladezyklen zu Testzwecken definiert. Dabei muss nicht zwangsweise eine geometrische oder räumliche Aufteilung der einzelnen Batteriezellen zwischen den Zyklusmodulen vorliegen. Die Batteriezellen können unabhängig von einer mechanischen Aufnahme auf mehrere Zyklusmodule aufgeteilt sein, solange eine elektrische Verschaltung die gleiche bleibt.

[0017] Der Begriff von Zyklusmitteln ist gemäß dieser Offenbarung als Oberbegriff für eine Fixierungs- und Kontaktierungsstruktur definiert, durch welche während eines Testzyklus eine Serienschaltung zwischen den separaten Batteriezellen hergestellt wird. Die Fixierungs- und Kontaktierungsstruktur umfasst beispielsweise metallische, elastische Klemmelemente, durch welche die Batteriezellen leicht einführbar und entnehmbar in dem Zyklusmodul aufgenommen werden, so dass die Batteriezellen vorzugsweise automatisiert in ein Zyklusmodul eingebracht und ausgebracht werden können.

[0018] Die erfindungsgemäße Prüfvorrichtung baut auf dem bekannten Prinzip auf, möglichst identische parallele Testzyklen für eine Vielzahl von einzelnen Batteriezellen bereitzustellen. Im Kern der Erfindung besteht jedoch der Lösungsansatz, mehrere einzelne Batteriezellen in Serie zu verschalten und damit in einem Testzyklus bzw. einem Zyklusmodul auf einmal gleichzeitig charakterisieren zu können.

[0019] Durch die Verwendung einer gemeinsamen Ladeschaltung für den Lade- und Entladevorgang für mehrere in Serie geschaltete Batteriezellen werden Messfehlerquellen im Vergleich zu parallelen Zyklen vermieden, in denen mehrere unabhängige Schaltungen mit Toleranzen von Bauteilen, wie Messwiderständen als systematischer Fehler vorliegen. In der Serienschaltung ist beispielsweise ein Messwiderstand für einen Gesamtstrom aller Batteriezellen vorhanden und somit identisch. Somit können Eigenschaften wie die Kapazitätswerte aller Batteriezellen in der vorgesehenen Serienschaltung sehr genau untereinander verglichen werden.

[0020] Durch die Vermeidung einer Vielzahl von parallelen Testzyklen am Ende einer Fertigungsstraße, in denen Einzeltestungen von Batteriezellen möglichst identisch und zeitgleich gefahren werden müssen, mittels einer geringeren Anzahl von parallelen Testzyklen bzw. Zyklusmodulen, bei denen die separaten Batteriezellen über eine Testanordnung seriell verschaltet werden, können jedoch nicht nur systematische Fehlerquellen minimiert werden, sondern auch eine Auswertung anhand statistischer Präzision genutzt und verbessert werden.

[0021] Seitens der Prüfvorrichtung ergeben sich außerdem Kostenvorteile, da die Bereitstellung einer geringeren Anzahl von Testkanälen mit einer höheren Nennspannung, die einer bestimmten in Serie geschalteten Anzahl von einzelnen Batteriezellen entspricht, im Vergleich zu einer hohen Anzahl von parallelen Testkanälen zur Durchführung eines Zyklus mit der Nennspannung einer einzelnen Batteriezelle, einen geringeren messtechnischen Aufwand darstellt.

[0022] Auch ist die Bestückung in Mehrfachanordnungen von Batteriezellen für einen Testzyklus bzw. ein Zyklusmodul schneller durchführbar und leichter automatisierbar als in einzelnen Anordnungen von Batteriezellen für einen Einzeltestzyklus, was insbesondere bei einer Qualitätsprüfung von vorzugsweise aller Batteriezellen in einer Serienproduktion von hoher Relevanz ist.

[0023] Es kann von Vorteil sein, wenn jedem Zyklusmodul ein Ausgleichsmodul zugeordnet ist, welches Ausgleichsmittel zum Durchführen von Ladungsausgleichungen basierend auf Differenzen zwischen Spannungen der in Serie geschalteten separaten Batteriezellen aufweist. Gemäß dieser Offenbarung ist der Begriff von Ausgleichsmitteln als zusammenfassender Oberbegriff

jeglicher Schaltungstechnik zum Balancing eines ausgeglichenen Ladezustands zwischen mehreren Batteriezellen definiert. Ein geeignetes Ausgleichsmittel kann in Form einer herkömmlichen Balancer-Schaltung mit einem Belastungswiderstand, einem Messwiderstand und einem Schalter bereitgestellt sein. Durch ein sogenanntes Balancing kann sichergestellt werden, dass Batteriezellen in der Serienschaltung mit einer geringeren Kapazität, also nicht überladen wird oder tiefentladen wird. Ferner werden alle Batteriezellen an eine möglichst gleiche gemeinsame Zellspannung herangeführt.

[0024] Dabei kann es insbesondere von Vorteil sein, wenn das Ausgleichmodul ferner Ausgleichs-Erfassungsmittel zum Erfassen von Werten von Ladungsausgleichungen zwischen den in Serie geschalteten separaten Batteriezellen aufweist. Gemäß dieser Offenbarung ist der Begriff von Ausgleichs-Erfassungsmitteln als zusammenfassender Oberbegriff jeglicher Messtechnik zur Messung einer bewegten elektrischen Ladungsmenge definiert. Ein geeignetes Ausgleichs-Erfassungsmittel kann in Form eines herkömmlichen digitalen Sensors eines Coulometers, insbesondere durch einen in Serie geschalteten Messwiderstand oder einer induktiven Leiterschleife als Spannungsmesser zum Abgreifen einer Spannung, die sich zu einem Ausgleichstrom proportional verhält, einen Analog-Digital-Umsetzer zur Erzeugung eines Messsignals und eine Zeiterfassung realisiert sein. Die erfassten Ladungsausgleichungen können zum Vorteil einer genauen Messmethodik einbezogen werden. Dabei werden nach Beendigung eines für alle Batteriezellen gemeinsamen Ladestroms noch die einzelnen Ausgleichsströme zwischen den einzelnen Batteriezellen untereinander betrachtet, welche einen direkten Vergleich und somit einen Rückschluss auf relative Abweichungen der Batteriezellen zueinander zulassen. Derartige Betrachtungen von Ladungsausgleichungen können sich auf die Differenzen von Zellspannungen, oder auf Ladungsmengen über ein zeitliches Integral eines Ausgleichstroms beziehen. Die Betrachtungen können einen zu einem Gleichgewicht führenden, absoluten Ladungsausgleich oder ebenso einen zeitlich begrenzten oder geschalteten bzw. gesteuerten Ladungsausgleich mit Resultaten zu verbleibenden Ungleichgewichten erfassen.

[0025] Es kann ferner von Vorteil sein, wenn das Messmodul einen Analog-zu-Digital-Wandler zum Erfassen von Werten einer Spannung in jedem Zyklusmodul aufweist, der über eine galvanische Trennung in einer Signalverbindung mit dem Steuermodul zur Übertragung von Messwerten steht. Durch diese messtechnische Struktur können weitere Störeinflüsse während einer empfindlichen Erfassung von geringen Restströmen zwischen annähernd ausgeglichenen Zellspannungen minimiert werden.

[0026] Weiterhin ist es von Vorteil, wenn das Messmodul zu jeder Batteriezelle jeweils einen parallel geschalteten Messwiderstand aufweist. So kann eine Strommessung an jeder Batteriezelle innerhalb der Serienschaltung vorgenommen werden. Dadurch sind zwar eine Mehrzahl möglichst gleicher Messwiderstände mit einem potenziellen Systemfehler nötig, allerdings bezieht sich deren Abweichung als Fehlereinfluss lediglich auf die Ladungsausgleichungen, d.h. relativ geringe Ladungsmenge im Vergleich zu dem gesamten Auf- oder Entladung der einer Batteriezelle mit über separate Messwiderstände in parallelen Messanordnung für Einzeltestzyklen von einzelnen Batteriezellen.

[0027] In diesem Zusammenhang bringt es Vorteile mit sich, wenn das Messmodul zwischen jedem Messwiderstand und dem Analog-zu-Digital-Wandler einen Operationsverstärker aufweist. Durch diese messtechnische Struktur kann eine Genauigkeit der empfindlichen Erfassung von geringen Restströmen zwischen annähernd ausgeglichenen Zellspannungen erhöht werden.

[0028] Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn das Ausgleichmodul zu jeder Batteriezelle jeweils eine parallel geschaltete Balancer-Schaltung mit einem Belastungswiderstand und einem mittels Pulsweitenmodulation angesteuerten Schalter aufweist. Hierdurch kann jede Batteriezelle gezielt entladen werden. Ein Soll-Strom einer Batteriezelle wird von dem Steuermodul ermittelt und über Pulsweitenmodulation eingestellt. Ein tatsächlicher Entladestrom kann davon etwas abweichen und muss deshalb sehr präzise über den Messwiderstand mitgemessen werden.

[0029] Hierbei kann es von Vorteil sein, wenn die Spannungs-Erfassungsmittel des Messmoduls und/oder die Ausgleichsmittel des Ausgleichsmoduls mittels der Zyklusmittel dem wenigstens

einen Zyklusmodul in Serie schaltbar sind. Ein solcher Entlade- Kanal aus der zuvor genannten Balancer-Schaltung mit einem Belastungswiderstand und einem mittels Pulsweitenmodulation angesteuerten Schalter kann ebenso wie die Spannungsmessung in Serie geschaltet werden, sodass die in Serie geschalteten Batteriezellen gleichzeitig mit unterschiedlichen Strömen entladen oder balanciert werden können. Dabei kann mindestens eine Zelle, die einen vorbestimmten unteren Ladezustand erreicht hat, nicht weiter entladen werden.

[0030] Vorteilhafterweise, können die Strom-Erfassungsmittel des Messmoduls in jedem Zyklusmodul einen Messwiderstand aufweisen, der von dem gemeinsamen Aufladestrom und/oder dem gemeinsamen Entladestrom der in Serie geschalteten vorbestimmten Anzahl von separaten Batteriezellen durchflossen wird. Durch die Verwendung eines einzigen Messwiderstands zur Gesamtstrommessung sowohl beim Aufladen als auch beim Entladen kann im Vergleich zu Einzeltestzyklen von einzelnen Batteriezellen ein potenzieller Systemfehler durch Toleranzen von Messwiderständen vermieden werden. Der Messwiderstand ist vorzugsweise mit einem bipolaren Spannungsmesseingang eines Analog-zu-Digital-Wandlers verbunden.

[0031] In diesem Zusammenhang kann es von Vorteil sein, wenn die Strom-Erfassungsmittel des Messmoduls ferner einen programmierbaren Verstärker aufweisen, über den der Messwiderstand mit einem Analog-zu-Digital-Wandler verbunden ist. Durch diese messtechnische Struktur kann eine Genauigkeit der empfindlichen Erfassung eines Gesamtstroms der in Serie geschalteten Batteriezellen erhöht werden.

[0032] Außerdem kann es vorteilhaft sein, wenn die Prüfvorrichtung ferner ein Automatisierungsmodul mit Automatisierungsmitteln zum automatisierten Zuordnen jeder separaten Batteriezelle zu einem Wert einer überprüften Eigenschaft des Ladeverhaltens aufweist. Gemäß dieser Offenbarung ist der Begriff von Automatisierungsmitteln als zusammenfassender Oberbegriff jeglicher Automatisierungstechnik zur Zuordnung oder Kennzeichnung der Batteriezellen zu oder mit einem ermittelten Wertebereich oder Wert. Ein geeignetes Automatisierungsmittel kann als ein Roboterarm zum Verbringen und Einsortieren der Batteriezellen in Ablageorte oder eine Kennzeichnungseinrichtung wie eine Etikettiermaschine oder eine Laserbeschriftungsmaschine zum Aufbringen von Codierungen oder ähnlichen Kennzeichnungen an den Batteriezellen in Bezug auf deren Prüfergebnis bereitgestellt sein. Hierdurch kann eine Erweiterung eines Endes einer Fertigungslinie geschaffen werden, indem die Batteriezellen beispielsweise Gruppen mit bestimmten Wertebereichen, oder den Batteriezellen eine Kennzeichnung nach bestimmten Wertebereichen oder den ermittelten Werten zugeordnet werden.

[0033] Es kann von Vorteil sein, wenn das Verbindungsmodul für jedes Zyklusmodul eine Fixierungs- und Kontaktierungsstruktur aufweist, in der die für das Zyklusmodul vorbestimmte Anzahl von separaten Batteriezellen in gleicher Ausrichtung der Längsachse in einer benachbarten Anordnung nebeneinander aufnehmbar und in Serie geschaltet kontaktierbar sind. Beispielsweise durch eine schienenartige Fixierung, die mit einer bestimmten Anzahl von Batteriezellen schnell bestückt werden kann, lassen sich weitere Vorteile in der Handhabung großer Stückzahlen gegenüber parallelen Messanordnungen für Einzeltestzyklen einer Batteriezelle erzielen.

[0034] Vorteilhaft ist es, wenn eine durch die Prüfvorrichtung überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens eine Ladeeffizienz jeder separaten Batteriezelle in Bezug zu einer in einem Auf- und Entladezyklus zugeführten Ladung und einer abgeführten Ladung jeder Batteriezelle ist. Dieser Parameter ist ein grundlegender Faktor, der einen Rückschluss auf die Qualität einer Batteriezelle gewährt.

[0035] Ebenso vorteilhaft ist es, wenn eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens eine maximale Ladekapazität jeder Batteriezelle ist. Auch dieser Parameter gewährt einen Rückschluss auf die Qualität einer Batteriezelle.

[0036] Auch ist es vorteilhaft, wenn eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens eine Lade- und/oder Entladegeschwindigkeit jeder Batteriezelle ist. Dieser Parameter ist ein weiterer Indikator für die Qualität einer Batteriezelle.

[0037] Darüber hinaus kann es von Vorteil sein, wenn das Messmodul ferner Signalmittel zum

Aufprägen eines Wechselstromsignals an jeder Batteriezelle und Empfangsmittel zum Empfangen eines Antwortsignals an jeder Batteriezelle aufweist, und eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens der Innenwiderstand jeder Batteriezelle ist. Gemäß dieser Offenbarung ist der Begriff von Signalmitteln als Oberbegriff für eine Signalquelle und einen Signalempfänger zur Aufprägung eines Wechselstromsignals und Aufnahme eines Antwortsignals definiert. Geeignete Signalmittel können beispielsweise durch eine modulierbare Wechselstromquelle, die in dem Lademodul und Entlademodul gemeinsam integriert ist, und einen Spannungsmesser mit zeitlicher Auflösung als Empfangsmittel des Zyklusmoduls bereitgestellt sein. Durch diese erweiterte Messfunktion können ebenfalls die Qualität beurteilt oder mögliche Fehlerursachen einer Batteriezelle erkannt werden.

[0038] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn das Messmodul für jede Batteriezelle jeweils einen Temperatursensor aufweist, und eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens eine Temperatur und/oder ein Temperaturverlauf jeder Batteriezelle ist. Durch diese erweiterte Messfunktion können weitere Rückschlüsse über die Qualität oder Fehlzustände einer Batteriezelle getroffen werden.

[0039] Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum zeitgleichen Überprüfen einer Mehrzahl von separaten Batteriezellen in Bezug auf eine Eigenschaft eines Ladeverhaltens jeder Batteriezellen mit den Schritten: Verbinden von Batteriezellen mit einer Prüfvorrichtung; Aufladen der Batteriezellen durch eine elektrische Leistungszufuhr; Entladen der Batteriezellen durch eine elektrische Verbraucherlast; Erfassen einer Spannung jeder Batteriezelle und Erfassen wenigstens eines zugeführten und abgeführten Stroms zu bzw. aus der Mehrzahl von separaten Batteriezellen aufweist; Vergleichen von erfassten Werten mit einem hinterlegten Referenzwert und/oder mit zeitgleich erfassten Werten von Batteriezellen untereinander; und Steuern von einem oder mehreren parallel ablaufenden Auf- und Entladezyklen. Insbesondere ist dabei erfindungsgemäß vorgesehen: ein in Serie schalten einer vorbestimmte Anzahl von separaten Batteriezellen; und ein zumindest zeitweises Verbinden der in Serie geschalteten Batteriezellen mit einem gemeinsamen Aufladestrom und/oder einem gemeinsamen Entladestrom. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf eine erfindungsgemäße Prüfvorrichtung erläutert worden sind.

[0040] Ferner ist es während des Verfahrens von Vorteil, wenn ein Zuführen des gemeinsamen Aufladestroms beendet wird, sobald eine der in Serie geschalteten Batteriezellen eine Spannung erreicht, die einen vorbestimmten oberen Spannungsschwellwert überschreitet. Somit kann ein Überladen der schwächsten Batteriezelle, d.h. derjenigen Batteriezelle mit der geringsten Kapazität in der Serienschaltung, verhindert werden.

[0041] Ebenfalls von Vorteil während des Verfahrens ist es, wenn ein Abführen des gemeinsamen Entladestroms beendet wird, sobald an einer der in Serie geschalteten Batteriezellen eine abgeführte Ladungsmenge erreicht ist, die der zuvor zugeführten Ladungsmenge an derselben Batteriezelle entspricht. Dadurch kann ein Tiefentladen der schwächsten Batteriezelle in der Serienschaltung verhindert werden. Danach kann eine individuelle weitere Entladung der übrigen Batteriezellen erfolgen während mindestens eine Batteriezelle, sobald diese einen vorbestimmten unteren Schwellwert des Ladezustands erreicht hat, nicht mehr entladen wird.

[0042] Zusammenfassend zu den erfindungswesentlichen Aspekten und den vorteilhaften ergänzenden Aspekten liegt der Prüfvorrichtung demnach folgendes messtechnisch Prinzip zugrunde. Wenn alle Batteriezellen eines Zyklusmoduls in Serie geschaltet sind, so ist der Lade- bzw. Entladestrom zunächst für alle Batteriezellen gleich. Durch Fertigungstoleranzen in den Innenwiderständen und der Zellchemie etc. werden die Batteriezellen auf unterschiedliche Spannungen aufgeladen. Um dies zu verhindern, werden sie in einem zweiten Schritt des Ladevorgangs entsprechend einem Balancing einzeln gezielt durch Ausgleichsströme entladen bzw. aufgeladen, um sie dann einem ausgeglichenen Ladungszustand anzupassen. Ebenso wird eine individuelle Entladung von Batteriezellen erst am Ende des zunächst gemeinsamen Ladevorgangs durchgeführt. Somit kann sich eine messtechnische Betrachtung auf die Erfassung von Werten in den zweiten Abschnitten des Lade- und Entladevorgangs fokussieren, in dem sehr viel geringere Ladungen,

d.h. lediglich verbliebene Restladungen fließen.

[0043] Durch die Verwendung einer einheitlichen Ladeschaltung für den Lade- und Entladevorgang für mehrere Batteriezellen in Serie, entfällt ein potenzieller systematischer Fehler, der durch mehrere unabhängige Schaltungen entstehen würde. Daher können unter anderem die Kapazitätswerte oder eine Ladungseffizienz aller Batteriezellen sehr genau verglichen werden. Messfehler können somit theoretisch nur noch über Toleranzen in den einzelnen Balancer-Schaltungen auftreten, welche jedoch nur kleine Ladungsausgleichungen zwischen den Batteriezellen übernehmen. Durch den geringen Messfehler eignet sich die Prüfvorrichtung insbesondere für eine Anwendung zur Erfassung von Werten, die eine Analyse wie Produktionschargen-Inhomogenität oder sonstige Produktionsschwankungen von Charge zu Charge sehr präzise zulassen. Neben den Kapazitätswerten ist auch die Lade-Entladeeffizienz bzw. die Coulomb-Effizienz als Indikator für die Qualität von Batteriezellen von Interesse, da sie mit irreversiblen verlustbehafteten Vorgängen in der Batteriezelle assoziiert werden kann.

[0044] 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. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen schematisch:

[0045] Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild zu einem modularen Aufbau der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung,

[0046] Fig. 2 ein Blockschaltbild von Komponenten eines Zyklusmoduls der erfindungsgemäßen Prüfvorrichtung,

[0047] Fig. 3 ein Blockschaltbild von Komponenten einer Balancer-Schaltung des Ausgleichsmoduls an einer Batteriezelle;

[0048] Fig. 4 ein Blockschaltbild von Komponenten des Messmoduls zur Erfassung eines Gesamtstroms der Serienschaltung von Batteriezellen.

[0049] In Fig. 1 ist ein modularer Aufbau einer Ausführungsform der Prüfvorrichtung 100 schematisch dargestellt.

[0050] Die Prüfvorrichtung 100 umfasst ein Lademodul 40 und ein Entlademodul 50, die von einem Steuermodul 80 gesteuert werden. Das Steuermodul 80 umfasst einen Mikrocomputer mit Signaleingängen und -ausgängen zur Verbindung mit verschiedenen Modulen der Prüfvorrichtung 100, wie unter anderem mit dem Lademodul 40 und dem Entlademodul 50. Das Lademodul 40 und Entlademodul 50 stellt im Wesentlichen eine elektrisch steuerbare 2-Quadranten Stromquelle bereit, mit welcher die zu prüfenden Batteriezellen 20 aufgeladen und entladen werden können. Das Entlademodul 50 stellt eine konfigurierbare Stromsenke bereit, über welche die Batteriezellen 20 entladen werden können. Eine konfigurierbare Spannungshöhe des Lademoduls 40 bestimmt die maximale Anzahl n von Batteriezellen 20, die während eines Testzyklus in einem Zyklusmodul 10 in Serie geschaltet werden können. Die Prüfvorrichtung 100 weist mehrere Zyklusmodule 10a, 10b, 10c auf, die parallel zu dem Lademodul 40 und dem Entlademodul 50 angeschlossen sind, wobei die Zyklusmodule 10 beispielsweise jeweils auf dieselbe Ladespannung zugreifen und jeweils für eine Serienschaltung der gleichen vorbestimmte Anzahl n von Batteriezellen 20 konfiguriert sind.

[0051] Es handelt sich dabei stets um separate Batteriezellen 20, also nicht um vorgefertigte Batteriemodule. In jedem Zyklusmodul 10a, 10b, 10c sind als Zyklusmittel eine Fixierungs- und Kontaktierungsstruktur vorgesehen, durch welche während eines Prüfvorgangs bzw. eines Testzyklus eine Serienschaltung zwischen den separaten Batteriezellen 20 hergestellt wird. Die Fixierungs- und Kontaktierungsstruktur umfasst beispielsweise metallische, elastische Klemmelemente, durch welche die Batteriezellen 20 leicht einführbar und entnehmbar in dem Zyklusmodul 10a, 10b, 10c aufgenommen werden, sodass die Batteriezellen 20 vorzugsweise am Ende einer Fertigungslinie einer Batterieproduktion automatisiert in die Prüfvorrichtung 100 eingebracht und ausgebracht werden können. Die Fixierungs- und Kontaktierungsstruktur für die Batteriezellen 20

in den Zyklusmodulen 10a, 10b, 10c sind Bestandteil eines Verbindungsmoduls 30. Das Verbindungsmodul 30 umfasst als Verbindungsmittel sämtliche elektrische Leitungen zur Zufuhr und Abfuhr von Ladungen zwischen der Prüfvorrichtung 100 und den Batteriezellen 20 und verbindet unter anderem die Zyklusmodule 10a, 10b, 10c mit dem Lademodul 40 und dem Entlademodul 50.

[0052] In einem Ausführungsbeispiel weist das Lademodul 40 eine Spannung von maximal 64 V auf, und in den Zyklusmodulen 10a, 10b, 10c ist jeweils eine Anzahl n von 12 Batteriezellen 20 mit einer Nennspannung von maximal 5 V vorgesehen. Die Stromgrößen sind hingegen abhängig von den Zelltypen bzw. deren Kapazität, welche die Lade- und Entladeströme vorgeben. Demnach sind ein Lade- und Entladestrom des Lademoduls 40 und des Entlademoduls 50 in vorgesehenen Bereichen einstellbar. Die Batteriezellen 20 können innerhalb des Zyklusmoduls 10a, 10b, 10c in gleicher Ausrichtung der Längsachse in einer benachbarten Anordnung nebeneinander angeordnet sein oder in Gruppen von 4, 6 oder 8 Batteriezellen 20 zueinander angeordnet sein.

[0053] Das Steuermodul 80 steuert in Rückmeldung von erfassten Werten der Messmodule 60a, 60b, 60c einen Auf- und Entladezyklus mittels des Lademoduls 40 und des Entlademoduls 50, der für die in Serie geschalteten Batteriezellen 20 in jedem Zyklusmodul 10a, 10b, 10c zumindest abschnittsweise gemeinsam ausgeführt wird. Hierzu werden die Batteriezellen 20 in jedem Zyklusmodul 10a, 10b, 10c gemeinsam geladen bis die schwächste Batteriezelle 20, welche die geringste Kapazität aufweist, eine Abschaltspannung $U_{\max}$ erreicht. Das Messmodul 60a, 60b, 60c weist hierzu in den Zyklusmodulen 10a, 10b, 10c für jede Batteriezelle 20 einen Spannungssensor auf, um die jeweiligen Zellspannungen zu erfassen und an das Steuermodul zu übermitteln. Danach übernimmt ein Ausgleichsmodul 90 einen zweiten Abschnitt des Ladevorgangs. Das Ausgleichsmodul 90 umfasst als Ausgleichsmittel in den Zyklusmodulen 10a, 10b, 10c für jede Batteriezelle 20 eine Balancer-Schaltung 91.

[0054] Das Ausgleichsmodul 90 ist mit dem Steuermodul 80 verbunden und führt die Batteriezellen 20 in einem Zyklusmodul nach einem Abschalten des Ladestroms auf einen einheitlichen Ladezustand. Dabei werden kontrollierte Ausgleichsströme in der Serienschaltung des Zyklusmoduls 10a, 10b, 10c durchgeführt, wobei schwächere Batteriezellen 20 ein wenig entladen werden, wodurch stärkere Batteriezellen 20 ein wenig aufgeladen werden. Nach beispielsweise zwei oder drei Balancing-Schritten zum Ladungsausgleich weisen die Batteriezellen 20 in einem Zyklusmodul einen relativ ausgeglichen, vollen Ladungszustand bzw. SOC (State of Charge) auf.

[0055] Die Entladung der Batteriezellen 20 erfolgt in ähnlicher Weise, wie die Aufladung. Zunächst führt das Steuermodul mittels des Entladungsmoduls 50 eine Entladung der Batteriezellen 20 eines Zyklusmoduls gemeinsam über eine Verbraucherlast durch, die als Stromsenke des Entlademoduls 50 bereitgestellt ist. Die gemeinsame Entladung wird von dem Steuermodul 80 abgeschaltet, nachdem eine der Batteriezellen 20 als erste einen akkumulierten Entladestrom, d.h. eine abgeführte Ladungsmenge ($Q_{\text{out=in}}$) erreicht hat, welche identisch ist mit dem an derselben Batteriezelle 20 während des Ladevorgangs zuvor zugeführten akkumulierten Aufladestrom, d.h. einer zugeführten Ladungsmenge. Danach übernimmt wiederum in einem zweiten Abschnitt des Entladevorgangs das Ausgleichsmodul 90 eine individuelle weitere Entladung der übrigen Batteriezellen 20 in dem Zyklusmodul 10a, 10b, 10c über die Balancer-Schaltungen 91 bis diese zu demselben Zustand entladen sind.

[0056] Das Messmodul 60a, 60b, 60c erfasst über einen Messwiderstand R_M den Gesamtstrom eines gemeinsamen Ladestroms und Entladestroms während eines ersten Abschnitts des Lade- und Entladevorgangs. Ferner erfasst das Ausgleichsmodul 90a, 90b, 90c über einen Messwiderstand R_2 in jeder Balancer-Schaltung 91 für jede Batteriezelle 20 individuell die Ausgleichsströme in dem zweiten Abschnitt des Ladevorgangs und die Entladeströme in dem zweiten Abschnitt des Entladevorgangs. Die gemessenen Ströme und Spannungen werden von dem Messmodul 60a, 60b, 60c erfasst und zeitlich akkumuliert bzw. integriert. Ein Vergleichsmodul 70 vergleicht die erfassten Werte unter den Batteriezellen 20 und setzt sie gegebenenfalls in Bezug zu einem Referenzwert. Ein Vergleichsmittel des Vergleichsmoduls 70 ist als eine Programmroutine des

Mikrocomputers des Steuermoduls 80 implementiert.

[0057] In dem Steuermodul 80 ist ein Prüfungs- bzw. Testzyklus der Prüfvorrichtung 100 hinterlegt, um die Batteriezellen 20 beispielsweise in Bezug auf deren Qualität zu klassifizieren. Das Steuermodul 80 koordiniert die anderen Module der Prüfvorrichtung 100 und verwertet eine erfasste Akkumulierung der Ströme zu den resultierenden Ladungen zur Erstellung einer Ladungsbilanzberechnung, Datenaufzeichnung und ggf. deren Darstellung. Ferner werden von dem Steuermodul 80 die individuellen Entladeströme in Abhängigkeit von den gemessenen Zellspannungen vorgegeben.

[0058] Fig.2 zeigt einen Ausschnitt aus einer Schaltung innerhalb eines Zyklusmoduls 10a, 10b, 10c, in dem eine Vielzahl von Batteriezellen 20 in einer Serienschaltung elektrisch verbunden aufgenommen ist. Jede Batteriezelle 20 ist über eine Balancer-Schaltung 91 des Ausgleichsmoduls 90 mit einem Analog-zu-Digital-Wandler (ADC) 61 des Messmoduls 60a, 60b, 60c verbunden. Der ADC 61 ist mit einem Referenzpotenzial und einer Gleichstromzufuhr verbunden. Der ADC ist ferner über eine Signalverbindung 63 mit einer galvanischen Trennung mit dem Steuermodul 80 verbunden, um die sensibel erfassten Werte des Messmoduls 60a, 60b, 60c möglichst störungsunempfindlich zu übertragen. Abhängig von den einzelnen Zellspannungen errechnet das Steuermodul 80 einen Ausgleichsstrom für ein Balancing im zweiten Schritt des Ladevorgangs, sodass nicht einzelne Zellen überladen oder andere zu wenig geladen werden.

[0059] Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt einer Balancer-Schaltung 91, die jeder Batteriezelle 20 zugeordnet ist. Die Balancer-Schaltung 91 besteht im Wesentlichen aus einem Belastungswiderstand R_1 , der über einen Schalter 92 mittels Pulsweitenmodulation (PWM) gepulst ein- und ausgeschaltet werden kann. Die PWM wird von dem Steuermodul 80 während des zweiten Abschnitts des Entladevorgangs vorgegeben, sodass jede Batteriezelle 20 gezielt entladen wird. Ein errechneter Soll-Entladestrom wird von dem Steuermodul 80 über die Pulsweitenmodulation eingestellt. Der tatsächliche Entladestrom jeder Batteriezelle 20 kann davon etwas abweichen und kann währenddessen sehr präzise über einen Messwiderstand R_2 der Balancer-Schaltung 91 mitgemessen werden. Der Messwiderstand R_2 ist üblicherweise sehr klein. Er ist mit einem Operationsverstärker 93 mit einem mit Level-Shifter an einem Eingang des ADC 61 angeschlossen, so dass eine entsprechend kleine Messspannung verarbeitet werden kann.

[0060] Ein solcher Entlade-Kanal aus Balancer-Schaltungen 91 kann ebenso wie eine Zellspannungsmessung in Serie geschaltet werden, sodass die Batteriezellen 20 gleichzeitig mit unterschiedlichen Strömen entladen oder balanciert werden können. Dabei wird zumindest eine Batteriezelle 20, sobald diese einen unteren Schwellwert oder oberen Schwellwert eines Ladezustands erreicht hat, nicht weiter entladen oder aufgeladen.

[0061] Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus einer Messschaltung des Messmoduls 60a, 60b, 60c zur Erfassung eines Gesamtstroms während eines ersten Abschnitts des Ladevorgangs oder Entladevorgangs. Hierzu ist ein Messwiderstand R_M zur Gesamtstrommessung vorgesehen, der über einen programmierbaren Verstärker (PGA) 64 an den ADC 61 angeschlossen ist. Der Messwiderstand R_M und der programmierbare Verstärker (PGA) 64 sind entsprechend der vorbestimmten Anzahl n bzw. einer resultierenden Nennspannung der in Serie geschalteten Batteriezellen 20 in dem Zyklusmodul 10a, 10b, 10c konfiguriert bzw. konfigurierbar. Der Messwiderstand R_M ist vorzugsweise sehr genau in Bezug auf Temperaturstabilität ausgewählt, da aus diesem eine Ladungseffizienz der Batteriezellen 20 berechnet werden kann. Der PGA 64 ist mit einem bipolaren Spannungskanal eines ADC 61 verbunden.

[0062] Der ADC 61 des Messwiderstand R_M ist nicht notwendiger Weise derselbe wie der ADC 61 für die Balancer-Schaltungen 91 ist. Allerdings sind zumindest Kanäle des ADC 61 für die Balancer-Schaltungen 91 und vorzugsweise auch diejenigen für den Messwiderstand R_M mit demselben Referenzpotenzial verbunden, um die Fehlereinflüsse vor allem durch Temperaturschwankungen zu minimieren.

[0063] In einer alternativen Ausführungsform kann die Prüfvorrichtung 100 ferner ein nicht näher dargestelltes Automatisierungsmodul umfassen, um eine Zuordnung von erfassten Werten zu

den überprüften Batteriezellen mittels Kennzeichnung oder räumlicher Zuordnung bzw. Klassifizierung zu realisieren. Hierzu kann beispielsweise ein Roboter mit Greifwerkzeug am Ende einer Fertigungslinie vorgesehen sein, der die Batteriezellen 20 in die Prüfvorrichtung 100 einlegt, entnimmt, bestimmten Gruppen zuordnet oder durch geeignete Mittel kennzeichnet.

[0064] In einer weiteren alternativen Ausführungsform kann das Messmodul 60a, 60b, 60c eine zusätzliche, nicht weiter dargestellte Funktion zur Erfassung einer Temperatur oder eines Innenwiderstands jeder Batteriezelle 20 aufweisen. Eine Temperatur kann mittels Temperatursensoren für jede Batteriezelle 20 gemessen werden. Für die Bestimmung der Innenwiderstandswerte werden die Batteriezellen 20 auf einen definierten Ladezustand (SOC) gebracht. Nach einer Ruhephase wird ein Stromimpuls mittels eines Signalmittels des Lademodul 40 bzw. Entlademodul 50 gemeinsam auf die Batteriezellen 20 aufgeprägt und die resultierenden Spannungswerte als Antwortsignal durch Empfangsmittel des Zyklusmoduls 10a, 10b, 10c gemessen. Aus dem Strom und der Differenz von Gleichspannung und überlagertem Spannung-Impuls während des Strompulses können die Innenwiderstandswerte bzw. eine Impedanz für bestimmte Zeitpunkte errechnet werden. Bei der Bestimmung der Innenwiderstandswerte kommen Messfehler der Strom- und Spannungsmessung zusammen. Die Messfehler der Strommessung sind aufgrund der Verwendung der gemeinsamen Serienschaltung jedoch wiederum für alle zu charakterisierenden Batteriezellen 20 gleich, wonach nur mehr der Messfehler der Spannungsmessung verbleibt.

[0065] Die voranstehenden Erläuterungen der Ausführungsformen beschreiben die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelne Merkmale der Ausführungsformen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

BEZUGSZEICHENLISTE

10a	Zyklusmodul
10b	Zyklusmodul
10c	Zyklusmodul
20	Batteriezelle
30	Verbindungsmodul
40	Lademodul
50	Entlademodul
60a	Messmodul
60b	Messmodul
60c	Messmodul
61	Analog-zu-Digital-Wandler (ADC)
62	Operationsverstärker
63	galvanisch getrennte Signalverbindung
64	programmierbarer Verstärker (PGA)
70	Vergleichsmodul
80	Steuermodul
90	Ausgleichsmodul
91	Balancer-Schaltung
92	PWM gesteuerter Schalter
100	Prüfvorrichtung
R_1	Belastungswiderstand
R_2	Messwiderstand für einen Ausgleichsstrom
R_M	Messwiderstand für den Gesamtstrom
$U_{\max}$	Maximale Ladespannung einer Batteriezelle
$Q_{\text{out=in}}$	Entladungsmenge mit selben Betrag wie Aufladungsmenge
n	vorbestimmte Anzahl von Batteriezellen

Patentansprüche

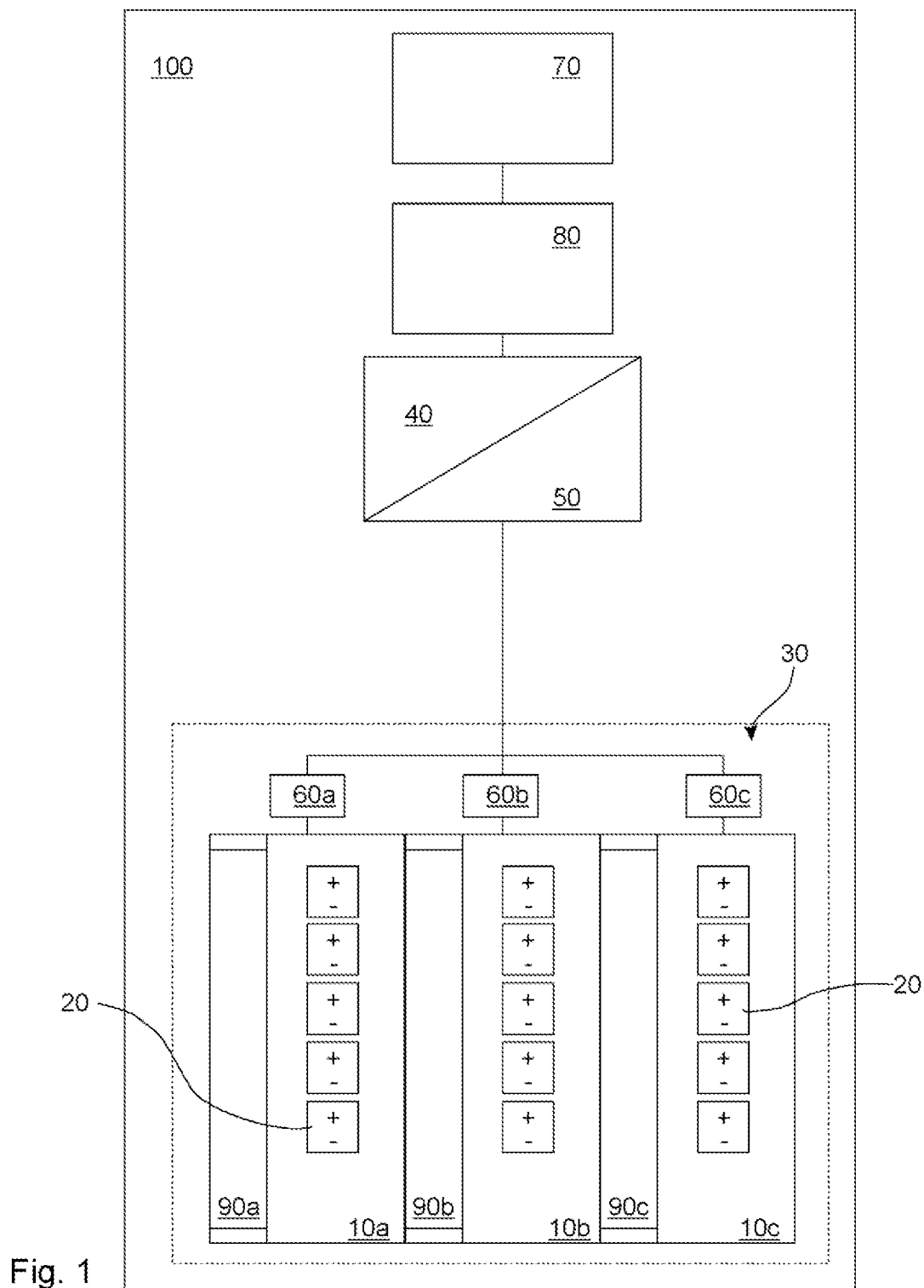
1. Prüfvorrichtung (100) zur zeitgleichen Überprüfung einer Mehrzahl von separaten Batteriezellen (20) in Bezug auf eine Eigenschaft eines Ladeverhaltens jeder Batteriezelle (20), aufweisend:
 - ein Verbindungsmodul (30) mit wenigstens einem Verbindungsmittel zum elektrischen Verbinden von Batteriezellen (20) mit der Prüfvorrichtung (100);
 - ein Lademodul (40), das eine elektrische Leistungszufuhr zum Aufladen der Batteriezellen (20) bereitstellt;
 - ein Entlademodul (50), das eine elektrische Verbraucherlast zum Entladen der Batteriezellen (20) bereitstellt;
 - ein Messmodul (60a, 60b, 60c) mit Spannungs-Erfassungsmitteln zum Erfassen einer Spannung jeder Batteriezelle (20) und mit Strom-Erfassungsmitteln zum Erfassen wenigstens eines zugeführten und abgeführten Stroms aus der Mehrzahl von separaten Batteriezellen;
 - ein Vergleichsmodul (70) mit Vergleichsmitteln für einen Vergleich von Werten, die von dem Messmodul (60a, 60b, 60c) erfasst werden, mit wenigstens einem hinterlegten Referenzwert und/oder mit zeitgleich erfassten Werten der Batteriezellen (20) untereinander;
 - ein Steuermodul (80) mit Steuerungsmitteln für eine Steuerung von einem oder mehreren parallel ablaufenden Auf- und Entladezyklen mittels dem Lademodul (40) und dem Entlademodul (50);wobei
 - die Prüfvorrichtung (100) ferner wenigstens ein Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) aufweist, das einen gemeinsamen Auf- und Entladezyklus für eine vorbestimmte Anzahl (n) aus der Mehrzahl von separaten Batteriezellen (20) über das Steuermodul (80) bereitstellt, wobei
 - die für das Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) vorbestimmte Anzahl (n) von separaten Batteriezellen (20) mittels des Verbindungsmodul (30) in Serie geschaltet sind, und das Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) Zyklusmittel aufweist, um die vorbestimmte Anzahl (n) von separaten Batteriezellen (20) zumindest zeitweise mit einem gemeinsamen Aufladestrom und/oder einem gemeinsamen Entladestrom des Zyklusmoduls (10a, 10b, 10c) elektrisch zu beaufschlagen.
2. Prüfvorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei jedem Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) ein Ausgleichsmodul (90a, 90b, 90c) zugeordnet ist, das Ausgleichsmittel zum Durchführen von Ladungsausgleichungen basierend auf Differenzen zwischen Spannungen der in Serie geschalteten separaten Batteriezellen (20) aufweist.
3. Prüfvorrichtung (100) nach Anspruch 2, wobei das Ausgleichsmodul (90a, 90b, 90c) ferner Ausgleichs-Erfassungsmittel zum Erfassen von Werten von Ladungsausgleichungen zwischen den in Serie geschalteten separaten Batteriezellen (20) aufweist.
4. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Messmodul (60a, 60b, 60c) einen Analog-zu-Digital-Wandler (61) zum Erfassen von Werten einer Spannung in jedem Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) aufweist, der über eine galvanische Trennung in einer Signalverbindung (63) mit dem Steuermodul (80) zur Übertragung von Messwerten steht.
5. Prüfvorrichtung (100) nach Anspruch 4, wobei das Messmodul (60a, 60b, 60c) zu jeder Batteriezelle (20) jeweils einen parallel geschalteten Messwiderstand (R2) aufweist.
6. Prüfvorrichtung (100) nach Anspruch 5, wobei das Messmodul (60a, 60b, 60c) zwischen jedem Messwiderstand (R2) und dem Analog-zu-Digital-Wandler (61) einen Operationsverstärker (62) aufweist.
7. Prüfvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, wobei das Ausgleichsmodul (90a, 90b, 90c) zu jeder Batteriezelle (20) jeweils eine parallel geschaltete Balancer-Schaltung (91) mit einem Belastungswiderstand (R1) und einem mittels Pulsweitenmodulation angesteuerten Schalter (92) aufweist.

8. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Spannungserfassungsmittel des Messmoduls (60a, 60b, 60c) und/oder die Ausgleichsmittel des Ausgleichsmoduls (90a, 90b, 90c) mittels der Zyklusmittel des wenigstens einen Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) in Serie schaltbar sind.
9. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Strom-Erfassungsmittel des Messmoduls (60a, 60b, 60c) in jedem Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) einen Messwiderstand (RM) aufweisen, der von dem gemeinsamen Aufladestrom und/oder dem gemeinsamen Entladestrom der in Serie geschalteten vorbestimmten Anzahl (n) von separaten Batteriezellen (20) durchflossen wird.
10. Prüfvorrichtung (100) nach Anspruch 9, wobei die Strom-Erfassungsmittel des Messmoduls (60a, 60b, 60c) ferner einen programmierbaren Verstärker (64) aufweisen, über den der Messwiderstand (RM) mit dem Analog-zu-Digital-Wandler (61) verbunden ist.
11. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend ein Automatisierungsmodul mit Automatisierungsmitteln zum automatisierten Zuordnen jeder separaten Batteriezelle (20) zu einem Wert einer überprüften Eigenschaft des Ladeverhaltens.
12. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verbindungsmodul (30) für jedes Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) eine Fixierungs- und Kontaktierungsstruktur aufweist, in der die für das Zyklusmodul (10a, 10b, 10c) vorbestimmte Anzahl (n) von separaten Batteriezellen (20) in einer benachbarten Anordnung nebeneinander aufnehmbar und in Serie geschaltet kontaktierbar sind.
13. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens eine Ladeeffizienz jeder separaten Batteriezelle (20) in Bezug zu einer in einem Auf- und Entladezyklus zugeführten Ladung und einer abgeführten Ladung jeder Batteriezelle (20) ist.
14. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens eine maximale Ladekapazität jeder Batteriezelle (20) ist.
15. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens eine Lade- und/oder Entladegeschwindigkeit jeder Batteriezelle (20) ist.
16. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Lademodul (40) und das Entlademodul (50) ferner Signalmittel zum Aufprägen eines Wechselstromsignals an jeder Batteriezelle (20) und die Zyklusmittel (10a, 10b, 10c) Empfangsmittel zum Empfangen eines Antwortsignals an jeder Batteriezelle (20) aufweist, und eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens ein Innenwiderstand jeder Batteriezelle (20) ist.
17. Prüfvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Messmodul (60a, 60b, 60c) für jede Batteriezelle (20) jeweils einen Temperatursensor aufweist, und eine überprüfte Eigenschaft des Ladeverhaltens eine Temperatur und/oder ein Temperaturverlauf jeder Batteriezelle (20) ist.
18. Verfahren zum zeitgleichen Überprüfen einer Mehrzahl von separaten Batteriezellen (20) in Bezug auf eine Eigenschaft eines Ladeverhaltens jeder Batteriezelle (20) mit den Schritten:
 - Verbinden von Batteriezellen (20) mit einer Prüfvorrichtung (100), nach einem der vorhergehenden Ansprüche;
 - Aufladen der Batteriezellen (20) durch eine elektrische Leistungszufuhr;
 - Entladen der Batteriezellen (20) durch eine elektrische Verbraucherlast;
 - Erfassen einer Spannung jeder Batteriezelle (20) und Erfassen wenigstens eines zugeführten und abgeführten Stroms zu und/oder aus der Mehrzahl von separaten Batteriezellen (20) aufweist;
 - Vergleichen von erfassten Werten mit einem hinterlegten Referenzwert und/oder mit

- zeitgleich erfassten Werten von Batteriezellen (20) untereinander;
Steuern von einem oder mehreren parallel ablaufenden Auf- und Entladezyklen;
wobei das Verfahren ferner die folgenden Schritte aufweist:
in Serie schalten einer vorbestimmte Anzahl (n) von separaten Batteriezellen (20);
zumindest zeitweises Verbinden der in Serie geschalteten Batteriezellen (20) mit einem gemeinsamen Aufladestrom und/oder einem gemeinsamen Entladestrom.
19. Verfahren nach Anspruch 18, ferner aufweisend die Schritte:
Durchführen von Ladungsausgleichungen basierend auf Differenzen zwischen Spannungen der in Serie geschalteten separaten Batteriezellen (20); und
Erfassen von Werten der Ladungsausgleichungen.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 und 19, wobei
ein Zuführen des gemeinsamen Aufladestroms beendet wird, sobald eine der in Serie geschalteten Batteriezellen (20) eine Spannung ($U_{\max}$) erreicht, die einen vorbestimmten oberen Spannungsschwellwert überschreitet.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 18 bis 20, wobei
ein Abführen des gemeinsamen Entladestroms beendet wird, sobald an einer der in Serie geschalteten Batteriezellen (20) eine abgeführte Ladungsmenge ($Q_{\text{out}}=in$) erreicht ist, die der zuvor zugeführten Ladungsmenge an derselben Batteriezelle (20) entspricht.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3



2/3

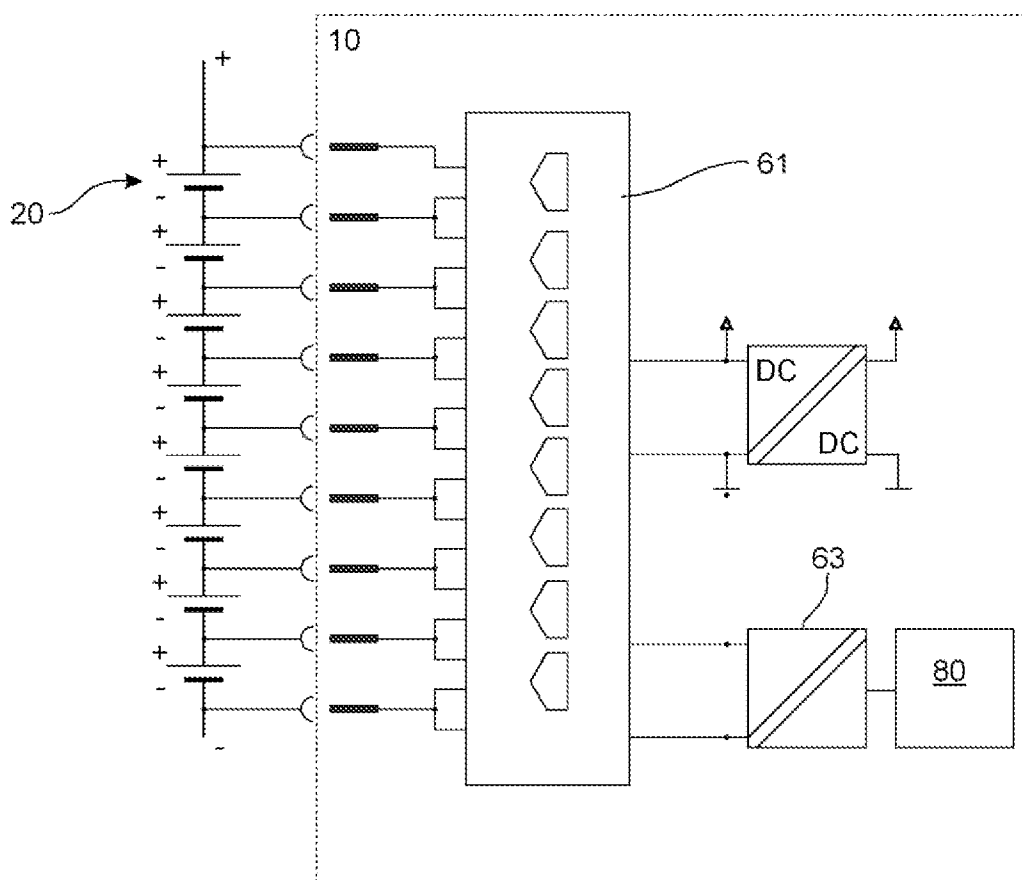


Fig. 2

3/3

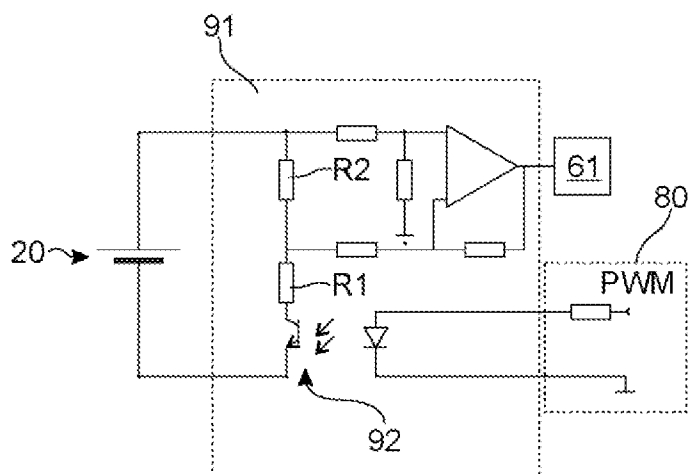


Fig. 3

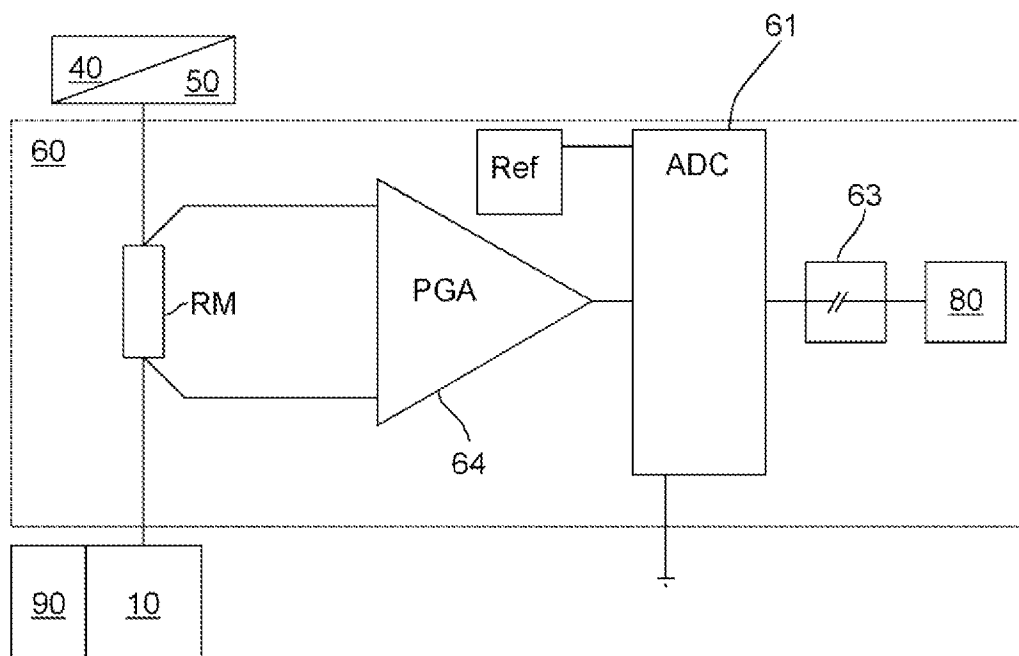


Fig. 4