

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

BESCHREIBUNG**Vorrichtung und Verfahren zur Prüfung einer wiederaufladbaren Batterie**

5

Stand der Technik

Die vorliegende Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zum Prüfen einer wiederaufladbaren Batterie, welche Anschlussmittel zum elektrisch leitfähigen Anschluss der Vorrichtung an
10 einen ersten und einen zweiten Kontakt der Batterie aufweist, wobei die Vorrichtung derart ausgebildet ist, dass der Batterie mittels der Anschlussmittel ein Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt aufprägbar ist.

Es ist allgemein bekannt, dass die Leistungsfähigkeit von Batterien durch die Geometrie und
15 den inneren Aufbau der Batterie bestimmt wird. Neben den eigentlichen Aktivmaterialien, in denen die elektrochemische Speicherung von elektrischer Energie stattfindet, weisen moderne Batterien, wie Lithium-Ionen-Batterien, weitere Komponenten, wie beispielsweise Ableitfolien, die mit dem Aktivmaterial beschichtet sind, Tabs und/oder und Schweißkontakte, auf, welche die Leistungsfähigkeit der Batterien beeinflussen. So sind beispielsweise die
20 metallischen Ableiter innerhalb der Batterien für die Leistungsfähigkeit maßgeblich, da an diesen Ableitern ohmsche Verluste beim Laden oder Entladen der Batterie entstehen. Insbesondere bei einer Verwendung von Ableitkomponenten aus Materialien mit geringer Stromtragfähigkeit bzw. hohem elektrischen Widerstand werden aufgrund Joulscher Wärme vergleichsweise hohe elektrische Verluste generiert, durch die eine teilweise stark punktuelle
25 Erwärmung der Batterie entsteht. Derart starke und durch elektrische Belastung hervorgerufene Erwärmungen der Batterie können exotherme Zersetzungsreaktionen in der Batterie auslösen, wodurch die Gefahr besteht, dass die Batterie platzt oder explodiert. Es ist daher notwendig, dass potentielle Schwachstellen im Aufbau der Batterie und insbesondere beim Design von Ableitern und Schweißverbindungen schon im Entwicklungsprozess der Batterie
30 identifiziert werden und somit ausgeräumt werden können.

Zum Aufspüren derartiger Schwachstellen werden derzeit kalorimetrische Messverfahren und Wärmeleitmessungen verwendet, um die thermischen Eigenschaften von Batterien, insbesondere hinsichtlich Wärmekapazitäten und Anisotropien zu erfassen. Hierbei wird Wärme
35 gezielt von außen in die Batterien eingeleitet.

Offenbarung der Erfindung

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Prüfung einer wiederaufladbaren Batterie zur Verfügung zu stellen, bei welchen zu Testzwecken
5 gezielt Wärme im Innern der Batterie erzeugt wird, ohne dass hierfür ein Wärmeeintrag von außen in die Batterie hinein durchgeführt werden muss.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einer Vorrichtung zum Prüfen einer wiederaufladbaren Batterie, wobei die Vorrichtung Anschlussmittel zum elektrisch leitfähigen Anschluss der Vorrichtung
10 an einen ersten und einen zweiten Kontakt der Batterie aufweist, wobei die Vorrichtung derart ausgebildet ist, dass der Batterie mittels der Anschlussmittel ein Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt aufprägbar ist und wobei die Vorrichtung derart konfiguriert ist, dass der Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt einen vorgegebenen Wechselstromanteil zur Erzeugung einer definierten Verlustleistung in der
15 Batterie aufweist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass eine Wärmeentwicklung im Inneren der Batterie durch die Generierung einer in der Batterie selbst anfallenden Verlustleistung erzeugt wird. Auf diese Weise ist eine Simulation der Batterie im tatsächlichen Belastungszustand und somit unter realen Bedingungen möglich. Ein
20 Eintrag der zu vermessenden Wärme von außen ist hierfür vorteilhafterweise nicht erforderlich. Die Verwendung eines Wechselstromanteils hat zudem den Vorteil, dass in der Batterie eine Verlustleistung erzeugt wird, ohne dass hierfür die Batterie in ihrem Gesamtladungszustand zwangsläufig entladen werden muss. Vorzugsweise ist der Wechselstromanteil derart
25 ausgewählt bzw. geregelt, dass der Ladungszustand der Batterie im Wesentlichen konstant bleibt. Nach der Erzeugung der Verlustleistung in der Batterie wird insbesondere mittels einer externen Temperaturmessvorrichtung (beispielsweise ein Flüssigkeits-Thermometer, ein elektrisches Thermometer, eine Wärmebildkamera oder ein Raman-Thermometer) und/oder einer in die Batterie integrierten internen Temperaturmessvorrichtung (bspw. ein Widerstands-Thermometer, ein Thermoelement-Thermometer oder dergleichen) die Wärmeentwicklung in der Batterie und insbesondere in verschiedenen Bereichen der Batterie vermessen und ausgewertet. Auf diese Weise können potentielle Schwachstellen in der Batterie detektiert werden. Es ist denkbar, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung, sowie das entsprechende erfindungsgemäße Verfahren zum Prüfen einer Batterie zur Überprüfung eines
30 neuen, noch in der Entwicklung befindlichen Batterie-Designs eingesetzt werden. Ferner ist denkbar, dass auf diese Weise Serien-Batterien vor ihrer Auslieferung an den Kunden oder
35

vor dem Einbau, beispielsweise in einen großen Batteriecluster, in ein Fahrzeug oder dergleichen, systematisch getestet werden.

5 Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen entnehmbar.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Vorrichtung eine Regeleinheit aufweist, welche zur Regelung der Amplituden des Wechselstromanteils derart vorgesehen ist, dass eine definierte Soll-Verlustleistung in der
10 Batterie resultiert. Die in der Batterie anfallende Verlustleistung ist proportional zur Differenz der in die Batterie beim Laden (während der positiven Stromhalbwelle) eingebrachten Energie abzüglich der beim Entladen (während der negativen Stromhalbwelle) entnommenen Energie. Über eine entsprechende Regelung der Amplituden des Wechselstromanteils ist
15 folglich die Einstellung einer gewünschten in der Batterie anfallenden Verlustleistung einstellbar. Auf diese Weise können für einen bestimmten Batterietyp in einfacher Weise Grenzwerte für den Belastungstest festgelegt werden, wie beispielsweise dass die Temperatur X, insbesondere in bestimmten Bereichen innerhalb der Batterie, des Batterietyps Y bei einer in der Batterie anfallenden maximalen Verlustleistung Z einen bestimmten Grenzwert W nicht überschreiten darf.

20

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Vorrichtung eine Überwachungseinheit zur Bestimmung der Ist-Verlustleistung in der Batterie aufweist, wobei die Überwachungseinheit vorzugsweise einen Multiplikator und ein Integrationsglied umfasst. Die Aussagekraft der Testergebnisse wird
25 dadurch erhöht, dass die tatsächliche in der Batterie anfallende Ist-Verlustleistung mittels der Überwachungseinheit ständig oder zumindest zeitweise bestimmt wird. Diese Ist-Verlustleistung wird vorzugsweise dadurch bestimmt, dass mittels des Multiplikators der Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt mit der zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt anliegenden Spannung multipliziert wird (das Produkt entspricht
30 der Scheinleistung) und anschließend mittels des Integrators das Integral dieses Produkts über eine bestimmte Anzahl von Perioden gebildet wird. Anschließend wird das Integral über die Dauer der Anzahl von Perioden geteilt, so dass die Ist-Verlustleistung als mittlere Verlustleistung in dieser Dauer ermittelt wird.

35 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Vorrichtung einen Komparator zum Vergleichen der Ist-Verlustleistung mit der Soll-Verlustleistung aufweist und wobei die Vorrichtung eine Regeleinheit zur Regelung

der Amplitude des Wechselstromanteils in Abhängigkeit eines Vergleichs zwischen der Ist-Verlustleistung und der Soll-Verlustleistung aufweist. Um in der Batterie mit möglichst hoher Genauigkeit die gewünschte Soll-Verlustleistung zu generieren, wird die tatsächlich in der Batterie angefallene Ist-Verlustleistung ständig oder zumindest zeitweise mit der Soll-Verlustleistung verglichen. In vorteilhafter Weise werden der aufgeprägte Stromverlauf und insbesondere die Amplitude des aufgeprägten Stromverlaufs in Abhängigkeit dieses Vergleichs nachgeregelt. Die erfindungsgemäße Testvorrichtung verfügt somit über eine rückgekoppelte Regelung zur präzisen Einstellung der in der Batterie anfallenden Verlustleistung, so dass auch bei unterschiedlichen zu testenden Batterien stets die individuell angepasste Einstellung der Soll-Verlustleistung ermöglicht wird.

Ein weiterer Gegenstand oder eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zur Prüfung einer wiederaufladbaren Batterie, wobei die Vorrichtung Anschlussmittel zum elektrisch leitfähigen Anschluss der Vorrichtung an einen ersten und einen zweiten Kontakt der Batterie aufweist, wobei die Vorrichtung derart ausgebildet ist, dass der Batterie mittels der Anschlussmittel ein Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt aufprägbare ist und wobei die Vorrichtung derart konfiguriert ist, dass der Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt einen Wechselstromanteil mit einer vorgegebenen Frequenz zur Erzeugung einer Verlustleistung in einem bestimmten Bereich der Batterie aufweist.

In vorteilhafter Weise ist es möglich, dass durch eine Variation der Frequenz des Wechselstromanteils die Verlustleistung in unterschiedlichen Bereichen der Batterie generiert wird. Dies hängt stark vom Aufbau der Batterie, sowie den im Aufbau der Batterie verwendeten Materialien ab. Beispielsweise wird bei der Verwendung hoher Frequenzen Verlustleistung vornehmlich in metallischen Ableitern der Batterie erzeugt, während bei tiefen Frequenzen Verlustleistung hauptsächlich in den Aktivmaterialien der Batterie generiert wird. Eine sukzessive Variation der Frequenz ermöglicht somit vorzugsweise ein sukzessives Testen einzelner Bereiche der Batterie auf Belastbarkeit und Wärmeentwicklung. In einer für den Fachmann völlig überraschenden und nicht vorhersehbaren Weise wurde festgestellt, dass die effektive Verlustleistung hauptsächlich von der Amplitude des Wechselstromanteils und weniger von der Frequenz abhängt, so dass durch das Frequenz-tuning in unterschiedlichen Bereichen der Batterie stets eine bestimmte vorausgewählte Verlustleistung und insbesondere eine konstante Verlustleistung generierbar ist. Auf diese Weise können nicht nur etwaige Designschwächen in der zu testenden Batterie aufgedeckt werden, sondern derartige Designschwächen können zusätzlich auch noch in der Batterie lokalisiert werden. Eine Überarbeitung des Designs wird hierdurch erheblich vereinfacht und beschleunigt. Die erfindungs-

gemäße Vorrichtung erlaubt somit ferner eine Verkürzung der Entwicklungszeiten von Batterien. Zur Einstellung der Frequenz weist die Vorrichtung vorzugsweise einen Frequenzgenerator auf.

- 5 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt ferner einen Gleichstromanteil aufweist, wobei bevorzugt die Vorrichtung eine weitere Regeleinheit zur Regelung des Gleichstromanteils derart aufweist, dass der Ladezustand der Batterie im Wesentlichen konstant gehalten wird. Der Gleichstromanteil ermöglicht in vorteilhafter Weise ein
- 10 kontrolliertes Aufladen oder Entladen der Batterie. Einer Verschiebung des Ladezustands der Batterie beispielsweise aufgrund der kontinuierlichen Nachregelung der Amplituden des Wechselstromanteils kann somit entgegen gewirkt werden. Zur Erhöhung der Genauigkeit wird der Gleichstromanteil vorzugsweise mittels einer als Regelschleife fungierenden Regeleinheit in Abhängigkeit eines sich verändernden Batterieparameters angepasst. Beispiels-
- 15 weise ist denkbar, dass als Regelgröße für die Regelschleife ein zeitliches Integral über den Stromverlauf zwischen dem ersten und zweiten Kontakt oder eine über eine bestimmte Zeitdauer gemittelte Batteriespannung zwischen dem ersten und zweiten Kontakt verwendet wird.
- 20 Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Prüfen einer wiederaufladbaren Batterie mittels einer Vorrichtung, wobei mittels Anschlussmitteln der Vorrichtung ein elektrisch leitfähiger Anschluss der Vorrichtung an einen ersten und einen zweiten Kontakt der Batterie hergestellt wird, wobei der Batterie mittels der Vorrichtung ein Stromver-
- 25 lauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt aufgeprägt wird und wobei ein Wechselstromanteil im Stromverlauf derart geregelt wird, dass eine definierte Verlustleistung in der Batterie erzeugt wird. In vorteilhafter Weise wird somit ein Belastungstest für die Batterie unter möglichst realen Bedingungen durchgeführt, so dass die in der Batterie entstehende Wärmeentwicklung zu beobachten und zu analysieren ist. Hierzu wird vorzugsweise eine
- 30 Temperaturmessung an der Batterie durchgeführt. Dies kann sowohl eine Messung der Batterietemperatur von außerhalb der Batterie, als auch von innerhalb der Batterie sein. Auf diese Weise können – wie oben beschrieben – Schwachstellen im Aufbau der Batterie anhand der Temperaturanalyse identifiziert werden. Zur Generierung einer bestimmten Verlustleistung in der Batterie werden vorzugsweise die Amplituden des Wechselstromanteils mittels einer Regeleinheit derart eingestellt, dass eine definierte Soll-Verlustleistung in der Bat-
- 35 terie erzeugt wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Ist-Verlustleistung in der Batterie mittels einer Überwachungseinheit bestimmt wird und dass die Ist-Verlustleistung mit der Soll-Verlustleistung verglichen wird, wobei die Amplituden des Wechselstromanteils vorzugsweise in Abhängigkeit des Vergleichs
5 zwischen der Ist-Verlustleistung und der Soll-Verlustleistung geregelt wird. Auf diese Weise ist die gewünschte Soll-Verlustleistung mit möglichst hoher Genauigkeit in der Batterie zu generieren, da die tatsächlich in der Batterie angefallene Ist-Verlustleistung ständig oder zumindest zeitweise mit der Soll-Verlustleistung verglichen wird und die Amplituden entsprechend nachgeregelt werden.

10

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass zur Bestimmung der Ist-Verlustleistung das Produkt aus dem Stromverlauf und dem zum Stromverlauf korrespondierenden Spannungsverlauf zwischen dem ersten und zweiten Kontakt über wenigstens eine Periode des Wechselspannungsanteils integriert wird.
15 Vorzugsweise wird anschließend der mittels der Integration berechnete Wert durch die Dauer der Perioden über die integriert wurde geteilt. In vorteilhafter Weise ist somit eine präzise Bestimmung der in der Batterie während der Zeitperiode über die integriert wird anfallenden mittlere Verlustleistung möglich.

20

Ein weiterer Gegenstand oder eine weitere bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Prüfen einer wiederaufladbaren Batterie mittels einer Vorrichtung, wobei mittels Anschlussmitteln der Vorrichtung ein elektrisch leitfähiger Anschluss der Vorrichtung an einen ersten und einen zweiten Kontakt der Batterie hergestellt wird, wobei der Batterie mittels der Vorrichtung ein Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zwei-
25 ten Kontakt aufgeprägt wird und wobei eine Frequenz des Wechselstromanteils im Stromverlauf derart eingestellt wird, dass in einem bestimmten Bereich der Batterie eine Verlustleistung erzeugt wird. Vorteilhafterweise ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren die Erzeugung von Verlustleistung in bestimmten Bereichen der Batterie. Es wurde oben ausgeführt, dass die Entstehung von Verlustleistung stark vom Aufbau der Batterie, sowie den im
30 Aufbau der Batterie verwendeten Materialien abhängt. Eine sukzessive Variation der Frequenz ermöglicht nun, dass die Generierung von Verlustleistung nacheinander in unterschiedlichen Bereichen der Batterie erzeugt wird und somit diese unterschiedlichen Bereiche der Batterie sukzessive und getrennt voneinander auf ihre Wärmeentwicklung hin getestet werden können. Als besonders vorteilhaft erweist sich hierbei, dass die effektive Verlustleistung
35 hauptsächlich von der Amplitude des Wechselstromanteils und weniger von der Frequenz abhängt, so dass durch das Frequenz-tuning in unterschiedlichen Bereichen der Batterie stets eine bestimmte vorausgewählte Verlustleistung und insbesondere eine konstante

Verlustleistung generierbar ist. Auf diese Weise ist neben der Identifizierung von Designschwächen eine Lokalisierung dieser Designschwächen in der Batterie möglich.

5 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass ein Gleichstromanteil im Stromverlauf mittels einer weiteren Regeleinheit derart geregelt wird, dass der Ladezustand der Batterie im Wesentlichen konstant gehalten wird. Auf diese Weise wird die Batterie während der Durchführung des Testverfahrens auf einem konstanten Ladungszustand gehalten. Denkbar ist auch, dass die Batterie während des Testverfahrens auf ein vorgegebenes Ladungsniveau aufgeladen wird. Auf diese Weise wäre
10 es möglich, ein zeitsparendes simultanes Lade- und Testverfahren bereitzustellen, welches von neu hergestellten Batterien vor dem Ausliefern an Kunden oder vor dem Einbau in Batteriesysteme durchlaufen wird.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Zeichnungen, sowie aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen anhand der Zeichnungen. Die Zeichnungen illustrieren dabei lediglich beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung, welche den wesentlichen Erfindungsgedanken nicht einschränken.
15

20 Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Figur 1a zeigt eine schematische Ansicht einer Vorrichtung gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

25 **Figur 1b** zeigt eine schematische Ansicht einer Vorrichtung gemäß der beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Figur 2 zeigt schematische Ansichten eines zeitabhängigen Strom- und Spannungsverlaufs an einer Batterie, welche mittels einer Vorrichtung und eines Verfahrens jeweils gemäß der beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geprüft wird.
30

Ausführungsformen der Erfindung

35 In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher in der Regel auch jeweils nur einmal benannt bzw. erwähnt.

In **Figuren 1a und 1b** sind schematische Ansichten einer Vorrichtung 10 zum Prüfen einer wiederaufladbaren Batterie 100 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Vorrichtung 10 fungiert als Testgerät zum thermischen Vermessen von Batterien 100 oder eines aus mehreren Batterien 100 aufgebauten Batterieclusters. Der Batterie 100 wird mittels elektrischer Leiter aufweisenden Anschlussmitteln ein periodischer Strom in der Weise eingepreßt, dass in den zu testenden Batterien 100 eine gezielt einstellbare Verlustleistung bei einer frei parametrierbaren Aussteuerungsfrequenz f_{ref} eingepreßt wird. Mittels der Vorrichtung 10 (im Folgenden auch als Testgerät 10 bezeichnet) wird dabei ein Wechselstrom I_m in die zu beaufschlagende Batterie 100 geleitet, wobei durch das Verfahren zum Betreiben des Testgeräts 10 mit Vorteil dafür gesorgt wird, dass der Wechselstrom in der Amplitude so geregelt wird, dass eine konstante Verlustleistung P_v in der Batterie 100 anfällt.

In Figur 1a ist gezeigt, dass das Testgerät 10 elektrisch mit den Polen 101, 102 der zu untersuchenden Batterie 100 verbunden ist. Das Testgerät 10 ist beispielhaft als Endstufenverstärker mit in der Frequenz f_{ref} variierbarer Ausgangsspannung ausgeführt. Mit dem Testgerät 10 wird ein Wechselstrom I_m (z.B. sinusförmig) an den Polen 101, 102 der Batterie 100 eingestellt, wodurch sich eine Wechselspannung U_{Batt} an den Polen 101, 102 der Batterie 100 ergibt. Der fließende Wechselstrom I_m sorgt für ohmsche Verluste an den elektrisch leitfähigen Komponenten innerhalb der Batterie 100. Die Wechselspannung U_{Batt} an der Batterie 100 ist mit einer Gleichspannungskomponente überlagert, welche insbesondere der Quellspannung der Batterie 100 entspricht, bei einem fließenden mittelwertfreien Batteriestrom. Der Wechselanteil der Spannung U_{Batt} ist phasenverschoben gegenüber dem fließenden Batteriestrom I_m , da die Batterie 100 im kHz-Bereich ein ohmsch-induktives Verhalten aufweist, während die Batterie 100 unterhalb des kHz-Bereichs ein ohmsch-kapazitives Verhalten aufweist. Hinzu kommt, dass Batterien 100 häufig ein nichtlineares Übertragungsverhalten aufweisen, sodass ohmsche Anteile der batterieinternen Impedanz bei zunehmendem Batteriestrom I_m abnehmen bzw. bei sinkendem Batteriestrom I_m ansteigen. Die in der Batterie 100 anfallende Verlustleistung P_v ist damit nicht direkt proportional mit dem fließenden Batteriestrom I_m . Das Testgerät 10 misst daher sowohl den eingestellten Batteriestrom I_m als auch die Spannung U_{Batt} an den Polen 101, 102 der Batterie 100. Die in der Batterie 100 anfallende Verlustleistung P_v ist die Differenz aus der in die Batterie 100 beim Laden eingebrachten Energie abzüglich der beim Entladen wieder entnommenen Energie. Die beim Laden eingebrachte Energie wird bei einem sinusförmigen Wechselstrom durch die positiven Stromhalbwellen im Verlauf des Wechselstroms I_m bestimmt, während die beim Entladen wieder entnommene Energie durch die negativen Stromhalbwellen des Verlaufs des Wechselstroms I_m bestimmt wird.

Die Bilanzierung der zu- und abgeführten Energiemengen wird bei dem erfindungsgemäßen Prüfverfahren durch eine Wirkleistungsbetrachtung von Strömen und Spannungen durchgeführt: Es wird dabei das Produkt S des zeitlichen Verlaufs von Batteriestrom I_m und Batteriespannung U_{Batt} beispielsweise mittels eines Multiplikators 57 gebildet. Dieses Produkt S entspricht dabei der Scheinleistung. Anschließend wird das Produkt S über eine oder mehrere vollständige Perioden beispielsweise mittels eines Integrationsgliedes 50 integriert. Das Integral dieses Produkts S über n vollständige Perioden ist gleich der in der Batterie 100 angefallenen Verlustenergie während der n Perioden. Anschließend wird diese Verlustenergie durch die Dauer der n Perioden geteilt, so dass sich die mittlere Verlustleistung P_V in der Batterie 100 ergibt:

$$P_V = f_{\text{ref}} \times \int_{t^{-1}/f_{\text{ref}}}^t I_m(t) \times U_{\text{Batt}}(t) dt$$

Die Vorrichtung 10 weist ferner eine Regeleinheit 11 auf, welche die Amplitude des Wechselstromanteils in Abhängigkeit dieser berechneten mittleren Verlustleistung P_V regelt, um in der Batterie 100 eine definierte, d.h. gewünschte bzw. vorgegebene Verlustleistung P_{V^*} zu generieren. Die berechnete mittlere Verlustleistung P_V dient somit als Regelgröße für die Regeleinheit 11, wobei die berechnete Verlustleistung P_V subtraktiv auf die vorgegebene Verlustleistung P_{V^*} zurückgeführt wird. Aus der Regelabweichung wird beispielsweise mittels eines Stromreglers 55 die Stellgröße I erzeugt. Die Regeleinheit 11 stellt somit ein rückgekoppeltes (insbesondere gegengekoppeltes) System dar, da eine Änderung der Amplituden eine Änderung in der Regelgröße bewirkt. Mit anderen Worten: Die tatsächlich in der Batterie 100 generierte Verlustleistung wird geregelt, indem die gemessene bzw. berechnete Verlustleistung P_V als Regelgröße verwendet wird und die Stromamplitude I als Stellgröße mittels des Stromreglers 55 in entsprechender Größe ermittelt wird. Der Stromregler 55 kann als klassischer kontinuierlicher, wie P-, Pi- oder PID-Regler oder als digitaler Regler, beispielsweise als Totzeit-, Deadbeat- oder nichtlinearer Regler, ausgeführt sein. Aus der Stellgröße Stromamplitude I wird der entsprechende Wechselstrom I_m erzeugt, indem die Stromamplitude I mit einem periodisch oszillierendem Modulationsfaktor m ($m = -1 \dots 1$) multipliziert wird. Der Modulationsfaktor m wird mittels eines Frequenzgenerators 58 erzeugt und oszilliert mit einer von außen vorgegebenen Aussteuerungsfrequenz f_{ref} . Der Wechselstrom I_m wird nun in die Batterie 100 eingespeist, so dass die Regelschleife geschlossen ist. Die Multiplikation des Stromamplitudenwerts I mit dem Modulationsfaktor m erfolgt mittels eines weiteren Multiplikators 59, beispielsweise eines einfachen Verstärkers.

Mit dem beschriebenen Verfahren wird der der Batterie 100 aufgeprägte Stromverlauf I_m derart geregelt, dass in der Batterie 100 die von außen vorgegebene definierte Verlustleistung P_v generiert wird. Gleichzeitig kann die Frequenz f_{ref} frei gewählt oder modifiziert werden, so dass in bestimmten Bereichen der Batterie 100 die Verlustleistung P_v anfällt. Beispielsweise werden bei der Verwendung hoher Frequenzen f_{ref} Verlustleistung P_v vornehmlich in metallischen Ableitern der Batterie 100 erzeugt, während bei tiefen Frequenzen f_{ref} Verlustleistung P_v hauptsächlich in den Aktivmaterialien der Batterie 100 generiert wird. Eine sukzessive Variation der Frequenz f_{ref} ermöglicht somit vorzugsweise ein sukzessives Testen einzelner räumlicher, funktioneller oder geometrischer Bereiche der Batterie P_v auf Belastbarkeit und Wärmeentwicklung. Die Vorrichtung 10 weist vorzugsweise eine nicht dargestellte Temperaturmessvorrichtung auf, beispielsweise ein Flüssigkeits-Thermometer, ein elektrisches Thermometer, eine Wärmebildkamera, ein Raman-Thermometer, ein Widerstandsthermometer, ein Thermoelement-Thermometer oder dergleichen, welches die Wärmeentwicklung in der Batterie 100 und insbesondere in verschiedenen Bereichen der Batterie 100 vermisst bzw. auswertet. Auf diese Weise können potentielle Schwachstellen in der Batterie 100 und insbesondere im Design der Batterie 100 detektiert werden. Durch die Temperaturmessungen können dabei insbesondere spezielle Bereiche in der Batterie 100 mit hohem Wärmeaufkommen (auch als Hotspots bezeichnet) bei elektrischer Belastung ermittelt werden. Es ist denkbar, dass die Vorrichtung 10 zur Überprüfung eines neuen, noch in der Entwicklung befindlichen Batterie-Designs eingesetzt wird oder dass mittels der Vorrichtung 10 Serien-Batterien vor ihrer Auslieferung an den Kunden oder vor dem Einbau, beispielsweise in einen großen Batteriecluster, in ein Fahrzeug oder dergleichen, systematisch getestet werden. Als Testgerät kann eine in Batterieprüfständen gebräuchliche Verstärkerendstufe eingesetzt werden und das Verfahren zum Betreiben des Testgeräts 10 als Funktion einer Prüfstandssoftware realisiert werden.

Wird nur nach jeder vollständigen Periode die Stromstellgröße I neu berechnet, ist gewährleistet, dass die Bilanz von Lade- und Entladestrom über lange Testdauern gleich Null ist, d.h. der Ladezustand der Batterie 100 bleibt im Wesentlichen unverändert, da die Amplitude von Ladestrom- und Entladestromhalbwellen in einer Periode gleich sind. Analog gilt dies, wenn die Stellgröße I nach einer Sequenz von vollständigen Perioden neu berechnet wird. Erfolgt das Update der Stellgröße I kontinuierlich, kann es u.U. dazu führen, dass sich der Ladezustand der Batterie 100 über die Testdauer leicht verschiebt. Um dem vorzubeugen, ist neben der äußeren Regelschleife, mit der Verlustleistung P_v als Regelgröße, vorzugsweise eine innere Regelschleife in Form einer weiteren Regeleinheit (nicht illustriert) vorgesehen, die ein Driften des Ladezustands der Batterie 100 verhindert, indem ein nicht-periodischer Offsetstrom (auch als Gleichstromanteil bezeichnet) dem geregelten periodischen Wechsel-

strom I_m überlagert ist. Als Regelgröße für diese innere Stromregelschleife kann entweder das zeitliche Integral des Stroms I_m , für Batterien mit einem Ladungswirkungsgrad 1 (z.B. Lithium-Ionen-Batterien), verwendet werden. Für Batterietechnologien, die Nebenreaktionen zeigen (z.B. Blei-Säure, NiMH, NiCd), ist die über eine längere Zeitdauer gemittelte Batteriespannung U_{Batt} als Regelgröße zu verwenden, um sicher zu stellen, dass sich der Ladezustand der Batterie 100 nicht aufgrund des Ladungswirkungsgrads kleiner 1 während der Testdauer kontinuierlich verringert. Mit der Aussteuerung mit einem periodischen, mittelwertfreien Wechselstrom I_m ist gewährleistet, dass sich der Ladezustand der Batterie 100 nicht verändert, wodurch verfälschende thermische Effekte, hervorgerufen durch entropische Effekte im Batterieinneren, eliminiert werden.

In **Figur 2** sind schematische Ansichten eines zeitabhängigen Strom- und Spannungsverlaufs an einer Batterie 100 dargestellt, welche mittels der anhand von Figuren 1a und 1b beschriebenen Vorrichtung 10 und mittels des anhand von Figuren 1a und 1b beschriebenen Verfahrens jeweils gemäß der beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geprüft wird. Auf der Ordinate des in Figur 2 illustrierten Graphen ist wahlweise elektrische Spannung U in Volt oder elektrischer Strom I in Ampere aufgetragen, während auf der Abszisse die Zeit in Sekunden aufgetragen ist. Gezeigt wird der zeitliche Verlauf des eingestellten Stroms I_m und der sich dabei ergebenden Spannung U_{Batt} der Batterie 100. Die Spannung U_{Batt} der Batterien 100 weist einen Konstantspannungsanteil auf. Der periodische Strom I_m und die Spannung U_{Batt} sind aufgrund der elektrochemischen Vorgänge in der Batterie 100 phasenverschoben zueinander. Die Amplitude des dargestellten Stroms wird so vom Testgerät 10 gestellt, dass die in der Batterie 100 anfallende Verlustleistung P_v , gemittelt über eine oder mehrere Perioden gleich einem vorgegebenen Verlustleistungswert P_{v^*} ist. Die Frequenz des Wechselstroms I_m wird durch die vorgegebene Aussteuerungsfrequenz f_{ref} vorgegeben. Der vorgegebene Stromverlauf I_m schwankt vorzugsweise um den Nullpunkt (lediglich der Idealfall), so dass die Batterie 100 während der positiven Stromhalbwellen geladen und während der negativen Stromhalbwellen entladen wird. Besonders bevorzugt wird der oszillierende Stromverlauf I_m um den Gleichstromanteil in Y-Richtung verschoben, um die Batterie 100 auf einem konstanten Ladungszustand zu halten.

Es ist offensichtlich für den Fachmann, dass verschiedene Modifikationen und Variationen der Vorrichtung und des Verfahrens zum Prüfen einer wiederaufladbaren Batterie gemäß der Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne von dem Grundgedanken oder dem Anwendungsbereich der Erfindung abzuweichen. Folglich ist es beabsichtigt, dass die Ausführungsformen der Erfindung sämtliche Modifikationen und Variationen der Erfindung

abdecken, sofern sie sich innerhalb des Anwendungsbereichs der Ansprüche und ihren Äquivalenten befinden.

Bezugszeichenliste

	10	Vorrichtung
5	11	Regeleinheit
	50	Integrationsglied
	55	Stromregler
	56	Komparator
	57	Multiplikator
10	58	Frequenzgenerator
	59	Weiterer Multiplikator
	100	Batterie
	101	Erster Kontakt
	102	Zweiter Kontakt
15		

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung (10) zum Prüfen einer wiederaufladbaren Batterie (100),

5 wobei die Vorrichtung (10) Anschlussmittel zum elektrisch leitfähigen Anschluss der Vorrichtung (10) an einen ersten und einen zweiten Kontakt (101, 102) der Batterie (100) aufweist,

10 wobei die Vorrichtung (10) derart ausgebildet ist, dass der Batterie (100) mittels der Anschlussmittel ein Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt (101, 102) aufprägar ist

15 und wobei die Vorrichtung (10) derart konfiguriert ist, dass der Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt (101, 102) einen vorgegebenen Wechselstromanteil zur Erzeugung einer definierten Verlustleistung in der Batterie (100) aufweist.

2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung (10) eine Regeleinheit aufweist, welche zur Regelung der Amplituden des Wechselstromanteils derart vorgesehen ist, dass eine definierte Soll-Verlustleistung in der Batterie (100) resultiert.

20

3. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (10) eine Überwachungseinheit zur Bestimmung der Ist-Verlustleistung in der Batterie (100) aufweist, wobei die Überwachungseinheit vorzugsweise einen Multiplikator (57) und ein Integrationsglied (50) umfasst.

25

4. Vorrichtung (10) nach Anspruch 3, wobei die Vorrichtung (10) einen Komparator (56) zum Vergleichen der Ist-Verlustleistung mit der Soll-Verlustleistung aufweist und wobei die Vorrichtung (10) eine Regeleinheit (11) zur Regelung der Amplitude des Wechselstromanteils in Abhängigkeit des Vergleichs zwischen der Ist-Verlustleistung und der Soll-Verlustleistung aufweist.

30

5. Vorrichtung (10) nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (10) derart konfiguriert ist, dass der Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt (101, 102) einen Wechselstromanteil mit einer vorgegebenen Frequenz zur Erzeugung einer Verlustleistung in einem bestimmten Bereich der Batterie (100) aufweist.

35

6. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (10) einen Frequenzgenerator (58) zum Einstellen der Frequenz des Wechselstromanteils aufweist.
- 5 7. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt (101, 102) ferner einen Gleichstromanteil aufweist und wobei bevorzugt die Vorrichtung (10) eine weitere Regeleinheit zur Regelung des Gleichstromanteils derart aufweist, dass der Ladezustand der Batterie (100) im Wesentlichen konstant gehalten wird.
- 10 8. Vorrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung (10) eine Temperaturmessvorrichtung zur Bestimmung der Temperatur in der Batterie (100) aufweist.
- 15 9. Verfahren zum Prüfen einer wiederaufladbaren Batterie (100) mittels einer Vorrichtung (10), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
- wobei mittels Anschlussmitteln der Vorrichtung (10) ein elektrisch leitfähiger Anschluss der Vorrichtung (10) an einen ersten und einen zweiten Kontakt (101, 102) der Batterie (100) hergestellt wird,
- 20 wobei der Batterie (100) mittels der Vorrichtung (10) ein Stromverlauf zwischen dem ersten und dem zweiten Kontakt (101, 102) aufgeprägt wird,
- 25 wobei ein Wechselstromanteil im Stromverlauf derart geregelt wird, dass eine definierte Verlustleistung in der Batterie (100) erzeugt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Amplituden des Wechselstromanteils mittels einer Regeleinheit (11) derart eingestellt werden, dass eine definierte Soll-Verlustleistung in der Batterie (100) erzeugt wird.
- 30 11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Ist-Verlustleistung in der Batterie (10) mittels einer Überwachungseinheit bestimmt wird und dass die Ist-Verlustleistung mit der Soll-Verlustleistung verglichen wird, wobei die Amplituden des Wechselstromanteils vorzugsweise in Abhängigkeit des Vergleichs zwischen der Ist-Verlustleistung und der Soll-Verlustleistung geregelt werden.
- 35

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei zur Bestimmung der Ist-Verlustleistung das Produkt aus dem Stromverlauf und dem zum Stromverlauf korrespondierenden Spannungsverlauf zwischen dem ersten und zweiten Kontakt (101, 102) über wenigstens eine Periode des Wechselspannungsanteils integriert wird.
- 5
13. Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9 oder nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei eine Frequenz des Wechselstromanteils im Stromverlauf derart eingestellt wird, dass in einem bestimmten Bereich der Batterie (100) eine Verlustleistung erzeugt wird.
- 10
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, wobei ein Gleichstromanteil im Stromverlauf derart geregelt wird, dass der Ladezustand der Batterie (100) im Wesentlichen konstant gehalten wird.
- 15
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 14, wobei eine Temperaturmessung an der Batterie (100) durchgeführt wird.

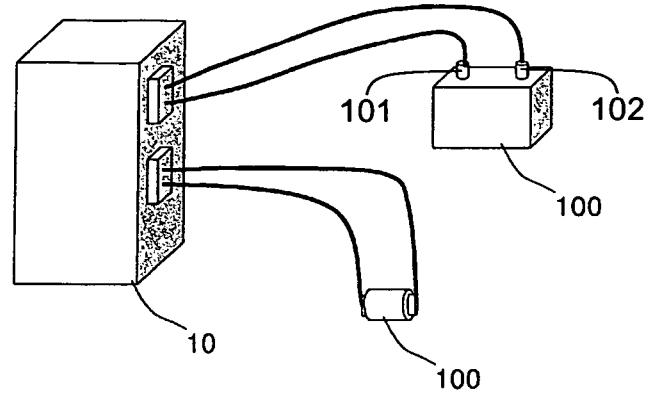


Fig. 1a

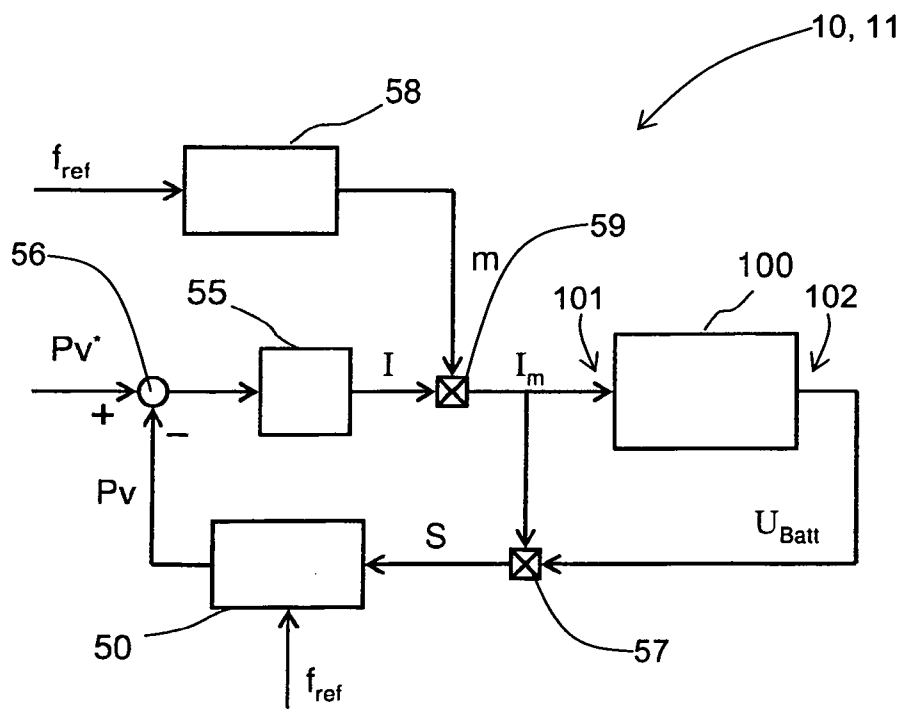


Fig. 1b

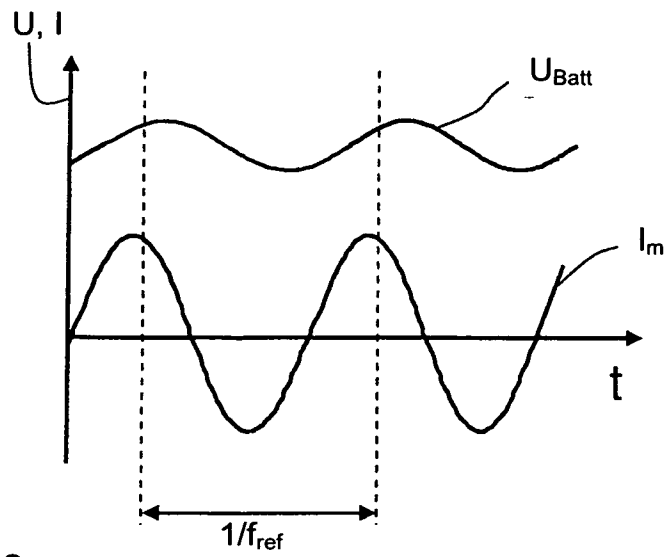


Fig. 2