



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 97 404 T5** 2005.02.10

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/061052**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **102 97 404.7**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/39153**  
(86) PCT-Anmeldetag: **06.12.2002**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.07.2003**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **10.02.2005**

(51) Int Cl.7: **H01M 10/44**  
**H01M 10/46**

(30) Unionspriorität:  
**10/021,838 14.12.2001 US**

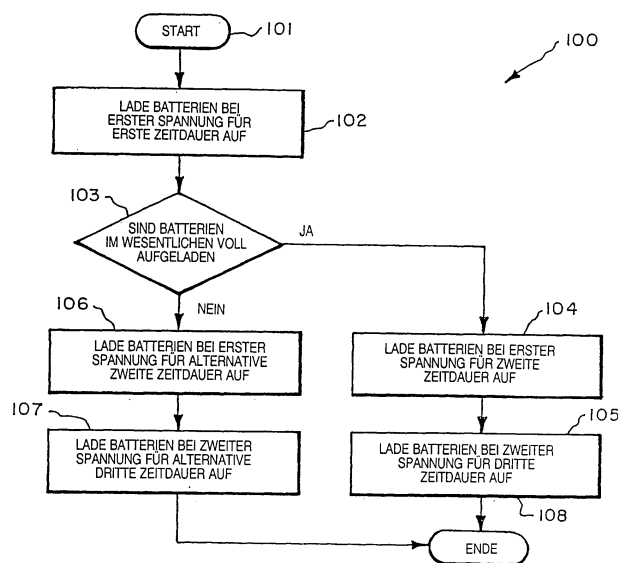
(74) Vertreter:  
**Abitz & Partner, 81679 München**

(71) Anmelder:  
**Zinc Matrix Power, Inc., Santa Barbara, Calif., US**

(72) Erfinder:  
**Cheiky, Michael, Thousand Oaks, Calif., US; Yang, Te-Chien Felix, Santa Barbara, Calif., US**

(54) Bezeichnung: **Mehrplateau-Batterieaufladeverfahren und -system, um das erste Plateau voll aufzuladen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Aufladen von mindestens einer Batterie, umfassend die folgenden Schritte:  
Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer;  
Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der ersten Zeitdauer;  
wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine dritte Zeitdauer;  
wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer ist, Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine alternative zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei der zweiten Spannung für eine alternative dritte Zeitdauer.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Batterieaufladeverfahren und -system und spezieller Aufladeverfahren und -systeme zur Verhinderung einer Batterieüberladung.

## QUERVERWEISE AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

**[0002]** Die vorliegende Anmeldung steht in Beziehung mit zwei mitanhängigen Anmeldungen, einer Patentanmeldung mit dem Titel "Battery Charging System" und der anderen Patentanmeldung mit dem Titel "Battery Charging Method and System", jeweils von den Erfindern Michael Cheiky und Te-Chien Felix Yang, Serial-Nummern sind zu bestimmen, jeweils eingereicht am 14. Dezember 2001, die hierin durch diesen Bezug aufgenommen sind und die nicht als Stand der Technik in Bezug zur vorliegenden Erfindung gelten gelassen werden.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0003]** Wiederaufladbare Batterien zum Speichern von elektrischer Energie und Batterieladegeräte zum Aufladen von Batterien und Zurückbringen der Batterien in einen geladenen Zustand, nachdem die Batterien leer gemacht worden sind, sind bekannt gewesen und sind üblich. Typischerweise werden die Batterien nach voller oder teilweiser Entleerung aufgeladen, indem Energie an die Batterien abgegeben wird und chemische Prozesse in den Batterien umgekehrt werden, indem eine Spannung an die Batterien angelegt wird, wobei Strom durch die Batterien gezwungen wird und folglich eine Ladung wiederhergestellt wird. Ein übliches Aufladeverfahren besteht darin, eine Spannungsquelle an die aufzuladende Batterie anzulegen, die größer ist als die Batteriespannung der Batterie, und das Aufladen anzuhalten, wenn die Batterie aufhört, zusätzlichen Strom zu akzeptieren. Solche Aufladeverfahren ziehen nicht den Ladezustand der Batterie beim Einsetzen eines Aufladens in Erwägung und führen fast immer zu schädlichen Wirkungen bei der Batterie, verringerter Leistungsfähigkeit und Batterielebensdauer.

**[0004]** Ein Batterieaufladeverfahren, das ein Überladen minimiert und folglich eine Batterieleistungsfähigkeit und -lebensdauer erhöht, wird benötigt. Das Batterieaufladeverfahren sollte eine oder mehrere Batterien gleichzeitig aufladen können, den Ladezustand der Batterien, d.h. ob die Batterien im Wesentlichen aufgeladen oder im Wesentlichen ganz leer sind, frühzeitig während des Aufladezyklus bewerten und die Batterien auf Grundlage eines solchen Ladezustands entsprechend aufladen.

**[0005]** Batterien bestehen im Allgemeinen aus zwei oder mehr galvanischen Zellen. Zwei Elektroden von verschiedenen Materialien sind voneinander elektrolytisch isoliert, aber in einem gemeinsamen ionisch leitenden Elektrolyt platziert. Ein Überladen der Batterie kann zu komplizierten und unerwünschten Nebenreaktionen führen, insbesondere wenn sie die Zersetzung von Elektrolyt betreffen. Das letztgenannte kann zur Gaserzeugung führen, was wiederum zu erhöhter Batterieinnenimpedanz führt. Die Batterie mit dieser erhöhten Batterieinnenimpedanz kann schnell von optimalen Betriebsbedingungen abkommen. Zusätzlich fördert ein Überladen das Wachstum von Dendriten, was wiederum zum Batteriekurzschluss führt. Andererseits verlangen gegenwärtige Anforderungen an Batterien zunehmend nach größeren Leistungsdichten, so dass eine ungenügende Aufladung in jeglichem Aufladeschema auch zu vermeiden ist.

**[0006]** Batterien auf Silberbasis weisen typischerweise hohe Energiedichten, d.h. hohe Energie-zu-Gewicht- und -Volumen-Verhältnisse, ein Vermögen, Energie bei verhältnismäßig hohen Stromentnahmen abzugeben und eine hohe Zuverlässigkeit auf, was sie zu ausgezeichneten Kandidaten zur Verwendung in zukunftsorientierten Technologien macht sowie laufenden Tagesenergiespeicherungs- und Abgabeerfordernissen entspricht. Folglich gibt es einen Bedarf an einem Batterieaufladeverfahren und -system, das die schädlichen Wirkungen einer Überladung minimiert.

**[0007]** Das Aufladen von Batterien auf Silberbasis wird durch zwei Plateaus charakterisiert, die die zwei aktiven Oxidationszustände von Silber widerspiegeln. Das erste Plateau tritt auf, wenn Silber zu monovalentem Silberoxid ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) umgewandelt wird, während das zweite Plateau die Bildung von bivalentem Silber ( $\text{AgO}$ ) widerspiegelt. Auf das Ladeende zu, im Allgemeinen bei etwa  $90^\circ$  einer maximalen Kapazität, wandelt sich das Plateau in eine steil ansteigende Kurve um, und die Batterie fängt an, überladen zu werden. Als Folge wird ein Batterieaufladeverfahren und -system, das die maximale Aufladespannung und Aufladestrom begrenzt, benötigt. Das Batterieaufladeverfahren und -system sollte die Batterie allmählich abnehmend aufladen, um nicht zu schnell zu viel Energie in die Batterie zu treiben, und folglich eine Beschädigung an der Batterie verhindern. Ein Gasen, das die Batterie beschädigt, sollte minimiert sein.

**[0008]** Mit dem Aufkommen von ausgeklügelteren und kostspieligeren Batteriesystemen, wie z.B. Batterien auf Silberbasis und andere Hochimpedanzbatterien, entsteht der Bedarf an fortschrittlicheren Aufladeverfahren und -systemen, die ein Überladen und eine Beschädigung an den Batterien verhindern. Dieser Bedarf wird insbesondere für Batterien auf Silberbasis und andere Hochimpedanzbatterien wichtiger,

die hohe Energiedichten aufweisen und eine Langzeitzuverlässigkeit erfordern. Solche Batterien können in Raumfahrt- und anderen Anwendungen verwendet werden, die keine Ersetzung oder eine minimale Ersetzung über ausgedehnte Zeitdauern erfordern. Folglich gibt es einen Bedarf an Vorrichtungen und Verfahren, um ein Aufladen solcher Batterien auf ihre maximalen Vermögen zu erleichtern, bei minimalen oder im Wesentlichen keinen schädlichen Wirkungen und Maximierung der Lebensdauer von solchen Batterien. Das Aufladeverfahren und -system sollte kostengünstig, leicht herzustellen und zu verwenden, klein und leichtgewichtig, haltbar, langlebig, zuverlässig sein und in Raumfahrt- und Verteidigungsanwendungen verwendet werden können.

**[0009]** Unterschiedliche Batterieaufladeverfahren und -system sind bisher bekannt gewesen. Jedoch genügt keine von diesen Batterieaufladeverfahren und -system diesen vorerwähnten Erfordernissen.

**[0010]** Frühere Aufladeverfahren Unterschiedliche Aufladeverfahren und -system, die Nebenschlussregler verwenden, sind offenbart worden.

Die US-Patent-Nos. 5,821,733 (Turnbull) und 5,747,964 (Turnbull) offenbaren wiederaufladbare Batterien und Batterieaufladesysteme für mehrfach hintereinandergeschaltete Batteriezellen, die eine Mehrzahl von Nebenschlussreglern umfassen, die angepasst sind, um mit jeder von den Zellen parallelgeschaltet zu werden. Die Spannung von jeder Zelle wird während eines Aufladens überwacht. Wenn eine Zelle voll aufgeladen ist, wird überschüssiger Aufladestrom um die voll aufgeladene Zelle nebengeschlossen, um zu ermöglichen, dass sich die übrigen Zellen weiter aufladen.

Turnbull stellt unterschiedliche Ausführungsformen seiner Nebenschlussregler dar. In einer von Turnbull's Ausführungsformen stellt Turnbull einfach Nebenschlussregler dar, jeder parallel zu einer Batteriezelle. In einer anderen Ausführungsform verwendet Turnbull Nebenschlussregler und Feldeffekttransistoren, deren Drain- und Sourceanschlüsse über jede der Batteriezellen parallelgeschaltet sind. Jeder Nebenschlussregler steht unter der Steuerung einer Spannungserfassungsschaltung, die einen Differenzverstärker, der die tatsächliche Zellspannung der Batteriezelle erfasst und sie mit einer Bezugsspannung vergleicht, anderswo in der Aufladeschaltung enthält. In noch einer anderen Ausführungsform verwendet Turnbull eine Mehrzahl von Trennschaltern, um die Batteriezellen von der Aufladeschaltung zu trennen, um zu verhindern, dass die Batterieschaltung die Zellen entlädt, wenn das Batterieladegerät nicht verwendet wird.

Das US-Patent No. 5,982,144 (Johnson et al.) offenbart eine Überladeschutzschaltung für wieder-

aufladbare Stromquellen mit Nebenschluss-schaltungen, die Strom um eine Batterie oder Batteriezelle einer Batteriezellenkette nebenschließen, wenn sie auf eine maximale Ladegrenze aufgeladen ist. Die Nebenschluss-schaltung umfasst Nebenschlussregler, die über jede Batteriezelle angeschlossen sind.

Das US-Patent No. 6,025,696 (Lenhart et al.) offenbart ein Batteriezellenüberbrückungsmodul mit einem Sensor zum Detektieren eines Betriebszustands einer Batteriezelle, wie z.B. Spannung oder Temperatur, und einen Controller, der über die Batteriezelle einer Lithiumionenbatterie angeschlossen ist, wobei der Controller dann betreibbar ist, um den Leitungsmodus zu ändern und dadurch Strom um die Batteriezelle nebenschließen. Der Controller umfasst einen spannungsbegrenzenden Operationsverstärker, der zur Übertragung eines Überspannungsausgangssignals betreibbar ist, wenn der Eingang dazu einen vorbestimmten Wert überschreitet, und einen Transistor mit einer vorbestimmten Gatespannung, der einen Überbrückungsstromfluss ermöglicht, wobei der Transistor auf das Überspannungsausgangssignal von dem spannungsbegrenzenden Operationsverstärker anspricht, um einen Strom um die Batteriezelle nebenschließen.

Das US-Patent No. 4,719,401 (Altmejd) offenbart Zenerdioden, die jeweils über jede Zelle in einer hintereinandergeschalteten Batteriezellenkette nebengeschlossen sind.

**[0011]** Unterschiedliche Aufladeverfahren und -systeme, die Plateaus und Wendepunkte verwenden, sind offenbart worden.

Das US-Patent No. 5,642,031 (Brotto) offenbart ein Batteriewiederaufladesystem mit Ladezustandsdetektion, das zu Beginn detektiert, ob eine aufzuladende Batterie schon bei oder in der Nähe einer vollen Ladung ist, um ein Überladen zu verhindern. Ein Ladezustandstest wird zuerst bei der Batterie ausgeführt, indem ein Stromimpuls angelegt wird und dann die Spannungsabklingcharakteristik beobachtet wird, die sich ergibt, wobei Batterien, die zu Beginn beinahe voll aufgeladen sind, einen größeren Spannungsabklingvorgang zeigen als Batterien, die nicht so voll aufgeladen sind. Das Ergebnis dieses anfänglichen Ladezustandstest wird verwendet, um zu bestimmen, wie man am besten ein Batterieaufladen beendet.

Das US-Patent No. 4,392,101 (Saar et al.) und das US-Patent No. 4,388,582 (Saar et al.) offenbaren ein Verfahren und eine Vorrichtung zum schnellen Aufladen von Batterien mittels einer Analyse des Profils der Variation mit der Zeit einer Eigenschaft der Batterie, die die Variation in gespeicherter chemische Energie anzeigt, wenn die Batterie aufgeladen wird. Das Verfahren umfasst ein Analysieren des Profils für das Auftreten einer

speziellen Reihe von Ereignissen, die vorzugsweise einen oder mehrere Wendepunkte einschließen, die den Punkt in der Zeit identifizieren, bei dem die Anwendung einer schnellen Aufladerate unterbrochen werden sollte. Zusätzliche Analyseverfahren sorgen für eine Beendigung oder Steuerung des Aufladestroms nach dem Auftreten von anderen Ereignissen, wie z.B. Zeitgrenzwerte, Spannung oder Spannungssteigung, oder eine negative Änderung im Pegel von gespeicherter Energie. Die Variation der Eigenschaft mit der Zeit wird analysiert, vorzugsweise indem aufeinanderfolgende Werte der Eigenschaft gemessen werden, die Steigung berechnet wird und aufeinanderfolgende Steigungswerte verglichen werden, um Wendepunkte oder andere signifikante Ereignisse in der Variation der Eigenschaft zu identifizieren. Eine Vorrichtung zur Ausführung dieser Verfahren umfasst eine Stromversorgung und einen Mikrocomputer zum Analysieren des Profils und zur Steuerung der Stromversorgung.

Saar und Brotto zeigen eine Spannung-Zeit-Kurve, die in mindestens vier unterschiedliche Gebiete separiert werden kann. Das Gebiet I stellt den Anfang der Aufladesequenz dar, gerade nachdem die Batterie zu Beginn an das Ladegerät angebracht worden ist und die Aufladung anfängt. Nach Durchschreiten der Aufladesequenz durch das Gebiet I betritt die Aufladekurve ein stabileres Gebiet II. Das Gebiet II ist im Allgemeinen das längste Gebiet der Aufladesequenz und ist durch den größten Teil der inneren chemische Umwandlung in der Batterie selbst gekennzeichnet. Deswegen steigt die Spannung der Batterie über dem Gebiet II nicht wesentlich an, und folglich stellt dieses Gebiet ein Plateaugebiet in der Aufladekurve dar. Am Ende von Gebiet II befindet sich ein Wendepunkt in der Kurve, der einen Übergang vom Gebiet II zum Gebiet III darstellt, und ist durch einen Punkt angezeigt, wo sich die Steigung der Kurve von einer abnehmenden Rate zu einer ansteigenden Rate ändert. Das Gebiet III ist das Gebiet, in dem die Batteriespannung damit beginnt, sich schnell in Bezug zur Zeit zu erhöhen, wodurch ein Gebiet von schnellem Spannungsanstieg dargestellt wird. Wenn die Batteriespannung durch das Gebiet III zu ihrem voll aufgeladenen Zustand ansteigt, steigt der Innendruck und -temperatur der Batterie auch an. Wenn die Wirkungen von Temperatur und Druck in der Batterie damit beginnen, die Oberhand zu bekommen, beginnt der Anstieg in der Batteriespannung allmählich abzunehmen. Dieser allmählich abnehmende Effekt ist als ein anderer Wendepunkt angezeigt und ist auch durch den jähen Abfall in der Spannungsableitungskurve  $dV/dt$  charakterisiert. Das Gebiet IV stellt das voll aufgeladene Gebiet dar, das dem letztgenannten Wendepunkt folgt und das Ladebeendigungsziel einschließt. Die Aufladespannung stabilisiert sich nur für eine sehr kur-

ze Zeitdauer am Ladebeendigungsziel. Als Folge, wenn das Aufladen fortfährt, lässt das zusätzliche Erwärmen in der Batterie die Spannung der Batterie abnehmen und kann zusätzlich eine Beschädigung an der Batterie bewirken.

Das US-Patent No. 6,215,312 (Hoenig et al.) offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Analysieren einer AgZn-Batterie, das den Zustand der Batterie mit hohen und niedrigen Spannungsplateauständen entsprechend ihrem Ladezustand diagnostiziert.

**[0012]** Andere Schnellaufladevorrichtungen und -verfahren sind offenbart worden, von denen einige kompliziert und verwickelt sind.

Das US-Patent No. 5,307,000 (Podrazhansky et al.) offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung, die eine Sequenz von Auflade- und Entladeimpulsen verwendet. Die Entladeimpulse weisen vorzugsweise eine Größe auf, die etwa dieselbe ist wie die Größe der Aufladeimpulse, aber die eine Dauer aufweisen, die wesentlich kleiner ist als die Dauer der Aufladeimpulse. Der Entladeimpuls bewirkt eine in negativer Richtung verlaufende Spitze, die gemessen wird und veranlasst, dass das Aufladen angehalten wird.

Das US-Patent No. 6,097,172 (Podrazhansky et al.) offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Aufladen einer Batterie in einer Technik, bei der Entladeimpulse und anschließende erste Ruheperioden Aufladeimpulsen folgen und zweite Ruheperioden anderen Entladeimpulsen folgen. Ausgewählte der zweiten Ruheperioden sind in der Zeit ausgedehnt, um zu ermöglichen, dass ein Batteriegleichgewicht erstellt wird und die Leerlaufspannung der Batterie zur Ruhe kommt, und spiegeln einen Überladungszustand der Batterie wider. Durch Vergleichen der während unterschiedlich ausgedehnter zweiter Ruheperioden gemessenen Leerlaufspannungen werden kleine Spannungsabnahmen detektiert und verwendet, um einen Überladungszustand zu bestimmen, wie z.B., wenn Gase erzeugt werden und die Leerlaufspannung beeinflussen. Sobald ein Überladen detektiert wird, wird das Batterieaufladen angehalten. Das US-Patent No. 6,232,750 (Podrazhansky et al.) offenbart auch ein anderes Batterieladegerät, das eine Batterie unter Verwendung einer bipolaren Wellenform schnell auflädt.

Das US-Patent No. 5,204,611 (Nor et al.) und das US-Patent No. 5,396,163 (Nor et al.) offenbaren Schaltungen, bei denen wiederaufladbare Batterien und Zellen durch einen gesteuerten Strom schnell aufgeladen werden und im Wesentlichen bei einer Rate, die das Vermögen der Batterie oder Zelle, einen Strom zu akzeptieren, nicht überschreitet. Die widerstandsfreie Klemmen-spannung der Batterie oder Zelle wird während eines Intervalls detektiert, wenn der Aufladestrom

unterbrochen ist, und einer unabhängigen Bezugsspannung gegenübergestellt, um den Aufladestrom zu steuern, wenn eine Differenz zwischen der Bezugsspannung und der erfassten widerstandsfreien Klemmenspannung vorhanden ist.

**[0013]** Unterschiedliche Aufladeverfahren und -systeme, die Zeit als einen Faktor beim Aufladen verwenden sind, offenbart worden.

Das US-Patent Nos. 6,137,268 (Mitchell et al.) offenbart ein Batterieaufladesystem, bei dem ein Strom über eine lange Zeitperiode (Sekunden) gemittelt wird, um die maximale durchschnittliche Aufladerate zu bestimmen. Wenn das Integral eines Aufladestroms über diese lange Zeitperiode den programmierten maximalen Ladewert für eine Periode erreicht, wird Strom einfach für den Rest der festen langen Periode ausgeschaltet.

Das US-Patent No. 6,215,291 (Mercer) offenbart eine Steuerschaltung mit einem Bandabstands-Bezugskreis, die die Aufladezykluszeit eines Batterieaufladesystem minimiert, indem die Länge einer Zeit maximiert wird, in der ein hochkonstanter Aufladestrom in eine entladene Batterie eingespeist wird.

**[0014]** Andere Aufladevorrichtungen, Batterien und Verfahren sind offenbart worden, die immer noch nicht den vorerwähnten Erfordernissen genügen.

Das US-Patent No. 5,166,596 (Goedken) offenbart ein Batterieladegerät mit einer Aufladestromquelle mit variablem Größenwert. Das US-Patent No. 6,222,343 (Crisp et al.) offenbart ein Batterieladegerät das unterschiedliche Typen von Batterien aufladen kann, ein Verfahren zum Aufladen einer Batterie und ein Software-Programm zum Betreiben des Batterieladegeräts.

Die US-Patent-Nos. 5,387,857 (Honda et al.); 5,438,250 (Retzlaff); 6,215,291 (Ostergaard et al.); 6,037,751 (Klang); 5,089,765 (Yamaguchi); 4,113,921 (Goldstein et al.); 5,049,803 (Palanisamy) 5,160,880 6,124,700 (Nagai et al.); (Palanisamy) 4,745,349 (Palanisamy); 5,721,688 (Bramwell); 6,252,373 (Stefansson); 5,270,635 (Hoffmann et al.); 6,104,167 (Bertness et al.); 3,708,738 (Crawford et al.); die britischen Patent-Nos. GB2178608A (Yu Zhiwei) und 892,954 (Wolff); die Welt-Patent-Nos. W000/14848 (Simmonds) und W001/47086 (Gabehart et al.); das französische Patent No. FR2683093-A1 (Michelle et al.); und die europäische Patentanmeldung No. EP1076397A1 (Klang) offenbaren jeweils andere Vorrichtungen, Batterien und Verfahren, die den vorerwähnten Erfordernissen nicht genügen.

**[0015]** Aus den vorhergehenden Gründen gibt es einen Bedarf an einem Batterieaufladeverfahren und

-system, das die schädlichen Wirkungen eines Überladens minimiert und folglich eine Batterieleistungsfähigkeit und -lebensdauer erhöht, wie benötigt. Das Batterieaufladeverfahren und -system sollte eine oder mehrere Batterien gleichzeitig aufladen können, den Ladezustand der Batterien, d.h., ob die Batterien im Wesentlichen aufgeladen oder im Wesentlichen ganz leer sind, frühzeitig während des Aufladezyklus bewerten und die Batterien auf Grundlage eines solchen Ladezustands entsprechend aufladen. Das Aufladeverfahren und -system sollte die maximale Aufladespannung und Aufladestrom, die auf die Batterie aufgebracht werden, begrenzen und sollte die Batterie allmählich abnehmend aufladen, um nicht zu schnell zu viel Energie in die Batterie zu treiben, und folglich eine Beschädigung an der Batterie verhindern. Ein Gasen, das die Batterie beschädigt, sollte minimiert sein. Mit dem Aufkommen von ausgeklügelten und kostspieligeren Batteriesystemen, wie z.B. Batterien auf Silberbasis und andere Hochimpedanzbatterien, entsteht der Bedarf an fortschrittlichen Aufladeverfahren und -systemen, die ein Überladen der und eine Beschädigung an den Batterien verhindern. Dieser Bedarf wird wichtiger, besonders für Batterien auf Silberbasis und andere Hochimpedanzbatterien, die hohe Energiedichten aufweisen und eine Langzeitzuverlässigkeit erfordern. Solche Batterien können in Raumfahrt- und anderen Anwendungen verwendet werden, die keine Ersetzung oder eine minimale Ersetzung über ausgedehnte Zeitdauern erfordern. Folglich gibt es einen Bedarf an Vorrichtungen und Verfahren, um ein Aufladen von solchen Batterien auf ihre maximalen Vermögen zu erleichtern, bei minimalen oder im Wesentlichen keinen schädlichen Wirkungen und Maximierung einer Lebensdauer von solchen Batterien. Das Aufladeverfahren und -system sollte kostengünstig, leicht herzustellen und zu verwenden, klein und leichtgewichtig, haltbar, langlebig, zuverlässig sein und in Raumfahrt- und Verteidigungsanwendungen verwendet werden können.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0016]** Die vorliegende Erfindung ist auf ein Batterieaufladeverfahren und -system gerichtet, das die schädlichen Wirkungen eines Überladens minimiert, wodurch eine Batterieleistungsfähigkeit und -lebensdauer erhöht wird. Das Batterieaufladeverfahren und -system ist imstande, eine oder mehrere Batterien gleichzeitig aufzuladen, den Ladezustand der Batterien, d.h., ob die Batterien im Wesentlichen aufgeladen oder im Wesentlichen ganz leer sind, frühzeitig während des Aufladezyklus zu bewerten und die Batterien auf Grundlage eines solchen Ladezustands entsprechend aufzuladen. Das Aufladeverfahren und -system begrenzt die maximale Aufladespannung und Aufladestrom, die auf die Batterie aufgebracht werden, und lädt die Batterie allmählich abnehmend auf, um nicht zu schnell zu viel Energie in die Batterie

zu treiben, und wobei folglich eine Beschädigung an der Batterie verhindert wird. Ein Gasen, das die Batterie beschädigt, ist minimiert. Mit dem Aufkommen von ausgeklügelteren und kostspieligeren Batteriesystemen, wie z.B. Batterien auf Silberbasis und andere Hochimpedanzbatterien, entsteht der Bedarf an fortschrittlicheren Aufladeverfahren und -systemen, die ein Überladen der und eine Beschädigung an den Batterien verhindern. Dieser Bedarf wird wichtiger, besonders für Batterien auf Silberbasis und andere Hochimpedanzbatterien, die hohe Energiedichten aufweisen und eine Langzeitzuverlässigkeit erfordern. Solche Batterien können in Raumfahrt- und anderen Anwendungen verwendet werden, die keine Ersetzung oder eine minimale Ersetzung über ausge dehnte Zeitdauern erfordern. Folglich gibt es einen Bedarf an Vorrichtungen und Verfahren, um ein Aufladen von solchen Batterien auf ihre maximalen Vermögen zu erleichtern, bei minimalen oder im Wesentlichen keinen schädlichen Wirkungen und Maximierung einer Lebensdauer von solchen Batterien.

**[0017]** Das Aufladeverfahren und -system der vorliegenden Erfindung begrenzt die maximale Aufladespannung und Aufladestrom, die auf die Batterie aufgebracht werden, und lädt die Batterie allmählich abnehmend auf. Zusätzlich sind das Verfahren und System kostengünstig, leicht herzustellen und zu verwenden, klein und leichtgewichtig, haltbar, langlebig, zuverlässig und können in Raumfahrt- und Verteidigungsanwendungen verwendet werden und genügen den vorerwähnten Erfordernissen.

**[0018]** Ein Batterieaufladeverfahren mit Merkmalen der vorliegenden Erfindung umfasst: Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer; Bestimmen eines Ladezustands der Batterien am Ende der ersten Zeitdauer; wenn die Batterien am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen sind, Aufladen der Batterien bei der ersten Spannung für eine zweite Zeitdauer, und Aufladen der Batterien bei einer zweiten Spannung für eine dritte Zeitdauer; wenn die Batterien am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer sind, Aufladen der Batterien bei der ersten Spannung für eine alternative zweite Zeitdauer, und Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für eine alternative dritte Zeitdauer.

**[0019]** Ein Batterieaufladesystem mit Merkmalen der vorliegenden Erfindung umfasst: eine Stromquelle; einen Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber; mindestens eine Batterie; und respektive von Spannungs- und Stromreglern, die Spannungen regeln, die an jede der respektiven der Batterien angelegt sind, und einen Strom, der den respektiven Batterien zugeführt wird, wobei der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber die Spannungen steuert und Zeitdauern der Spannungen steuert, die an jede der respektiven der Batterien angelegt sind,

und zwar durch Steuerung der Spannungs- und Stromregler.

**[0020]** Das Batterieaufladeverfahren und -system regelt den Stromfluss, der der Batterie zugeführt wird, der von einer Konstantaufladestromquelle ausgeht. Das Batterieaufladeverfahren und -system formt den Strom, der den Batterien zugeführt wird, und kann verwendet werden, um den Strom, der den Batterien zugeführt wird, allmählich abnehmen zu lassen.

**[0021]** Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf die folgende Beschreibung, angefügten Ansprüche und begleitenden Zeichnungen besser verstanden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0022]** Fig. 1 ist eine schematische Darstellung der Schritte eines Batterieaufladeverfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0023]** Fig. 2 ist eine grafische Darstellung eines Batterieaufladeprofiles;

**[0024]** Fig. 3 ist ein Blockdiagramm eines Batterieaufladesystems, das gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist;

**[0025]** Fig. 4 ist ein schematisches Diagramm eines Lade-Endspannungs-Kontrollers und -Zeitgebers, der gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist;

**[0026]** Fig. 5 ist ein schematisches Diagramm einer alternativen Ausführungsform eines Lade-Endspannungs-Kontrollers und -Zeitgebers, der gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist;

**[0027]** Fig. 6 ist eine schematische Darstellung von Schritten eines Verfahrens zum Kalibrieren des programmierbaren Spannungs- und Stromreglers von Fig. 4;

**[0028]** Fig. 7 ist eine schematische Darstellung von Schritten eines Verfahrens zum Kalibrieren des programmierbaren Spannungs- und Stromreglers von Fig. 5;

**[0029]** Fig. 8 ist eine schematische Darstellung von Einzelheiten eines Schritts des Batterieaufladeverfahrens der vorliegenden Erfindung von Fig. 1;

**[0030]** Fig. 9 ist eine schematische Darstellung von Einzelheiten eines anderen Schritts des Batterieaufladeverfahrens der vorliegenden Erfindung von Fig. 1;

**[0031]** Fig. 10 ist eine Tabelle von typischen Aufladespannungen und Zeitdauern für Batterien mit un-

terschiedlichen Ladezuständen;

**[0032]** Fig. 11 ist eine grafische Darstellung eines tatsächlichen Batterieaufladeprofiles für eine Batterie bei einem speziellen Ladezustand; und

**[0033]** Fig. 12 ist eine grafische Darstellung eines tatsächlichen Batterieaufladeprofiles für eine Batterie bei einem von Fig. 11 verschiedenen Ladezustand.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0034]** Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf die Fig. 1-12 der Zeichnungen beschrieben. Identische Elemente in den mehreren Figuren sind mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

**[0035]** Fig. 1 stellt Schritte eines Verfahrens zum Aufladen von Batterien **100** der vorliegenden Erfindung dar. Das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** beginnt bei Schritt **101**. Aufzuladende Batterien werden bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer bei Schritt **102** aufgeladen. Am Ende der ersten Zeitdauer werden die Batterien bewertet, um einen Ladezustand zu bestimmen, d.h. ob die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, oder ob die Batterien im Wesentlichen von Ladung entleert sind, bei Schritt **103**. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **103**, werden die Batterien bei der ersten Spannung für eine zweite Zeitdauer aufgeladen, bei Schritt **104**. Die Batterien werden dann bei einer zweiten Spannung für eine dritte Zeitdauer aufgeladen, bei Schritt **105**. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der ersten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **103**, d.h. die Batterien sind am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer, werden die Batterien bei der ersten Spannung für eine alternative zweite Zeitdauer aufgeladen, bei Schritt **106**. Die Batterien werden dann bei der zweiten Spannung für eine alternative dritte Zeitdauer aufgeladen, bei Schritt **107**. Das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** endet bei Schritt **108**.

**[0036]** Fig. 2 stellt ein typisches Aufladeprofil **202** einer Batterie auf Silberbasis dar, wobei eine Batteriespannung als eine Funktion der Zeit während eines Aufladens dargestellt ist, wobei die zwei aktiven Oxidationszustände von Silber widerspiegelt werden. Batterien auf Silberbasis weisen typischerweise zwei Plateaus auf. Das erste Plateau **204**, das als das "Plateaugebiet" bezeichnet wird, tritt auf, wenn Silber zu monovalentem Silberoxid ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) umgewandelt wird und weist typischerweise weniger als 4% Spannungsvariation pro 10% Änderung in der Batteriekapazität auf. Silber in der Batterie wird zu monovalentem Silberoxid in dem "Plateaugebiet" umgewandelt. Wenn die Batterie weiter aufgeladen

wird, erreicht die Batterie ein zweites Plateau **206**, das eine Bildung einer bivalenten Silberart ( $\text{AgO}$ ) anzeigt. Auf das Ladeende zu, im Allgemeinen bei etwa 90% einer maximalen Kapazität, wandelt sich das Plateau in eine steil ansteigende Kurve **207** um, und die Batterie beginnt überladen zu werden. Andere Plateaus können vorhanden sein, abhängig von einer Batteriechemie und anderen Parametern.

**[0037]** Die folgenden empirischen Beobachtungen werden hiermit vorgebracht und als relevant für die und Teil der Lehren der vorliegenden Erfindung offenbart und sind auf das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** der vorliegenden Erfindung anwendbar, das in Fig. 1 dargestellt ist. Diese empirischen Beobachtungen sind insbesondere relevant für Batterien auf Silberbasis.

**[0038]** Die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um eine Batterie auf Silberbasis aufzuladen, kann als  $T_{\text{total}} = C/I_{\text{cc}}$  definiert sein, wobei C die Kapazität der Batterie ist und  $I_{\text{cc}}$  der Wert des Aufladestroms ist, der der Batterie zugeführt wird. Die Gesamtzeit  $T_{\text{total}}$  kann so definiert sein, dass sie Zeitdauern aufweist, wie beispielsweise eine erste Zeitdauer T1, eine zweite Zeitdauer T2 und eine dritte Zeitdauer T3. Die erste Zeitdauer T1 kann als die Zeitdauer vom Beginn eines Aufladens bei einer ersten Spannung, bis die Batterie bewertet wird, um zu bestimmen, wenn die Batterie im Wesentlichen voll aufgeladen oder im Wesentlichen ganz leer ist, wie zuvor beschrieben, definiert sein. Die zweite Zeitdauer T2 kann als die Zeitdauer vom Ende der ersten Zeitdauer T1 bis zum Beginn der dritten Zeitdauer definiert sein, während bei der ersten Spannung aufgeladen wird. Die Zeitdauer T3 ist als die Zeitdauer, bei der die Batterie bei einer zweiten Spannung aufgeladen wird, nach dem Ende der zweiten Zeitdauer T2 bis zum Aufladeende definiert. Die Gesamtzeit  $T_{\text{total}}$ , die erforderlich ist, um die Batterie aufzuladen, ist folglich die Summe der ersten Zeitdauer T1, der zweiten Zeitdauer T2 und der dritten Zeitdauer T3; die Gesamtzeit  $T_{\text{total}} = T1 + T2 + T3$ .

**[0039]** Zusätzlich zu den obigen empirischen Beobachtungen und Lehren der vorliegenden Erfindung kann ein Batterieaufladen optimiert werden:

- 1) für Batterien, die nahe bei einer vollen Ladung starten: durch Aufladen der Batterie bei der ersten Spannung für eine Zeitdauer  $T_{v1}$ , die im Wesentlichen gleich der Summe der ersten Zeitdauer T1 und der zweiten Zeitdauer T2 ist, bis zum Anfang der dritten Zeitdauer T3, und dann Aufladen der Batterie bei der zweiten Spannung für die dritte Zeitdauer T3 für eine Zeit, die vorzugsweise annähernd ein Fünftel der Zeitdauer  $T_{v1}$ , der Summe der ersten Zeitdauer T1 und der zweiten Zeitdauer T2 ist;
- 2) für Batterien, die bei einem verhältnismäßig geleerten Ladezustand beginnen: durch Aufladen

der Batterie bei der ersten Spannung für eine alternative Zeitdauer  $T_{v1}$ , die im Wesentlichen gleich der Summe der ersten Zeitdauer T1 und einer alternativen zweiten Zeitdauer T2' ist, bis zum Anfang einer alternativen dritten Zeitdauer T3', und dann Aufladen der Batterie bei der zweiten Spannung für die alternative dritte Zeitdauer T3' für eine Zeit, die vorzugsweise annähernd die Hälfte der alternativen Zeitdauer  $T_{v1}$ , der Summe der ersten Zeitdauer T1 und der alternativen zweiten Zeitdauer T2' ist;

3) wobei die erste Spannung im Wesentlichen gleich der Spannung V1 (208) ist, die eine Spannung zwischen dem ersten Plateau 204 und dem zweiten Plateau 206 des Aufladeprofiles 202 ist;

4) wobei die zweite Spannung im Wesentlichen gleich der Spannung V2 (209) ist, die eine Spannung auf oder etwas über dem zweiten Plateau ist, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve 207 des Aufladeprofiles 202;

5) spezieller, Aufladen der Batterie bei der ersten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung V1 (208) ist, die eine Spannung zwischen dem ersten Plateau 204 und dem zweiten Plateau 206 des Aufladeprofiles 202 ist, und Auswählen der ersten Zeitdauer T1 von dem Beginn eines Aufladens, wie die Zeitdauer  $\delta$ , definiert als  $\delta = \varphi C / I_{cc}$  mit  $0,05 < \varphi < 0,10$ ;

6) Auswählen der zweiten Zeitdauer T2 vom Ende der ersten Zeitdauer T1 bis zum Anfang der dritten Zeitdauer T3, im Wesentlichen wie  $T2 = \alpha C / I_{cc}$  mit  $0,70 < \alpha < 0,80$ , und Auswählen der dritten Zeitdauer T3 im Wesentlichen als  $T3 = \beta T2$  mit  $0,15 < \beta < 0,25$ ;

7) Auswählen der alternativen zweiten Zeitdauer T2' vom Ende der ersten Zeitdauer T1 bis zum Anfang der alternativen dritten Zeitdauer T3', im Wesentlichen wie  $T2' = \alpha' C / I_{cc}$  mit  $0,55 < \alpha' < 0,65$ , und Auswählen der alternativen dritten Zeitdauer T3', im Wesentlichen wie  $T3' = \beta' T2'$  mit  $0,15 < \beta' < 0,25$ ; und

8) wobei die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um eine Batterie auf Silberbasis aufzuladen, als  $T_{total} = C / I_{cc}$  definiert ist, wobei C die Kapazität der Batterie ist und  $I_{cc}$  der Wert des Aufladestroms ist, der der Batterie zugeführt wird, wobei die Gesamtzeit  $T_{total}$  die erforderlich ist, um die Batterie aufzuladen, die Summe der ersten Zeitdauer T1, der zweiten Zeitdauer T2 und der dritten Zeitdauer T3 ist; die Gesamtzeit  $T_{total} = T1 + T2 + T3$ ;

9) wobei die Zeitdauer T3 oder die alternative Zeitdauer T3' besonders beachtet wird, die im Wesentlichen die Zeit ist, in der eine respektive der Batterien B1 (218) am zweiten Plateau 206 des Aufladeprofiles 202 aufgeladen wird, da es am zweiten Plateaus 206 ist, dass ein Gasen aufzutreten beginnt, wenn die Batterie für eine zu lange Zeitdauer aufgeladen wird.

[0040] Das Verfahren zum Aufladen der Batterien

100 der vorliegenden Erfindung kann folglich für Silber-Zink-Batterien optimiert werden, indem die obigen offenbarten Werte verwendet werden.

[0041] Wieder, das Verfahren zum Aufladen der Batterien 100 startet bei Schritt 101, wie in Fig. 1 dargestellt. Die Batterien auf Silberbasis werden folglich vorzugsweise bei der ersten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung V1 (208) ist, die eine Spannung zwischen dem ersten Plateau 204 und dem zweiten Plateau 206 des Aufladeprofiles 202 ist, für die erste Zeitdauer T1 vom Beginn eines Aufladens, wie  $T1 = \varphi C / I_{cc}$  mit  $0,05 < \varphi < 0,10$ , aufgeladen, bei Schritt 102. Am Ende der ersten Zeitdauer T1 werden die Batterien bewertet, um den Ladezustand zu bestimmen, d.h., ob die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, oder ob die Batterien im Wesentlichen von Ladung entleert sind, bei Schritt 103. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der ersten Zeitdauer T1 im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt 103, werden die Batterien vorzugsweise bei der ersten Spannung für die zweite Zeitdauer T2 aufgeladen, die die Zeitdauer vom Ende der ersten Zeitdauer T1 bis zum Anfang der dritten Zeitdauer T3 ist, im Wesentlichen wie  $T2 = \alpha C / I_{cc}$  mit  $0,55 < \alpha < 0,65$ , bei Schritt 104. Die Batterien werden dann bei der zweiten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung V2 (209) ist, die eine Spannung auf oder etwas über dem zweiten Plateau ist, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve 207 des Aufladeprofiles 202, für die dritte Zeitdauer  $T3 = \beta T2$  mit  $0,45 < \beta < 0,55$  aufgeladen, bei Schritt 105. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der ersten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt 103, d.h. die Batterien sind am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer, werden die Batterien vorzugsweise bei der ersten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung V1 (208) ist, für die alternative zweite Zeitdauer  $T2' = \alpha' C / I_{cc}$  mit  $0,70 < \alpha' < 0,80$  aufgeladen, bei Schritt 106. Die Batterien werden dann bei der zweiten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung V2 (209) ist, für die alternative dritte Zeitdauer  $T3' = \beta' T2'$  mit  $0,15 < \beta' < 0,25$  aufgeladen, bei Schritt 107. Das Verfahren zum Aufladen der Batterien 100 endet bei Schritt 108.

[0042] Die Schritte des Verfahrens zum Aufladen der Batterien 100 der vorliegenden Erfindung können durch einen Lade-Endspannungs-Kontroller gesteuert werden, der ein Mikrokontroller, ein Computer oder eine andere geeignete Vorrichtung sein kann.

[0043] Fig. 3 stellt ein Blockdiagramm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein Batterieaufladesystem 210, dar, das von dem Batterieaufladesystem 400 der mitanhängigen Anmeldung mit dem Titel "Battery Charging System" von den Erfindern Michael Cheiky und Te-Chien Felix Yang, Serial-Number ist zu bestimmen, eingereicht am — De-



zember 2001, auf die oben Bezug genommen wurde, verschieden ist, d.h. jeder programmierbare Spannungs- und Stromregler **212** des Batterieaufladesystems **210** der vorliegenden Erfindung weist Steuerung 1-Spannungseingänge **214** auf und ist mit einem Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** dargestellt, der ein Mikrokontroller sein kann, von dem die Steuerung 1-Spannungseingänge **214** und Spannungsbezugseingänge  $V_{cc}$  (**217**) hergeleitet werden können.

**[0044]** Das Batterieaufladesystem **210** der vorliegenden Erfindung regelt eine Spannung, die an jede der Batterien B1 (**218**) angelegt wird, und regelt, formt und nimmt einen Nebenschluss vor eines Stroms, der jeder der Batterien B1 (**218**) bei geeigneten Spannungen über die Verwendung der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** zugeführt wird, während sie in Reihe geschaltet sind und ohne dass die Batterien B1 (**218**) von dem Batterieaufladesystem **210** getrennt werden.

**[0045]** Das Batterieaufladesystem **210** kann eine Mehrzahl von Lade-Endspannungen aufweisen, die in die Steuerung 1-Spannungseingänge **214** und die Spannungsbezugseingänge  $V_{cc}$  (**217**) eingegeben werden können, abhängig von der Anzahl von Platteaus, die ausgewählt werden, um geregelt zu werden, und den Typen der Batterien B1 (**218**), die aufzuladen sind. Die Batterien B1 (**218**) können dieselben und/oder verschiedene Typen von Batterien sein, mit denselben und/oder unterschiedlichen Eigenschaften. Die Batterien B1 (**218**) können folglich dieselben und/oder unterschiedliche elektrische Eigenschaften, chemische Eigenschaften und/oder physikalische Eigenschaften aufweisen. Das Batterieaufladesystem **210** kann eine Mehrzahl der aufzuladenden Batterien B1 (**218**) und eine Mehrzahl der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** aufweisen.

**[0046]** Ein Zeitgeber-gesteuerter Schalter S1 (**220**), der durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** gesteuert werden kann, befindet sich in Reihe mit einer Stromquelle  $I_c$  (**221**), einer Mehrzahl der Batterien B1 (**218**), die in Reihe sind, und einer Mehrzahl der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212**, die in Reihe sind. Jeder respektive der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** über einer respektiven der Batterien B1 (**218**) regelt eine Spannung, die an jede der respektiven der Batterien B1 (**218**) angelegt ist, und einen Strom, der jeder von ihnen zugeführt wird. Jeder der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** kann einzeln programmiert werden, um die verschiedensten Verfahren und Prozesse zu akzeptieren.

**[0047]** Fig. 4 stellt einen typischen der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** mit den Steuerung 1-Spannungseingängen **214** und dem

Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  (**217**) dar, die von dem Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** übermittelt werden können. Die Steuerung 1-Spannungseingänge **214** können in dem Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** hergeleitet werden oder können entweder von Hand oder von einer externen Quelle direkt eingegeben werden. Der Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  (**217**), obwohl er in Fig. 3 so dargestellt ist, dass er durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** eingegeben wird und durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** gesteuert wird, kann auch im Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** hergeleitet werden oder kann entweder von Hand oder von einer externen Quelle direkt eingegeben werden.

**[0048]** Fig. 5 stellt eine alternative Ausführungsform eines programmierbaren Spannungs- und Stromreglers **228** mit einer Mehrzahl der Lade-Endspannungseingänge dar, die als Steuerung 1-Spannungseingang **30**, Steuerung 2-Spannungseingang **32** und Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  (**234**) dargestellt sind. Die Anzahl von Lade-Endspannungen kann erhöht werden, indem einfach zusätzliche Optokoppler U60 (**236**), begleitende Widerstände und Potentiometer hinzugefügt werden und der programmierbare Spannungs- und Stromregler **228** entsprechend kalibriert wird. Die Anzahl von Lade-Endspannungen von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **228** ist einer mehr als die Anzahl von Optokopplern U60 (**236**), die in jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **228** verwendet werden.

**[0049]** Jeder der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** und **228**, die in den Fig. 4 und 5 dargestellt sind, sind in der mitanhängigen Anmeldung mit dem Titel "Battery Charging System" von den Erfindern Michael Cheiky und Te-Chien Felix Yang, Serial-Nummer zu bestimmen, eingereicht am — Dezember 2001, offenbart, obwohl andere geeignete Spannungs- und Stromregler verwendet werden können, und sind hierin unten kurz zusammengefasst, was ein Verstehen von verschiedenen Lehren der vorliegenden Erfindung unterstützt.

**[0050]** Fig. 4 stellt einen typischen der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** mit dem Steuerung 1-Spannungseingang **214** und dem Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  (**217**) dar. Der programmierbare Spannungs- und Stromregler **212** weist einen Optokoppler U50 (**250**) auf. Der Strom, der von einer Spannungsdifferenz zwischen der Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang **214** und dem Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  (**217**) entsteht, fließt durch einen Begrenzungswiderstand R4 (**252**), der den Optokoppler U50 (**250**) aktiviert, und führt dazu, dass der Potentiometerwiderstand R3 (**254**) parallel zum oberen Teil **256** des Potentiometerwiderstands

R2 (258) ist. Der Potentiometerwiderstand R3 (254) weist einen großen Widerstand auf, verglichen mit dem Widerstand des oberen Teils 256 des Widerstands R2 (258). Der effektive Widerstand, der mit einer einstellbaren Bandabstandsspannungsbezugsdioden U1 (260) verbunden ist, ist verringert, wodurch ein Offset zur Zenerbezugsspannung  $V_{REF}$  (262) der einstellbaren Bandabstandsspannungsbezugsdioden U1 (260) geliefert wird. Als Folge können abhängig vom Wert der Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang 214 zwei Lade-Endspannungen im Batterieaufladesystem 210 verwendet werden.

**[0051]** Die Lade-Endspannungen können programmiert werden, um sich als eine Funktion der Zeit zu ändern, oder können infolge von anderen Befehlen geändert werden, können feste Werte aufweisen oder können von Hand geändert werden, abhängig von den Erfordernissen des Batterieaufladesystems 210. Die Lade-Endspannungen können z.B. auf die Spannung V1 (208) zwischen dem ersten Plateau 204 und dem zweiten Plateau 206 des Aufladeprofiles 202 und die Spannung V2 (209) etwas über dem zweiten Plateau, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve 207, gesetzt werden. Die Spannungen an den Steuerung 1-Spannungseingängen 214 von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 212 des Batterieaufladesystems können alternativ auf unterschiedliche von Lade-Endspannungen gesetzt werden, abhängig von den Erfordernissen des Batterieaufladesystems 210 und den Typen der Batterien B1 (218), die aufgeladen werden.

**[0052]** Nun wird wieder Bezug auf die Fig. 3 und 4 genommen. Jeder der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 212 begrenzt die Spannungen oder Lade-Endspannungen, auf die die respektiven Batterien B1 (218) aufgeladen werden können. Die Spannungen oder Lade-Endspannungen, auf die die programmierbaren Spannungs- und Stromregler typischerweise gesetzt werden, sind in Fig. 2 dargestellt. Die Spannung V1 (208) kann z.B. die Spannung zwischen dem ersten Plateau 204 und dem zweiten Plateau 206 des Aufladeprofiles 202 sein. Für Silber-Zink-Batterien ist die Spannung V1 (208) typischerweise im Bereich von 1,65 bis 1,98 Volt und ist vorzugsweise 1,87 Volt. Für Silber-Cadmium-Batterien ist die Spannung V1 (208) typischerweise im Bereich von 1,25 bis 1,40 Volt und vorzugsweise 1,35 Volt, aber andere geeignete Werte können verwendet werden. Die Spannung V2 (209) kann z.B. eine Spannung auf oder etwas über dem zweiten Plateau, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve 207, sein. Für Silber-Zink-Batterien ist die Spannung V2 (209) im Bereich von 1,90 bis 2,10 Volt und ist vorzugsweise 1,98 Volt, jedoch können andere geeignete Werte verwendet werden. Für Silber-Cadmium-Batterien kann die Spannung V2 (209) im Bereich von 1,50 bis 1,65 Volt und vorzugsweise 1,55 sein, obwohl andere geeignete Werte verwendet werden

können.

**[0053]** Fig. 6 stellt Schritte eines Verfahrens 300 zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 212 der Fig. 3 und 4 zur Verwendung mit zwei Lade-Endspannungen dar, d.h. Kalibrieren der Steuerung 1-Spannungseingänge 214 von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 212 zur Verwendung mit zwei Lade-Endspannungen. Das Verfahren zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 212 beginnt bei Schritt 301. Es wird ein Strom ohne die Batterie B1 (218) im Batterieaufladesystem 210 fließen gelassen, indem der Zeitgeber-gesteuerte Schalter S1 (220) auf "ein" gesetzt wird (Schritt 302); die Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang 214 wird dann auf eine hohe Spannung  $V_{HOCH}$  gesetzt, die mit einem logischen Hochpegelzustand verbunden ist (Schritt 303); das Potentiometer R2 (258) wird dann eingestellt, um eine hohe Lade-Endspannung zu erzielen, die mit dem logischen Hochpegelzustand verbunden ist sowie der hohen Spannung  $V_{HOCH}$  darüber, wo die Batterie B1 (218) anzuschließen ist (Schritt 304); die Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang 214 wird dann auf eine niedrige Spannung  $V_{NIEDRIG}$  gesetzt, die mit einem logischen Niedrigpegelzustand verbunden ist (Schritt 305); und der Potentiometerwiderstand R3 (254) wird dann so eingestellt, dass eine niedrige Lade-Endspannung erzielt wird, die mit dem logischen Niedrigpegelzustand verbunden ist sowie der niedrigen Spannung  $V_{NIEDRIG}$  darüber, wo die Batterie B1 (218) angeschlossen wird (Schritt 306). Das Verfahren zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 212 endet bei Schritt 307, wonach die Batterie B1 (218) an einen respektiven der Spannungs- und Stromregler 212 angeschlossen werden kann.

**[0054]** Ein Setzen der Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang 214 auf  $V_{NIEDRIG}$ , das mit dem logischen Niedrigpegelzustand verbunden ist, während eines Aufladens, ergibt dann die Spannung  $U_{NIEDRIG}$ , die mit dem logischen Niedrigpegelzustand verbunden ist, darüber, wo die Batterie B1 (218) angeschlossen ist; und/oder ein Setzen der Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang 214 auf  $V_{HOCH}$  das mit dem logischen Hochpegelzustand verbunden ist, während eines Aufladens, ergibt dann die Spannung  $V_{HOCH}$  die mit dem logischen Hochpegelzustand verbunden ist, darüber, wo die Batterie B1 (218) angeschlossen ist.

**[0055]** Ein Verfahren 400 zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 228 von Fig. 5, d.h. Kalibrieren der Steuerung 1-Spannungseingänge (230) und der Steuerung 2-Spannungseingänge (232) von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 228 zur Verwendung mit einer Mehrzahl von Lade-Endspan-

nungen ist im Wesentlichen dasselbe wie das Verfahren **300** zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212**, außer dass zusätzliche Schritte hinzugefügt werden können, die verwendet werden können, um den Steuerung 2-Spannungseingang **32** usw. von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **228** zu kalibrieren, wie in **Fig. 7** dargestellt.

**[0056]** Das Verfahren **400** zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **228** beginnt bei Schritt **401**. Es wird Strom ohne die Batterie B11 (**272**) in dem Batterieaufladesystem **210** fließen gelassen, indem der Zeitgeber-gesteuerte Schalter S11 (**270**) auf "ein" gesetzt wird (Schritt **402**); die Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang (**230**) wird dann auf eine hohe Spannung  $V_{\text{HOCH}}$  gesetzt, die mit einem logischen Hochpegelzustand verbunden ist (Schritt **403**); der Steuerung 2-Spannungseingang (**232**) wird dann auf eine niedrige Spannung  $U_{\text{NIEDRIG}}$  gesetzt, die mit einem logischen Niedrigpegelzustand verbunden ist (Schritt **404**); ein Potentiometer R2 (**274**) wird dann so eingestellt, dass eine Mittenpegel-Lade-Endspannung erzielt wird, die mit einer Mittenpegel-Spannung  $V_{\text{MITTE}}$  darüber verbunden ist, wo die Batterie B11 (**272**) anzuschließen ist (Schritt **405**); die Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang (**230**) wird dann wieder auf eine hohe Spannung  $V_{\text{HOCH}}$  gesetzt, die mit einem logischen Hochpegelzustand verbunden ist (Schritt **406**); der Steuerung 2-Spannungseingang (**232**) wird dann wieder auf eine niedrige Spannung  $V_{\text{NIEDRIG}}$  gesetzt, die mit einem logischen Niedrigpegelzustand verbunden ist (Schritt **407**); ein Potentiometerwiderstand R3 (**278**) wird dann so eingestellt, dass eine niedrige Lade-Endspannung erzielt wird, die mit dem logischen Niedrigpegelzustand verbunden ist sowie der niedrigen Spannung  $V_{\text{NIEDRIG}}$  darüber, wo die Batterie B11 (**272**) angeschlossen wird (Schritt **408**); die Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang (**230**) wird dann noch einmal auf eine hohe Spannung  $V_{\text{HOCH}}$  gesetzt, die mit einem logischen Hochpegelzustand verbunden ist (Schritt **409**); der Steuerung 2-Spannungseingang (**232**) wird dann noch einmal auf eine niedrige Spannung  $V_{\text{NIEDRIG}}$  gesetzt, die mit dem logischen Niedrigpegelzustand verbunden ist (Schritt **410**); der Potentiometerwiderstand R4 (**278**) wird dann so eingestellt, dass eine hohe Lade-Endspannung darüber erzielt wird, wo die Batterie B11 (**272**) angeschlossen wird (Schritt **411**). Das Verfahren zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **228** endet bei Schritt **412**, wonach die Batterie B11 (**272**) an einem respektiven der Spannungs- und Stromregler **228** angeschlossen werden kann.

**[0057]** Es sollte angemerkt werden, dass die Schritte **403** und **404** alternativ in umgekehrter Reihenfolge oder im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden können. Desgleichen können die Schritte **406** und

**407** alternativ in umgekehrter Reihenfolge oder im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden, und die Schritte **409** und **410** können alternativ in umgekehrter Reihenfolge oder im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden.

**[0058]** Die Batterien B1 (**218**) bzw. die Batterien B11 (**272**) können gemäß den Schritten, die später skizziert werden und in den **Fig. 1, 8 und 9** dargestellt sind, aufgeladen werden:

sobald das Verfahren **300** zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** von **Fig. 6** zur Verwendung mit zwei Lade-Endspannungen, d.h. Kalibrieren der Steuerung 1-Spannungseingänge **214** von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** zur Verwendung mit zwei Lade-Endspannungen beendet ist; oder sobald das Verfahren **400** zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **228** von **Fig. 7**, d.h. Kalibrieren der Steuerung 1-Spannungseingänge (**230**) und der Steuerung 2-Spannungseingänge (**232**) von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **228** zur Verwendung mit einer Mehrzahl von Lade-Endspannungen beendet ist.

**[0059]** Nun wieder, wie in **Fig. 3** dargestellt, ist der Zeitgeber-gesteuerte Schalter S1 (**220**), der durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** gesteuert werden kann, in Reihe mit der Stromquelle  $I_c$  (**221**), einer Mehrzahl der Batterien B1 (**218**), die in Reihe sind, und einer Mehrzahl der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212**, die in Reihe sind. Jeder respektive der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** über einer respektiven der Batterien B1 (**218**) regelt eine an jede der respektiven der Batterien B1 (**218**) angelegte Spannung und einen Strom, der jeder von ihnen zugeführt wird. Jeder der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** kann einzeln programmiert werden, um die verschiedensten Aufladeverfahren und -prozesse zu akzeptieren. Es sollte folglich ersichtlich sein, dass jede von den Batterien B1 (**218**) dieselbe und/oder unterschiedlich sein kann, d.h. die Batterien B1 (**218**) können von denselben und/oder unterschiedlichen Typen sein und dieselben und/oder unterschiedliche Eigenschaften aufweisen und können unter Verwendung derselben und/oder unterschiedlicher Lade-Endspannungen und Aufladezeiten aufgeladen werden.

**[0060]** Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216**, der ein Mikrokontroller sein kann, kann verwendet werden, um die Zeit, die beim Aufladen der Batterien B1 (**218**) einbegriffen ist, zu verfolgen, den Zeitgeber-gesteuerten Schalter S1 (**220**) zu steuern und die Lade-Endspannungen und den Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  (**217**), die den programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** zugeführt werden, zu steuern.

**[0061]** Das Batterieaufladesystem **210** der vorliegenden Erfindung kann Schritte eines Prozesses zum Aufladen von mindestens einer Batterie ausführen. Die **Fig. 1, 8 und 9** stellen Schritte des Verfahrens zum Aufladen der Batterien **100** der vorliegenden Erfindung dar, wenn das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** auf das Batterieaufladesystem **210** oder andere geeignete Batterieaufladesysteme angewandt wird. Gewisse der Schritte des Verfahrens zum Aufladen der Batterien **100** werden in den **Fig. 8 und 9** in Einzelheiten oder kleinere Schritte zerlegt, die in die Schritte des Verfahrens zum Aufladen der Batterien **100** eingebaut werden können. Die ersten drei Bezugszeichen der Schritte, die in den **Fig. 8 und 9** dargestellt sind, sind mit den Schritten mit denselben Bezugszeichen in **Fig. 1** verbunden.

**[0062]** Nun, wieder startet das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** bei Schritt **101**. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** wird bei Schritt **101-1** eingeschaltet, nachdem jeder der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** kalibriert ist, wie in **Fig. 6** dargestellt und zuvor beschrieben. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** wird bei Schritt **101-2** initialisiert. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** setzt die Steuerung 1-Spannungseingänge **214** von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **212** auf die erste Lade-Endspannung, die die Spannung **V1 (208)** am ersten Plateau **204** des Aufladeprofiles **202** ist, setzt den Spannungsbezugseingang **V<sub>cc</sub> (217)** zu den programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **212** und startet einen Zeitgeber im Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216**, wie Teil des Initialisierungsschritts **101-2**. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** schließt dann den Zeitgeber-gesteuerten Schalter **S1 (220)** bei Schritt **101-3**, was Strom startet, der von der Stromquelle **I<sub>c</sub> (221)** fließt, und das Batterieaufladesystem **210** startet, das die Batterien **B1 (218)** auflädt, bei Schritt **101-4**. Ein Aufladen wird auf Grundlage der vorgenannten Lehren der vorliegenden Erfindung bei der ersten Spannung gestartet, die die Spannung **V1 (208)** am ersten Plateau **204** des Aufladeprofiles **202** ist.

**[0063]** Die Batterien **B1 (218)** werden bei der ersten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung **V1 (208)** ist, die eine Spannung zwischen dem ersten Plateau **204** und dem zweiten Plateau **206** des Aufladeprofiles **202** ist, für die erste Zeitdauer **T1** vom Beginn eines Aufladens, wie  $T1 = \phi C / I_{cc}$  mit  $0,05 < \phi < 0,10$ , aufgeladen, bei Schritt **102**.

**[0064]** Am Ende der ersten Zeitdauer **T1** werden die Batterien bewertet, um einen Ladezustand zu bestimmen, d.h. ob die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, oder ob die Batterien im Wesentlichen von Ladung entleert sind, bei Schritt **103**. Die Spannungen an jeder der Batterien **(218)** werden bei

Schritt **103-1** gemessen, wobei der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** Analog/Digital-Wandler darin aufweist, die jede der Batteriespannungen **V<sub>B</sub> (280)**, die von jeder der Batterien **B1 (218)** empfangen werden, in digitale Signale umwandeln, die für den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** akzeptabel sind, der ein Mikrokontroller sein kann. Die digitalen Signale, die die Batteriespannungen **V<sub>B</sub> (280)** an jeder der Batterien **(218)** darstellen, werden im Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** mit der digitalisierten ersten Spannung verglichen, die im Wesentlichen gleich der Spannung **V1 (208)** ist, bei Schritt **103-2**. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** bestimmt, ob die Batteriespannung **V<sub>B</sub> (280)** an jeder der Batterien **B1 (218)** die Spannung **V1 (208)** am ersten Plateau **204** des Aufladeprofiles **202** erreicht hat, bei Schritt **103-3**; und setzt dann die Zeitdauer **T2** zum Aufladen bei der ersten Lade-Endspannung und die Zeitdauer **T3** zum Aufladen bei der zweiten Lade-Endspannung, bei Schritt **103-4**.

**[0065]** Wenn die Batterien **B1 (218)** die Spannung **V1 (208)** am ersten Plateau **204** des Aufladeprofiles **202** am Ende der ersten Zeitdauer **T1** erreicht haben, wie bei Schritt **103-3** bestimmt, werden die Batterien **B1 (218)** als im Wesentlichen voll aufgeladen betrachtet, und die Batterien **B1 (218)** werden bei der ersten Spannung für die zweite Zeitdauer **T2** aufgeladen, wie  $T2 = \alpha C / I_{cc}$  mit  $0,60 < \alpha < 0,70$ , bei Schritt **104**, wie durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** gesetzt.

**[0066]** Die Batterien werden dann bei der zweiten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung **V2 (209)** ist, die eine Spannung auf oder etwas über dem zweiten Plateau ist, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve **207** des Aufladeprofiles **202**, für die dritte Zeitdauer  $T3 = \beta T2$  mit  $0,40 < \beta < 0,50$  aufgeladen, bei Schritt **105**, wobei die Spannungs-Spannung **V2 (209)** und die Zeitdauer **T3** durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** in Schritt **105** gesetzt werden.

**[0067]** Wenn die Batterien **B1 (218)** am Ende der ersten Zeitdauer **T1** am ersten Plateau **204** des Aufladeprofiles **202** die Spannung **V1 (208)** nicht erreicht haben, wie bei Schritt **103-3** bestimmt, werden die Batterien **B1 (218)** am Ende der ersten Zeitdauer, bei Schritt **103**, als nicht im Wesentlichen voll aufgeladen betrachtet, d.h. die Batterien sind am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer, werden die Batterien bei der ersten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung **V1 (208)** ist, für die alternative zweite Zeitdauer  $T2' = \alpha' C / I_{cc}$  mit  $0,80 < \alpha' < 0,90$  aufgeladen, bei Schritt **106**, wie durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **216** gesetzt.

**[0068]** Die Batterien werden dann bei der zweiten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung

V2 (209) ist, für die alternative dritte Zeitdauer  $T3' = \beta' T2'$  mit  $0,20 < \beta' < 0,30$  aufgeladen, bei Schritt 107, wobei die Spannungs-Spannung V2 (209) und die Zeitdauer T3 durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber 216 in Schritt 107 gesetzt werden. Das Verfahren zum Aufladen der Batterien 100 endet bei Schritt 108.

[0069] Fig. 10 ist eine Tabelle von typischen Aufladespannungen und -zeitdauern für typische 3,0-Wattstunden-Silber-Zink-Batterien mit unterschiedlichen Ladezuständen, die auch grafisch in den Fig. 11 und 12 dargestellt sind.

[0070] Fig. 11 ist ein tatsächliches Batterieaufladeprofil einer typischen 3,0-Wattstunden-Silber-Zink-Batterie bei einem speziellen Ladezustand, die im Wesentlichen voll aufgeladen beginnt, wobei Ergebnisse eines Aufladens mit dem Verfahren zum Aufladen der Batterien 100 der vorliegenden Erfindung und des Batterieaufladesystems 210 der vorliegenden Erfindung dargestellt sind.

[0071] Das Batterieaufladeprofil von Fig. 11 stellt die Batterie während und am Ende der ersten Zeitdauer T1, die eine Stunde beträgt, bei der ersten Lade-Endspannung dar, was anzeigt, dass die Batterie im Wesentlichen voll aufgeladen ist. Die Batterie wird folglich bei der ersten Lade-Endspannung, die 1,87 Volt beträgt, für die zweite Zeitdauer T2, die 10 Stunden beträgt, weiter aufgeladen. Die Lade-Endspannung wird dann auf die zweite Lade-Endspannung angehoben, die 1,98 Volt beträgt, und für die zweite Zeitdauer T3 von 2 Stunden bei der zweiten Lade-Endspannung aufgeladen. Ein Batterieaufladen wird nach der dritten Zeitdauer T3 beendet, wonach die Batterie zu einem ruhigen Wert bei der ersten Lade-Endspannung zurückkehrt. Die gesamte Batterieaufladezeit beträgt 13 Stunden. Zu keiner Zeit wurde ein Gasen beobachtet, wenn man das Verfahren zum Aufladen der Batterien 100 und das Batterieaufladesystem 210 der vorliegenden Erfindung verwendet.

[0072] Fig. 12 ist ein tatsächliches Batterieaufladeprofil einer typischen 3,0-Silber-Zink-Batterie bei einem speziellen Ladezustand, der nicht im Wesentlichen voll aufgeladen beginnt, wobei Ergebnisse eines Aufladens mit dem Verfahren zum Aufladen von Batterien 100 der vorliegenden Erfindung und dem Batterieaufladesystem 210 der vorliegenden Erfindung dargestellt sind.

[0073] Das Batterieaufladeprofil von Fig. 12 stellt die Batteriespannung während und am Ende der ersten Zeitdauer T1, die eine Stunde beträgt, unter der ersten Lade-Endspannung dar, was anzeigt, dass die Batterie nicht im Wesentlichen voll aufgeladen ist. Die Batterie wird folglich bei der ersten Lade-Endspannung, die 1,87 Volt beträgt, für die alternative zweite Zeitdauer T2', die 8 Stunden beträgt, weiter

aufgeladen. Die Lade-Endspannung wird dann auf die zweite Lade-Endspannung erhöht, die 1,98 Volt beträgt, und für die alternative Zeitdauer T3' von 4 Stunden bei der zweiten Lade-Endspannung aufgeladen. Ein Batterieaufladen wird nach der alternativen dritten Zeitdauer T3' beendet, wonach die Batterie zu einem ruhigen Wert bei der dritten Lade-Endspannung zurückkehrt. Die gesamte Batterieaufladezeit beträgt 13 Stunden. Zu keiner Zeit wurde ein Gasen beobachtet, wenn man das Verfahren zum Aufladen der Batterien 100 und das Batterieaufladesystem 210 der vorliegenden Erfindung verwendet.

[0074] Jede der Batterien des Batterieaufladesystems 210 kann folglich einzeln in Reihe aufgeladen werden, ohne eine Mehrzahl von Stromquellen verwenden zu müssen, wenn man das Verfahren zum Aufladen der Batterien 100 der vorliegenden Erfindung verwendet. Batteriesätze weisen häufig typischerweise Batterien in Reihe auf. Folglich können alle Batterien in einem Batteriesatz einzeln und unabhängig in Reihe auf ihre respektiven Lade-Endspannungen aufgeladen werden, wodurch ein im Gleichgewicht befindlicher Batteriesatz gewährleistet wird.

[0075] Obwohl die vorliegende Erfindung in beträchtlicher Einzelheit mit Bezug auf gewisse bevorzugte Ausführungen derselben beschrieben worden ist, sind andere Ausführungen möglich. Deshalb sollte der Geist und Umfang der angefügten Ansprüche nicht auf die Beschreibung der bevorzugten Ausführungen, die hierin enthalten sind, beschränkt werden.

## ZUSAMMENFASSUNG

[0076] Ein Batterieaufladeverfahren und -system, wobei das Batterieaufladeverfahren umfasst: Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer; Bestimmen eines Ladezustands der Batterien am Ende der ersten Zeitdauer; wenn die Batterien am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen sind, Aufladen der Batterien (100) bei der ersten Spannung für eine zweite Zeitdauer, und Aufladen der Batterien bei einer zweiten Spannung für eine dritte Zeitdauer. Das Batterieaufladesystem (210) umfasst: eine Stromquelle; einen Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber (216); mindestens eine Batterie; und respektive von Spannungs- und Stromreglern, die Spannungen regeln, die an jede der respektiven von Spannungs- und Stromreglern angelegt sind.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufladen von mindestens einer Batterie, umfassend die folgenden Schritte:  
Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer;  
Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der ersten Zeitdauer;

wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine dritte Zeitdauer;  
wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer ist, Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine alternative zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei der zweiten Spannung für eine alternative dritte Zeitdauer.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um die mindestens eine Batterie aufzuladen, die Summe der ersten Zeitdauer, der zweiten Zeitdauer und der dritten Zeitdauer oder die Summe der ersten Zeitdauer, der alternativen zweiten Zeitdauer und der alternativen dritten Zeitdauer ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um die mindestens eine Batterie aufzuladen, im Wesentlichen gleich einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung zwischen einem ersten Plateau und einem zweiten Plateau eines Aufladeprofiles der mindestens einen Batterie ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung auf oder etwas über einem zweiten Plateau ist, vor einer steil ansteigenden Kurve eines Aufladeprofiles der mindestens einen Batterie.

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die erste Zeitdauer bei Beginn eines Aufladens beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,05 und 0,10 ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, die zweite Zeitdauer am Ende der ersten Zeitdauer beginnt und am Anfang der dritten Zeitdauer endet und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,55 und 0,65 ist, und die dritte Zeitdauer im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der zweiten Zeitdauer ist, wo-

bei der Faktor zwischen 0,45 und 0,55 ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer ist, die alternative zweite Zeitdauer am Ende der ersten Zeitdauer beginnt und am Anfang der alternativen dritten Zeitdauer endet und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,70 und 0,80 ist, und die alternative dritte Zeitdauer im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der zweiten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen 0,15 und 0,25 ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Schritte des Verfahrens zum Aufladen der mindestens einen Batterie durch einen Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber gesteuert werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber ein Mikrokontroller ist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Schritte des Verfahrens zum Aufladen der mindestens einen Batterie durch einen Mikrokontroller gesteuert werden.

12. Verfahren zum Aufladen von mindestens einer Batterie, umfassend die folgende Schritte:  
Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer;  
Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der ersten Zeitdauer;  
wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine dritte Zeitdauer;  
wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer ist, Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine alternative zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei der zweiten Spannung für eine alternative dritte Zeitdauer; wobei eine Gesamtzeit, die erforderlich ist, um die mindestens eine Batterie aufzuladen, die Summe der ersten Zeitdauer, der zweiten Zeitdauer und der dritten Zeitdauer oder die Summe der ersten Zeitdauer, der alternativen zweiten Zeitdauer und der alternativen dritten Zeitdauer ist;  
die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um die mindestens eine Batterie aufzuladen, im Wesentlichen gleich einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der

der mindestens einen Batterie zugeführt wird;  
 die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung zwischen einem ersten Plateau und einem zweiten Plateau eines Aufladeprofiles der mindestens einen Batterie ist;

die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung auf oder etwas über einem zweiten Plateau ist, vor einer steil ansteigenden Kurve eines Aufladeprofiles der mindestens einen Batterie;

die erste Zeitdauer bei Beginn eines Aufladens beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,05 und 0,10 ist;

wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, die zweite Zeitdauer am Ende der ersten Zeitdauer beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,55 und 0,65 ist, und

die dritte Zeitdauer am Ende der zweiten Zeitdauer beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der zweiten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen 0,45 und 0,55 ist;

wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer ist, die alternative zweite Zeitdauer am Ende der ersten Zeitdauer beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,70 und 0,80 ist, und

die alternative dritte Zeitdauer am Ende der alternativen zweiten Zeitdauer beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der alternativen zweiten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen 0,15 und 0,25 ist.

13. Batterieaufladesystem, umfassend:

eine Stromquelle;

einen Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber; mindestens eine Batterie;

und respektive von Spannungs- und Stromreglern, die Spannungen, die an jede der respektiven der Batterien angelegt sind, und einen Strom, der jeder der respektiven der Batterien zugeführt wird, regeln; wobei der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber die Spannungen steuert und Zeitdauern der Spannungen, die an jede der respektiven der Batterien angelegt sind, durch Steuerung der Spannungs- und Stromregler steuert.

14. Batterieaufladesystem nach Anspruch 13, bei dem der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber ein Mikrokontroller ist.

15. batterieaufladesystem nach Anspruch 13, bei dem das batterieaufladesystem Schritte eines Prozesses zum Aufladen der mindestens einen Batterie ausführt.

16. batterieaufladesystem nach Anspruch 15, bei dem der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber Schritte des Prozesses zum Aufladen der mindestens einen Batterie steuert.

17. batterieaufladesystem nach Anspruch 13, bei dem das batterieaufladesystem Schritte eines Prozesses zum Aufladen der mindestens einen Batterie ausführt, umfassend die folgenden Schritte:

Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer;

Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der ersten Zeitdauer;

wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist,

Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine dritte Zeitdauer;

wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer ist, Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine alternative zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei der zweiten Spannung für eine alternative dritte Zeitdauer.

18. batterieaufladesystem nach Anspruch 13, bei dem das batterieaufladesystem Schritte eines Prozesses zum Aufladen der mindestens einen Batterie ausführt, umfassend die folgenden Schritte:

Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer;

Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der ersten Zeitdauer;

wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist,

Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine dritte Zeitdauer;

wenn die mindestens eine Batterie am Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer ist, Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für eine alternative zweite Zeitdauer, und Aufladen der mindestens einen Batterie bei der zweiten Spannung für eine alternative dritte Zeitdauer; wobei eine Gesamtzeit, die erforderlich ist, um die mindestens eine Batterie aufzuladen, die Summe der ersten Zeitdauer, zweiten Zeitdauer und der dritten Zeitdauer oder die Summe der ersten Zeitdauer, der alternativen zweiten Zeitdauer und der alternativen dritten Zeitdauer ist;

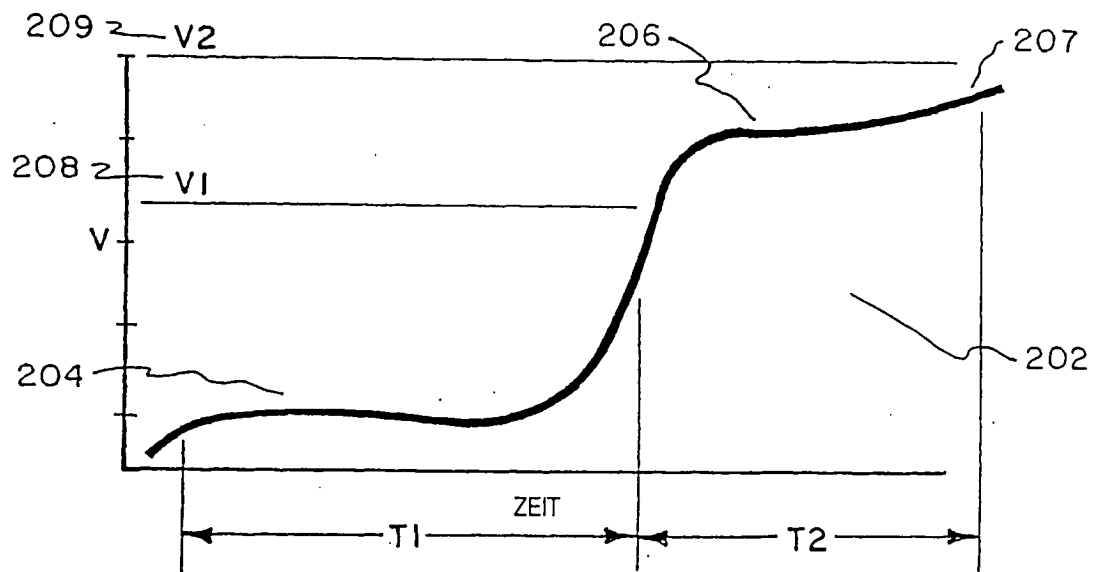
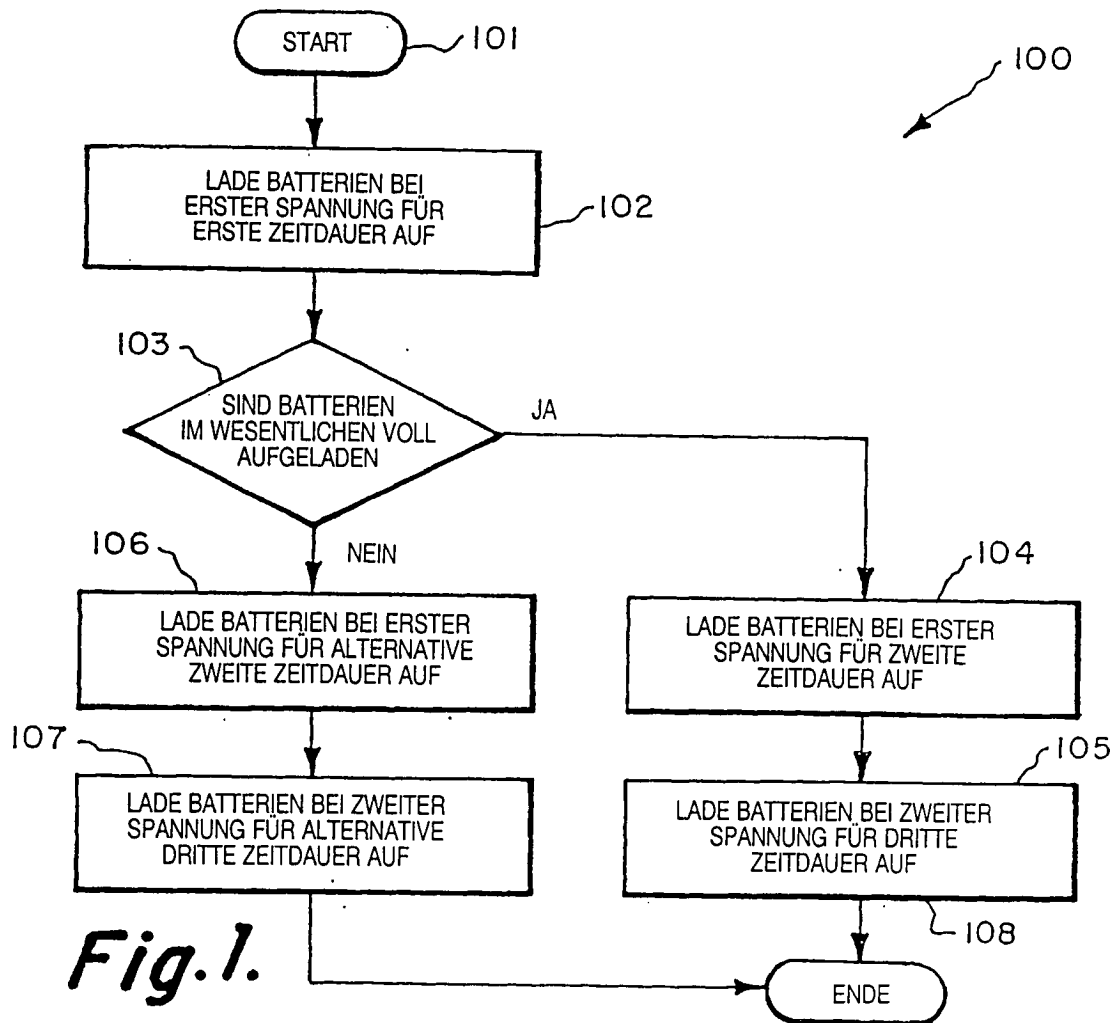
die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um die mindestens eine Batterie aufzuladen, im Wesentlichen gleich einer Batteriekapazität der mindestens einen

Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens eine Batterie zugeführt wird;  
 die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung zwischen einem ersten Plateau und einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist;  
 die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung auf oder etwas über einem zweiten Plateau ist, vor einer steil ansteigenden Kurve eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie;  
 die erste Zeitdauer bei Beginn eines Aufladens beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,05 und 0,10 ist;  
 wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, die zweite Zeitdauer am Ende der ersten Zeitdauer beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens eine Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,55 und 0,65 ist, und  
 die dritte Zeitdauer am Ende der zweiten Zeitdauer beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der zweiten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen 0,45 und 0,55 ist;  
 wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der ersten Zeitdauer im Wesentlichen ganz leer ist, die alternative zweite Zeitdauer am Ende der ersten Zeitdauer beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit einer Batteriekapazität der mindestens einen Batterie dividiert durch einen Aufladestrom ist, der der mindestens einen Batterie zugeführt wird, wobei der Faktor zwischen 0,70 und 0,80 ist, und  
 die alternative dritte Zeitdauer am Ende der alternativen zweiten Zeitdauer beginnt und im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der alternativen zweiten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen 0,15 und 0,25 ist.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen



## Anhängende Zeichnungen

**Fig. 2.**

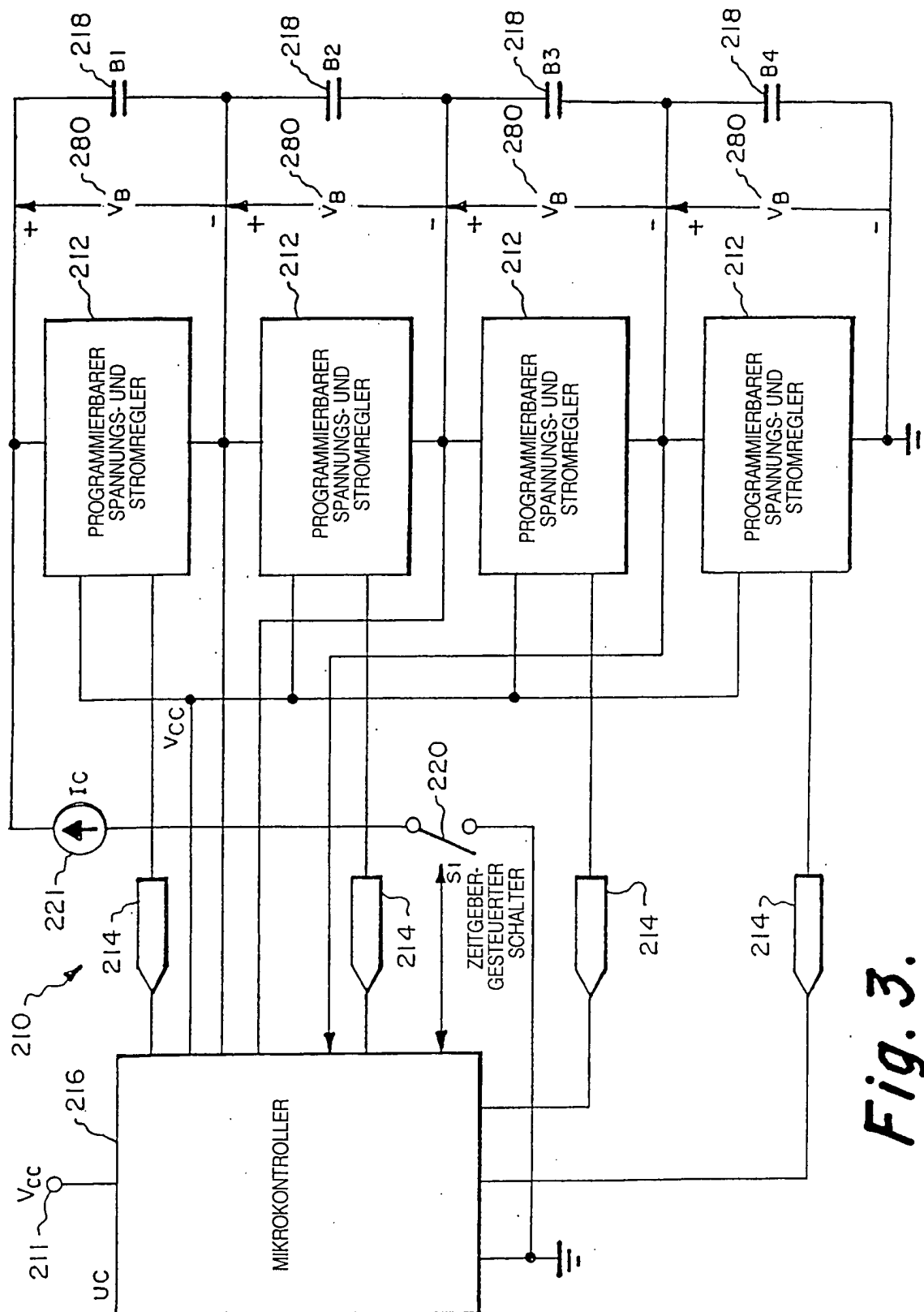
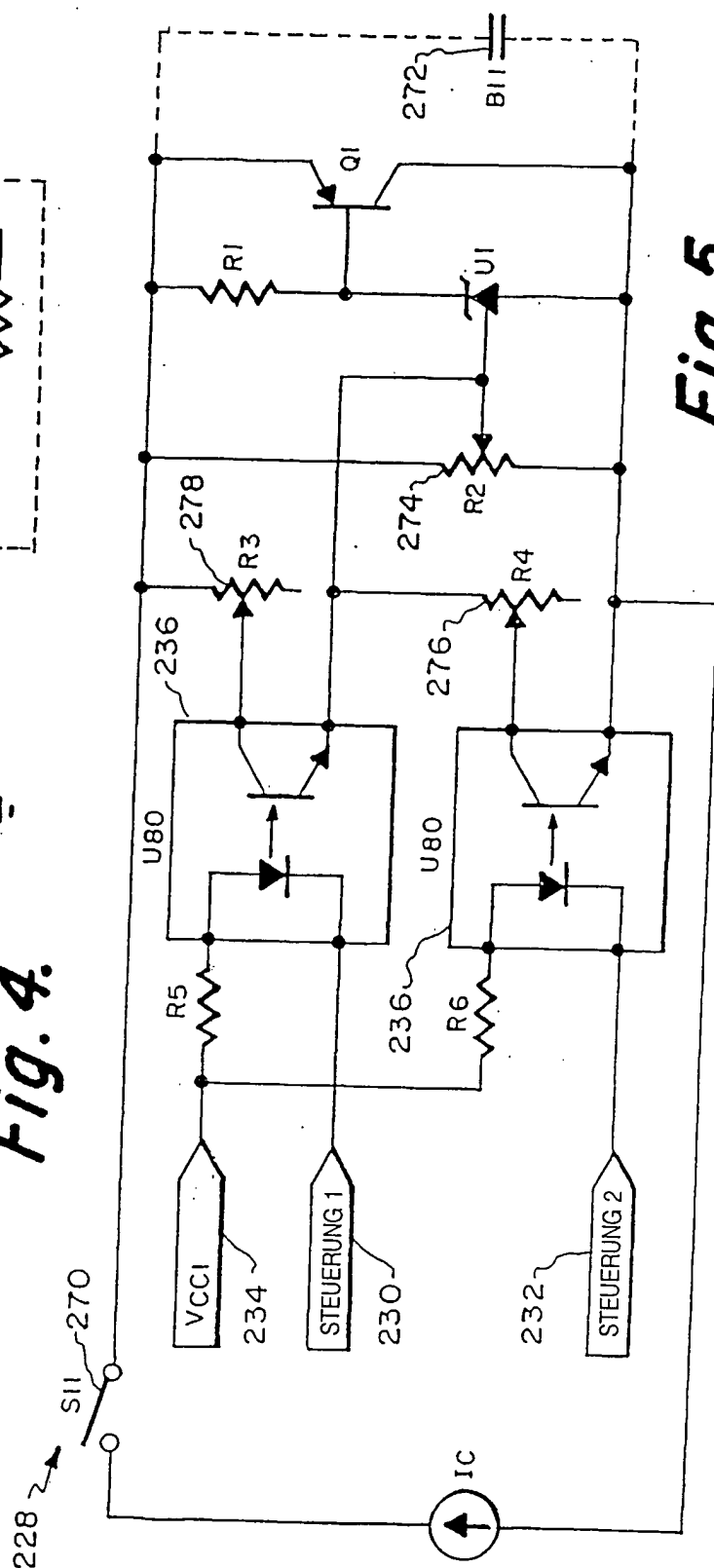
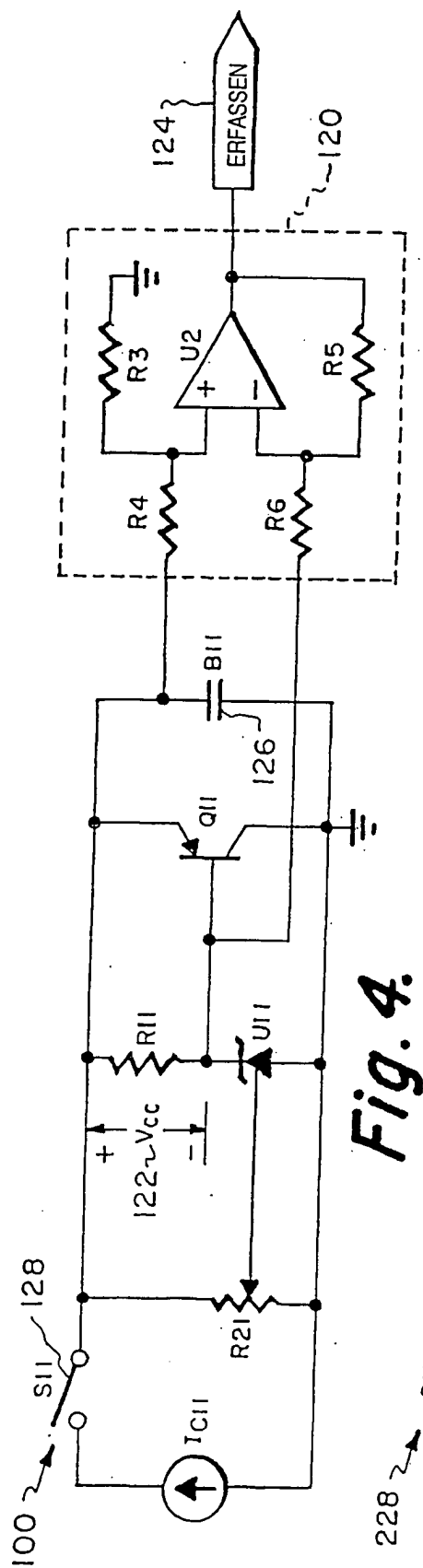
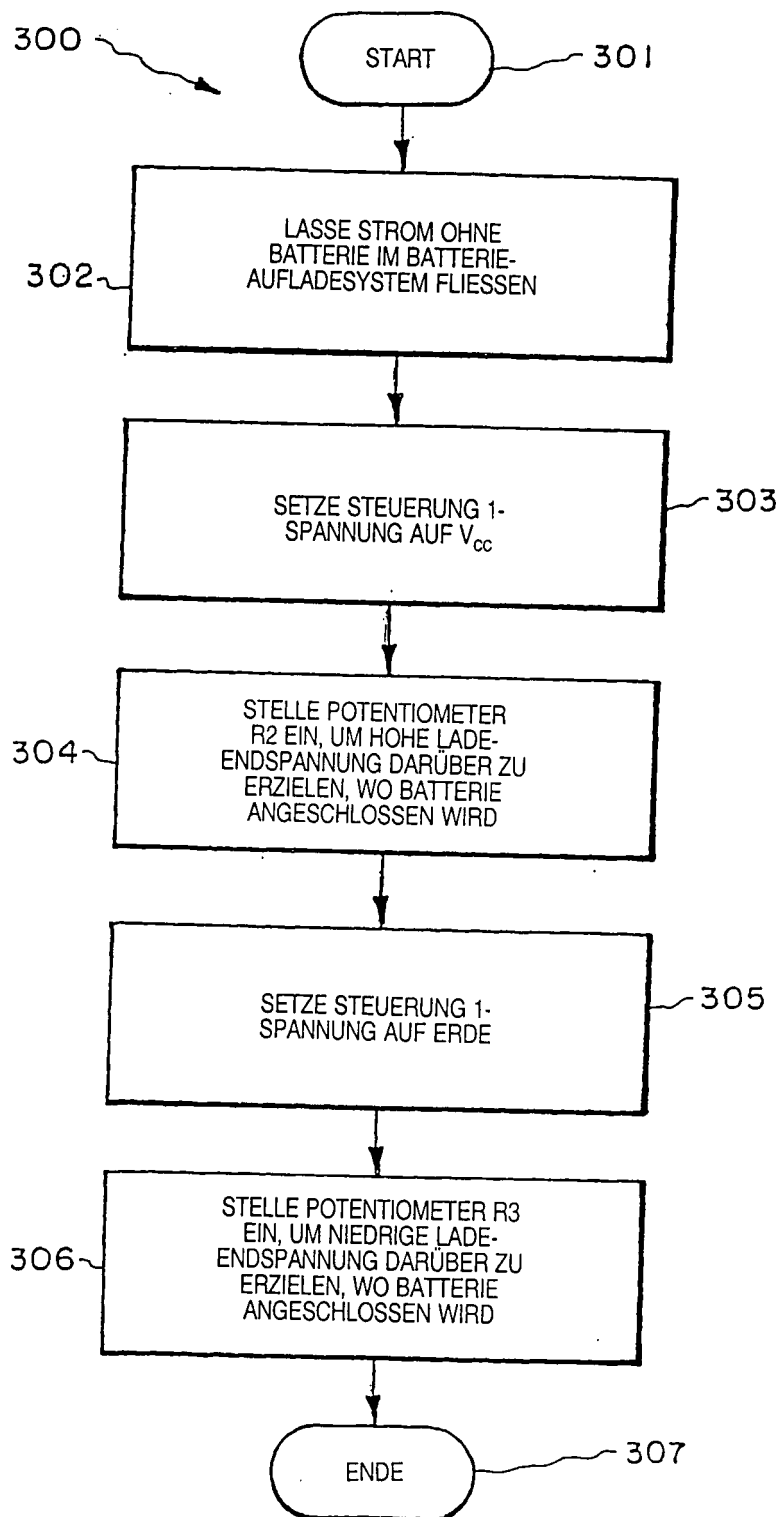
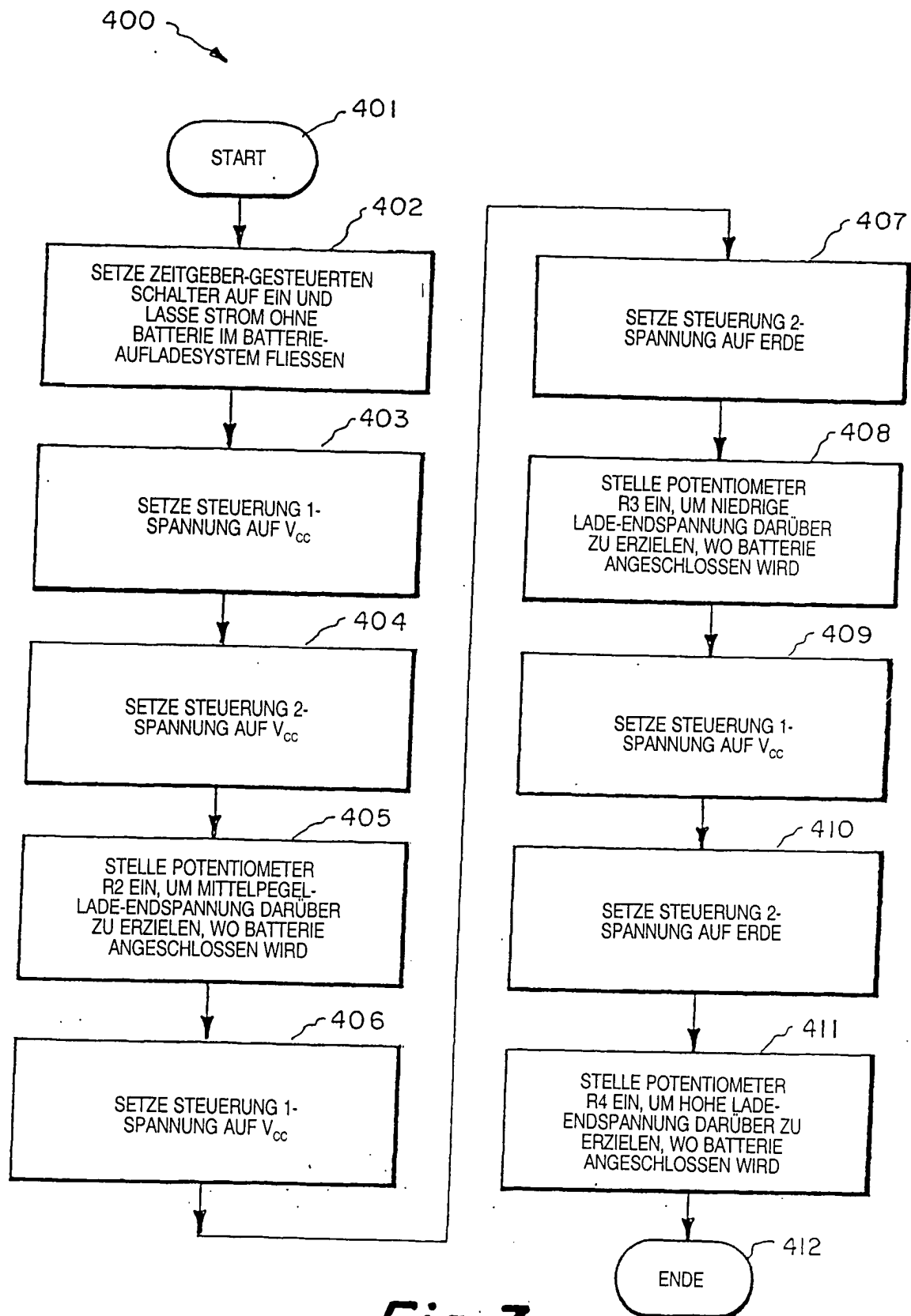


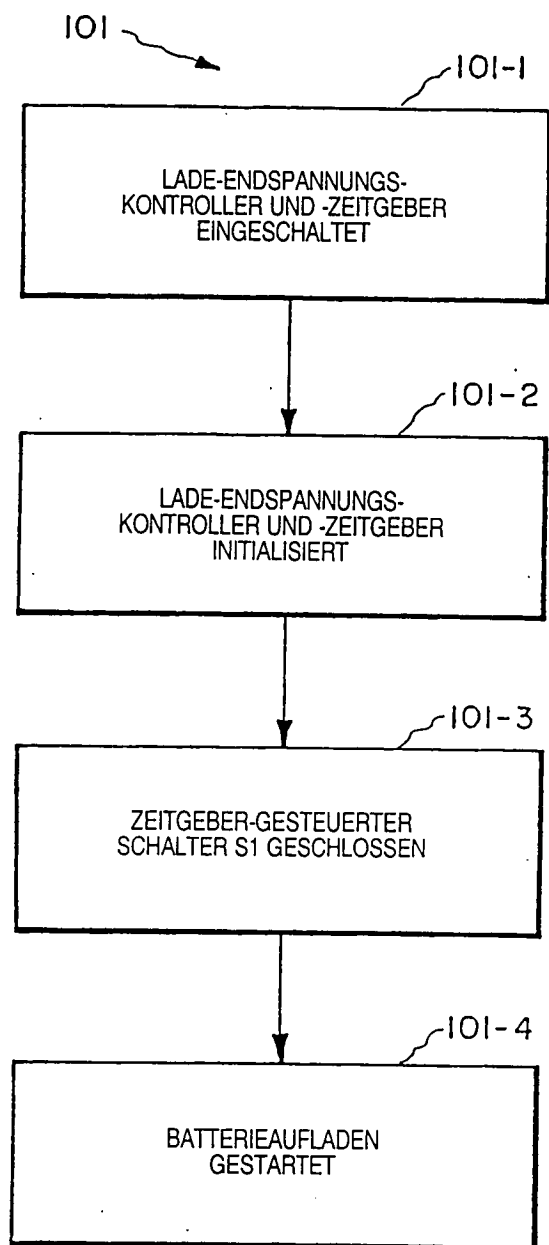
Fig. 3.



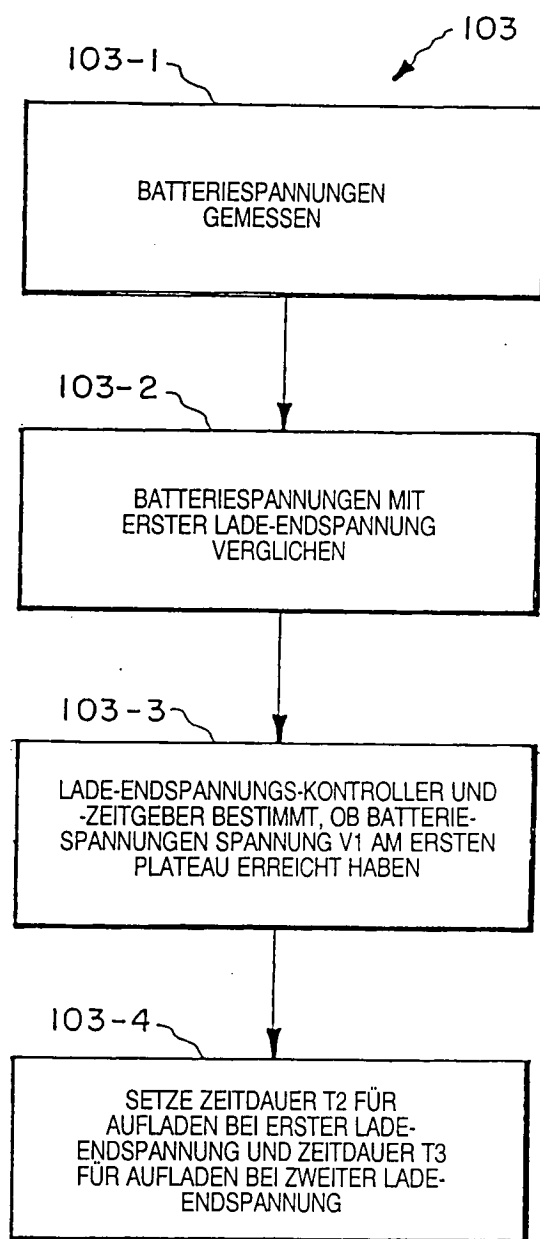


**Fig. 6.**

**Fig. 7.**



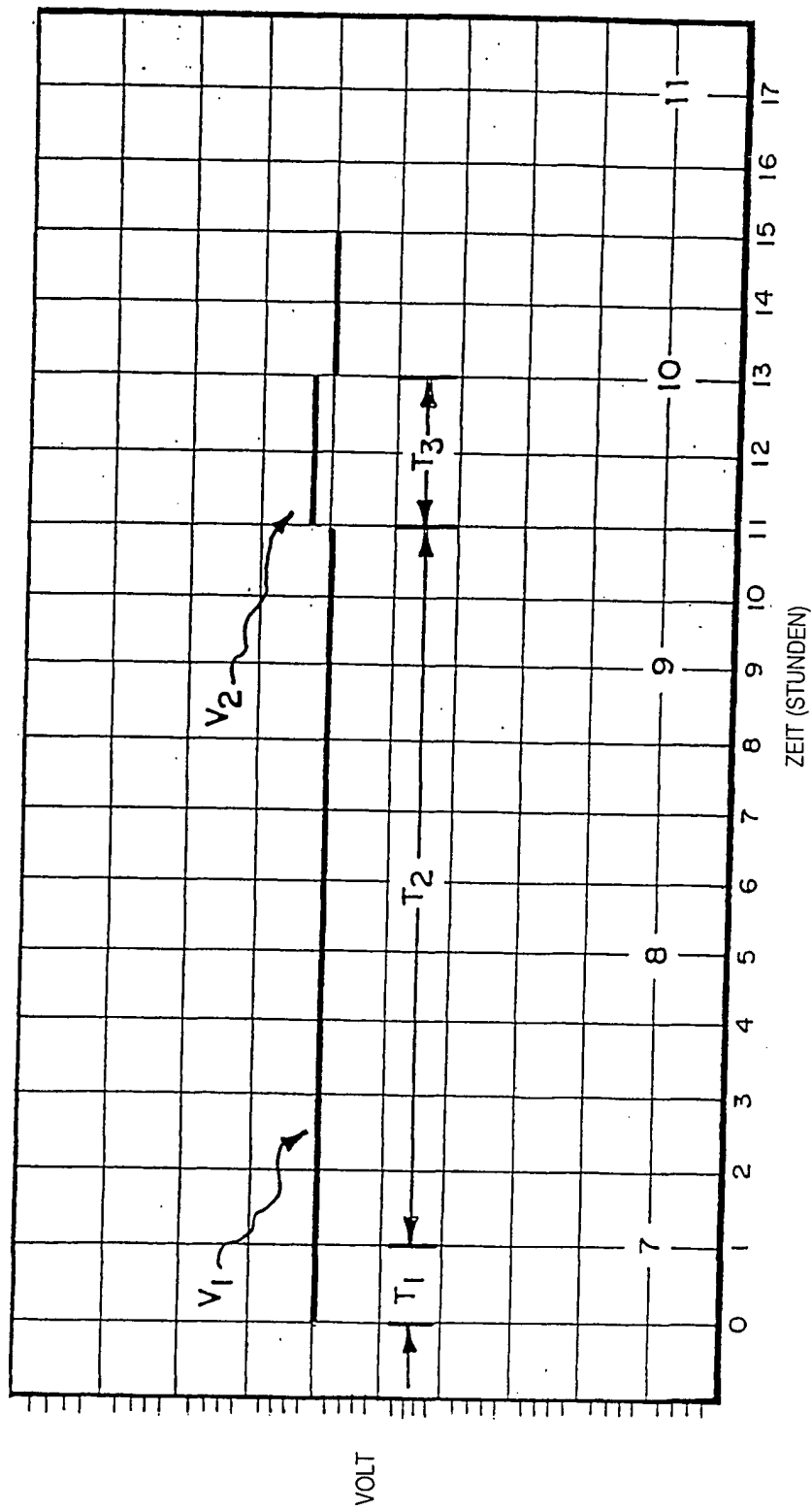
*Fig. 8.*



*Fig. 9.*

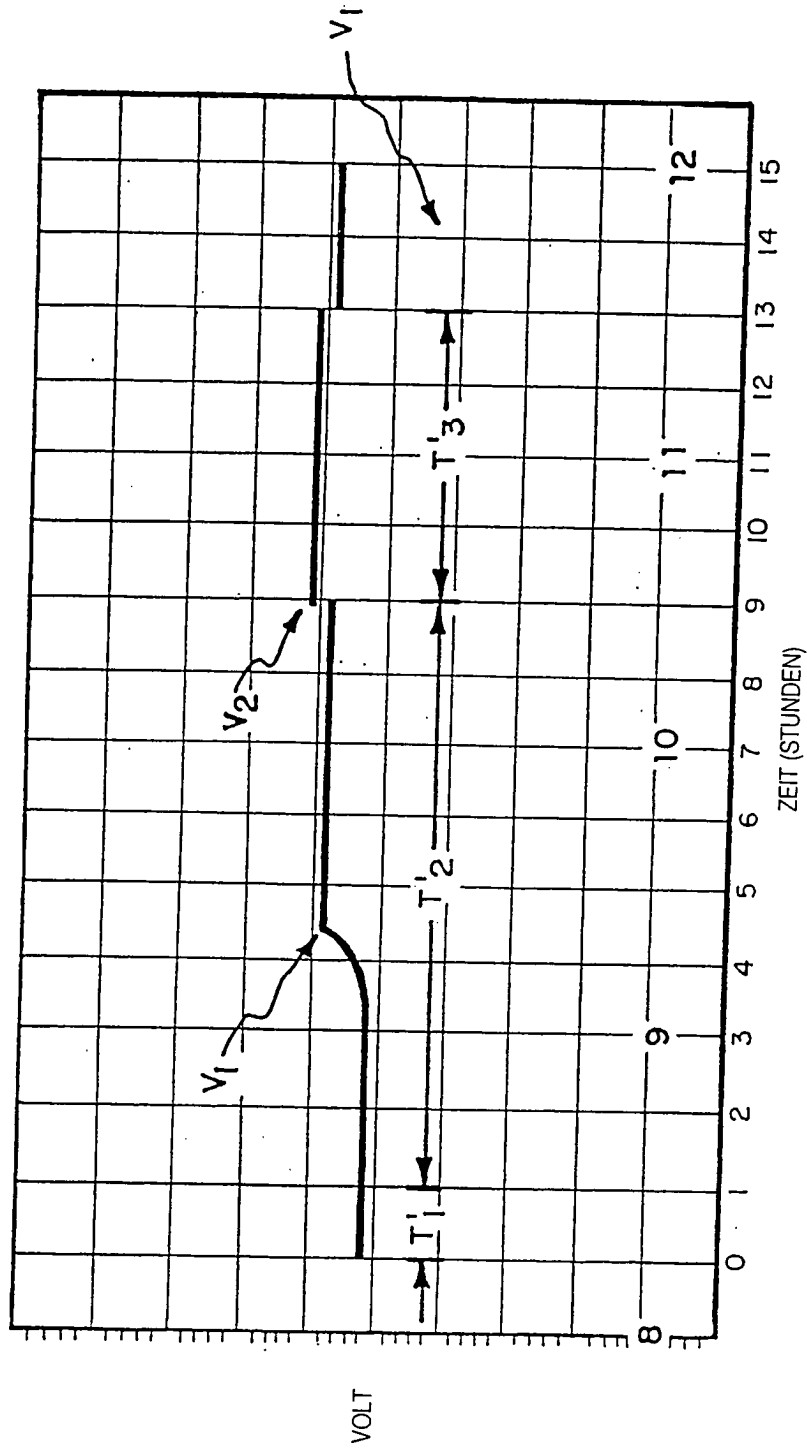
BATTERIE- UND AUFLADE- CHARAKTERISTIKEN	BEI ERSTER LADE-END- SPANNUNG FÜR ZEITDAUER T1 AUFGELADEN		BEI ERSTER LADE-END- SPANNUNG FÜR ZEITDAUER T2 AUFGELADEN (VOM BEGINN EINES AUFLADENS)		BEI ZWEITER LADE-END- SPANNUNG FÜR ZEITDAUER T3 AUFGELADEN	
	ERSTE LADE- ENDSPANNUNG	ZEITDAUER T1	ERSTE LADE- ENDSPANNUNG	ZEITDAUER T2	ZWEITE LADE- ENDSPANNUNG	ZEITDAUER T3
BATTERIE- LADEZUSTAND						
IM WESENTLICHEN VOLL AUFGELADEN	1,87 VOLT	1 STUNDE	1,87 VOLT	10 STUNDEN	1,98 VOLT	2 STUNDEN
NICHT IM WESENTLICHEN VOLL AUFGELADEN	1,87 VOLT	1 STUNDE	1,87 VOLT	8 STUNDEN	1,98 VOLT	4 STUNDEN

*Fig. 10.*



*Fig.11*





*Fig. 12.*