



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 97 088 T5 2004.07.29

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der

(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 03/052859**

in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **102 97 088.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/39154**

(86) PCT-Anmeldetag: **06.12.2002**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.06.2003**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **29.07.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H01M 10/44**

**H01M 10/46**

(30) Unionspriorität:  
**10/021,839 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 F., Santa Barbara, Calif., US**

### Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mehrplateau-Batterieaufladeverfahren und -system zum Aufladen zum zweiten Plateau**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Aufladen von mindestens einer Batterie, umfassend die folgenden Schritte:

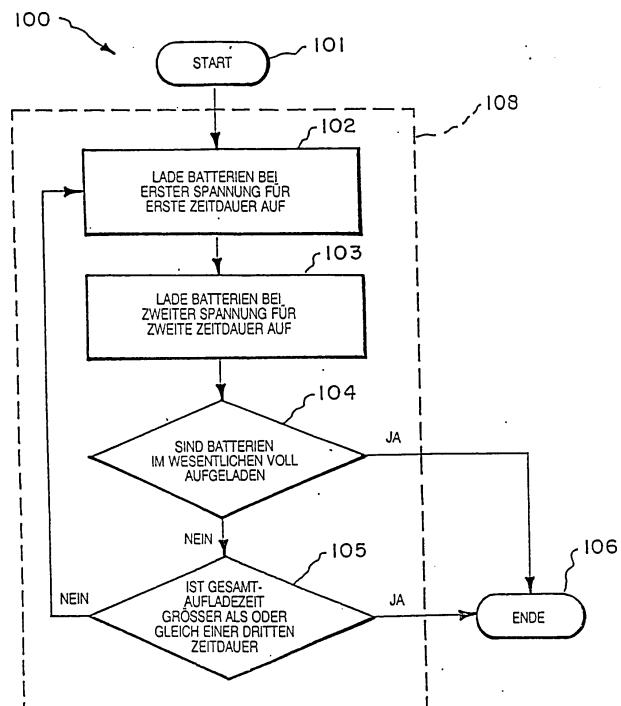
Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer;

Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer;

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

wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die mindestens eine Batterie für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden ist, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt;

wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten...



**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG****GEBIET DER ERFINDUNG**

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

**QUERVERWEISE**

[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 gelassen werden.

**HINTERGRUND DER TECHNIK**

[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, verringter 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 elektrisch 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 ( $Ag_2O$ ) umgewandelt wird, während das zweite Plateau die Bildung von divalemtem Silber ( $AgO$ ) widerspiegelt. Auf das Ende zu, im Allgemeinen bei etwa 90% 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 mini-

male 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 den vorerwähnten Erfordernissen.

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

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] Das US-Patent No. 5,982,144 (Johnson et al.) offenbart eine Überladeschutzschaltung für wiederaufladbare Stromquellen mit Nebenschlusschaltungen, die Strom um eine Batterie oder Batteriezelle einer Batteriezellenkette nebenschließen, wenn sie auf eine maximale Ladegrenze aufgeladen ist. Die Nebenschlussschaltung umfasst Nebenschlussregler, die über jede Batteriezelle angeschlossen sind.

[0014] Das US-Patent No. 6,025,696 (Lenhart et al.) offenbart ein Batteriezellenüberbrückungsmodul mit einem Sensor zum Detektieren eines Betriebszu-

stands einer Batteriezelle, wie z.B. Spannung oder Temperatur, einen Kontroller, der über die Batteriezelle einer Lithiumionenbatterie angeschlossen ist, wobei der Kontroller dann betreibbar ist, um den Leistungsmodus zu ändern und dadurch Strom um die Batteriezelle nebenschließen. Der Kontroller 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.

[0015] Das US-Patent No. 4,719,401 (Altmejd) offenbart Zenerdioden, die jeweils über jede Zelle in einer hintereinandergeschalteten Batteriezellenkette nebengeschlossen sind.

[0016] Unterschiedliche Aufladeverfahren und -systeme, die Plateaus und Wendepunkte verwenden, sind offenbart worden.

[0017] 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.

[0018] 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 Variationen 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 aufeinanderfol-

gende 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.

[0019] 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 jähnlichen 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 kurze 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.

[0020] 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 Spannungsplateauzuständen entsprechend ihrem Ladezustand diagnostiziert.

[0021] Andere Schnellaufladevorrichtungen und -verfahren sind offenbart worden, von denen einige kompliziert und verwickelt sind.

[0022] Das US-Patent No. 5,307,000 (Podrazhansky et al.) offenbart ein Verfahren und eine Vorrich-

tung, 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.

[0023] 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 wieder. 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.

[0024] 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 Klemmenspannung 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.

[0025] Unterschiedliche Aufladeverfahren und -systeme, die Zeit als einen Faktor beim Aufladen verwenden sind, offenbart worden.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] Andere Aufladevorrichtungen, Batterien und Verfahren sind offenbart worden, die immer noch nicht den vorerwähnten Erfordernissen genügen.

[0029] 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.

[0030] Die US-Patent-Nos. 5,387,857 (Honda et al.); 5,438,250 (Retzlaff); 5,994,878 (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 (Berntess et al.); 3,708,738 (Crawford et al.); die britischen Patent-Nos. GB 2178608A (Yu Zhiwei) und 892,954 (Wolff); die Welt-Patent-Nos. WO 00/14848 (Simmonds) und WO 01/47086 (Gabehart et al.); das französische Patent No. FR 2683093-A1 (Michelle et al.); und die europäische Patentanmeldung No. EP 1076397A1 (Klang) offenbaren jeweils andere Vorrichtungen, Batterien und Verfahren, die den vorerwähnten Erfordernissen nicht genügen.

[0031] 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 ausgeklügelteren und kostspieligeren Batteriesystemen, wie z.B. Batterien auf Silberbasis und anderen Hochimpedanzbatterien, entsteht die Notwendigkeit für fortschrittlichere Aufladeverfahren und -systeme, die ein Überladen 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 Zeitspannen 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.

## ZUSAMMENFASSUNG

[0032] Die vorliegende Erfindung ist auf ein Batterieaufladeverfahren und -system gerichtet, das die schädlichen Wirkungen eines Überladens minimiert, folglich eine Batterieleistungsfähigkeit und -lebensdauer erhöht, wie benötigt. 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 anderen Hochimpedanzbatterien, entsteht der Bedarf an fortschrittlicheren Aufladeverfahren und -systemen, die ein Überladen 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 Zeitspannen 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 der vorliegenden Erfindung begrenzt die maximale Aufladespannung und Aufladestrom, die auf die Batterie aufgebracht werden, und lädt die Batterie allmählich abnehmend auf, ist zusätzlich kostengünstig, leicht herzustellen und zu verwenden, klein und

leichtgewichtig, haltbar, langlebig, zuverlässig und kann in Raumfahrt- und Verteidigungsanwendungen verwendet werden und genügt den vorerwähnten Erfordernissen.

[0033] Ein Batterieaufladeverfahren mit Merkmalen der vorliegenden Erfindung umfasst: Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer; Aufladen der Batterien bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer; Bestimmen eines Ladezustands der Batterien am Ende der zweiten Zeitdauer; wenn die Batterien am Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die Batterien für eine Zeitdauer aufgeladen worden sind, die größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer ist, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der Batterien bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt; wenn die Batterien am Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen sind, wird ein Batterieaufladen beendet; oder wenn die Gesamtaufladezeit am Ende der zweiten Zeitdauer die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist, wird ein Batterieaufladen beendet.

[0034] Ein Batterieaufladesystem mit Merkmalen der vorliegenden Erfindung umfasst: eine Stromquelle; einen Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber; mindestens eine Batterie; respektive von Spannungs- und Stromreglern, die Spannungen, die an jede der respektiven der Batterien angelegt sind, und einen Strom, der jeder von den respektiven der Batterien zugeführt wird, regeln; 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; eine Stromerfassungseinrichtung, die einen Strom, der durch die Batterien fließt, erfasst, wobei der erfasste Strom zum Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber übermittelt wird; und einen System-Spannungs- und Stromregler, der Strom von den Batterien nebenschließt.

## ZEICHNUNGEN

[0035] Diese und andere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf die folgende Beschreibung, angefügten Ansprüche und begleitenden Zeichnungen besser verstanden.

[0036] **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung von Schritten eines Batterieaufladeverfahrens der vorliegenden Erfindung;

[0037] **Fig. 2** ist eine schematische Darstellung von Schritten eines alternativen Batterieaufladeverfahrens der vorliegenden Erfindung;

[0038] **Fig. 3** ist eine grafische Darstellung eines

Batterieaufladeprofils;

[0039] **Fig. 4** ist ein Blockdiagramm eines Batterieaufladesystems, das gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist;

[0040] **Fig. 5** ist ein schematisches Diagramm eines programmierbaren Spannungs- und Stromreglers, der gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist;

[0041] **Fig. 6** ist ein schematisches Diagramm eines systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromreglers, der gemäß der vorliegenden Erfindung konstruiert ist;

[0042] **Fig. 7** ist eine schematische Darstellung von Schritten eines Verfahrens zum Kalibrieren des programmierbaren Spannungs- und Stromreglers von **Fig. 5**;

[0043] **Fig. 8** ist eine schematische Darstellung von Einzelheiten eines Schritts des Batterieaufladeverfahrens der vorliegenden Erfindung von **Fig. 1**; und

[0044] **Fig. 9** ist eine grafische Darstellung eines tatsächlichen Batterieaufladeprofils für eine Batterie bei einem speziellen Ladezustand.

## BESCHREIBUNG

[0045] Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf die **Fig. 1-9** der Zeichnungen beschrieben. Identische Elemente in den verschiedenen Figuren sind mit demselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0046] **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 Schritt **102** für eine erste Zeitdauer bei einer ersten Spannung aufgeladen. Die Batterien werden dann bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer aufgeladen, bei Schritt **103**. Am Ende der zweiten Zeitdauer werden die Batterien bewertet, um den Ladezustand zu bestimmen, d.h. ob die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die Batterien für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden sind, bei Schritt **105**. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**, wird ein Batterieaufladen beendet, und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** endet bei Schritt **106**.

[0047] Wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, bei Schritt **105**, kann ein weiterer Aufladezyklus **108**, der die Schritte **102**, **103**, **104** und aufweist, wiederholt werden, nach Bedarf, bis die Gesamtaufladezeit bei Schritt die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist, und/oder die Schritte **102**, **103** und **104** können wiederholt werden, bis bei Schritt **104** bestimmt wird, dass die Batterien im Wesentlichen voll

aufgeladen sind.

[0048] Wenn bei Schritt **105** die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitspanne überschritten hat oder gleich ihr ist, wird das Batterieaufladen beendet, und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** endet bei Schritt **106**.

[0049] Die Batterien können folglich bei der ersten Spannung für die erste Zeitspanne wieder aufgeladen werden, bei Schritt **102**, und wieder bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitspanne, bei Schritt **103**. Die Batterien werden dann wieder bewertet, um den Ladezustand zu bestimmen, d.h. ob die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**. Wenn wieder bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der zweiten Zeitspanne nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**, wird die Gesamtaufladezeit wieder bewertet, um zu bestimmen, wenn die Batterien für die Zeitspanne größer als oder gleich der dritten Zeitspanne aufgeladen worden sind, bei Schritt **105**, und wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der wiederholten zweiten Zeitspanne im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**, wird ein Batterieaufladen beendet, und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** endet bei Schritt **106**. Wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitspanne nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wieder bei Schritt **105**, kann der Aufladezyklus **108** wieder wiederholt werden, und/oder die Schritte **102**, **103** und **104** können wiederholt werden, bis bei Schritt **104** bestimmt wird, dass die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind.

[0050] Der Aufladezyklus **108** mit den Schritten **102**, **103**, **104** und **105** kann so viele Male wie notwendig wiederholt werden, bis die Aufladezeit größer als oder gleich der dritten Zeitspanne ist und/oder bis bei Schritt **104** bestimmt wird, dass die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, nachdem die Schritte **102** und **103** beendet worden sind.

[0051] **Fig. 2** stellt Schritte eines alternativen Verfahrens zum Aufladen von Batterien **110** der vorliegenden Erfindung dar, das im Wesentlichen dasselbe ist wie das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100**, außer dass die Batterien auf eine dritte Spannung gesetzt werden, bevor die Stromquelle in dem Verfahren zum Aufladen der Batterien **110** abgeschaltet wird.

[0052] Das Verfahren zum Aufladen der Batterien **110** beginnt bei Schritt **111**. Aufzuladende Batterien werden bei Schritt **112** bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitspanne aufgeladen. Die Batterien werden dann bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitspanne aufgeladen, bei Schritt **113**. Am Ende der zweiten Zeitspanne werden die Batterien bewertet, um den Ladezustand zu bestimmen, d.h. ob die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **114**. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der zweiten Zeitspanne nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **114**, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die Batterien für eine Zeitspanne größer als oder gleich einer dritten

Zeitspanne aufgeladen worden sind, bei Schritt **115**. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der zweiten Zeitspanne im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **114**, werden die Batterien bei Schritt **116** auf eine dritte Spannung gesetzt. Ein Batterieaufladen wird dann beendet, d.h. die Stromquelle wird ausgeschaltet, bei Schritt **117**, und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **110** endet bei Schritt **119**. [0053] Wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitspanne nicht überschritten hat oder gleich ihr ist, bei Schritt **115**, kann ein weiterer Aufladezyklus **118**, der die Schritte **112**, **113**, **114** und **115** aufweist, wiederholt werden, nach Bedarf, bis die Gesamtaufladezeit bei Schritt **115** die dritte Zeitspanne überschritten hat oder gleich ihr ist, und/oder die Schritte **112**, **113** und **114** können wiederholt werden, bis bei Schritt **114** bestimmt wird, dass die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind.

[0054] Wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitspanne überschritten hat oder gleich ihr ist, bei Schritt **115**, werden die Batterien auf die dritte Spannung gesetzt, bei Schritt **116**. Ein Batterieaufladen wird dann beendet, d.h. die Stromquelle wird ausgeschaltet, bei Schritt **117**, und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **110** endet bei Schritt **119**.

[0055] Die Batterien können folglich wieder bei der ersten Spannung für die erste Zeitspanne, bei Schritt **112**, und wieder bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitspanne, bei Schritt **113**, aufgeladen werden. Die Batterien werden dann wieder bewertet, um den Ladezustand zu bestimmen, d.h. ob die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **114**. Wenn wieder bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der zweiten Zeitspanne nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **114**, wird die Gesamtaufladezeit wieder bewertet, um zu bestimmen, wenn die Batterien für die Zeitspanne größer als oder gleich der dritten Zeitspanne aufgeladen worden sind, bei Schritt **115**, und wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der wiederholten zweiten Zeitspanne im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **114**, werden die Batterien auf eine dritte Spannung gesetzt, bei Schritt **116**. Ein Batterieaufladen wird dann beendet, d.h. die Stromquelle wird bei Schritt **117** ausgeschaltet, und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **110** endet bei Schritt **119**. Wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitspanne nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wieder bei Schritt **115**, kann der Aufladezyklus **118** wieder wiederholt werden, und/oder die Schritte **112**, **113** und **114** können wiederholt werden, bis bei Schritt **114** bestimmt wird, dass die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind. Der Aufladezyklus **118** mit den Schritten **112**, **113**, **114** und **115** kann so viele Male wie notwendig wiederholt werden, bis die Aufladezeit größer als oder gleich der dritten Zeitspanne ist und/oder bis bei Schritt **114** bestimmt wird, dass die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, nachdem die Schritte **112** und **113** beendet worden sind.

[0056] **Fig. 3** stellt ein typisches Aufladeprofil **202**

einer Batterie auf Silberbasis dar, die eine Batteriespannung als eine Funktion der Zeit während eines Aufladens veranschaulicht, wobei die zwei aktiven Oxidationszustände von Silber wiedergespiegelt 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 ( $Ag_2O$ ) 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 divalenten Silberart ( $AgO$ ) anzeigt. In Richtung auf das Ladeende, im Allgemeinen bei etwa 90% einer maximalen Kapazität, wandelt sich das Plateau in eine steil ansteigende Kurve **207** um, und die Batterie beginnt damit, überladen zu werden. Andere Plateaus können vorhanden sein, abhängig von der Batteriechemie und anderen Parametern.

[0057] Die folgenden empirischen Beobachtungen werden hiermit dargestellt 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 den **Fig. 1** und **2** dargestellt ist. Diese empirischen Beobachtungen sind insbesondere relevant für Batterien auf Silberbasis.

[0058] Die Gesamtzeit, die erforderlich ist, um eine Batterie auf Silberbasis aufzuladen, kann als  $T_{total} = C/I_{cc}$  definiert werden, wobei  $C$  die Kapazität der Batterie ist und  $I_{cc}$  der Wert des Aufladestroms ist, der der Batterie zugeführt wird. Die Gesamtzeit  $T_{total}$  kann so definiert werden, dass sie Zeitspannen aufweist, wie z.B. mindestens eine erste Zeitspanne  $T_1$  und mindestens eine zweite Zeitspanne  $T_2$ , wo Ladung auf die Batterie mindestens einmal oder mehrmals für die erste Zeitspanne  $T_1$  und die zweite Zeitspanne  $T_2$  aufgebracht wird. Die erste Zeitspanne  $T_1$  kann als die Zeitspanne vom Beginn eines Aufladens bei einer ersten Spannung definiert werden. Die zweite Zeitspanne  $T_2$  kann als die Zeitspanne vom Ende der ersten Zeitspanne  $T_1$  definiert werden, während bei einer zweiten Spannung aufgeladen wird. Die Gesamtzeit  $T_{total}$ , die erforderlich ist, um die Batterie aufzuladen, ist deshalb beispielsweise eine Konstante mal der Summe der ersten Zeitspanne  $T_1$  und der zweiten Zeitspanne  $T_2$ , wobei  $k$  als die Konstante definiert werden kann, die größer als oder gleich 1 ist, so dass die Gesamtzeit  $T_{total} = k (T_1 + T_2)$ .

[0059] Zusätzlich zu den obigen empirischen Beobachtungen und Lehren der vorliegenden Erfindung kann ein Batterieaufladen optimiert werden:

1) durch Aufladen für die erste Zeitspanne  $T_1$  bei der ersten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung  $V_2$  (208) ist, die eine Spannung im Wesentlichen beim zweiten Plateau ist, typischerweise vor der jäh ansteigenden Kurve **207** des

Aufladeprofils **202**, wobei die Zeitspanne  $T_1$  als  $T_1 = \xi * C/I_{cc}$  definiert ist, wobei  $0,02 < \xi < 0,06$ ;

2) durch Aufladen für die zweite Zeitspanne  $T_2$  bei der zweiten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung  $V_3$  (209) ist, die eine Spannung etwas über dem zweiten Plateau ist, typischerweise an der scharfen Krümmung der steil ansteigenden Kurve **207** des Aufladeprofils **202**, wobei die Zeitspanne  $T_2$  als  $T_2 = \beta * C/I_{cc}$  definiert ist, wobei  $3 \times 10^{-5} < \beta < 3 \times 10^{-3}$ .

[0060] Zusätzlich zu den obigen empirischen Beobachtungen und Lehren der vorliegenden Erfindung kann ein Batterieaufladen weiter verbessert werden: durch Setzen der Batterien auf eine dritte Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung  $V_1$  (210) ist, die eine Spannung zwischen dem ersten Plateau **204** und dem zweiten Plateau **206** des Aufladeprofils **202** ist und Beenden eines Batterieaufladens danach.

[0061] Die Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** und **110** der vorliegenden Erfindung können folglich für Silber-Zink-Batterien optimiert und verbessert werden, indem die obigen offenbarten Werte verwendet werden.

[0062] Die Schritte der Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** und **110** der vorliegenden Erfindung können durch einen Lade-Endspannungs-Kontroller gesteuert werden, der ein Mikrokontroller, ein Computer oder eine andere geeignete Vorrichtung sein kann.

[0063] **Fig. 4** stellt ein Blockdiagramm einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ein Batterieaufladesystem **211**, dar, das sich von dem Batterieaufladesystem **400** der mitanhängigen Anmeldung mit dem Titel "Battery Charging System" von den Erfindern Michael Cheiky und Te-Chien Felix Yang, Serial-Nummer ist zu bestimmen, eingereicht am Dezember 2001, auf das vorstehend Bezug genommen wurde, unterscheidet, d.h. das Batterieaufladesystem **211** der vorliegenden Erfindung weist auf: eine Stromfassungseinrichtung **212**, die ein Widerstand  $R_s$  (213) sein kann, einen Messstromeingang **214** von der Stromfassungseinrichtung **212** zum Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215**, der einen Mikrokontroller sein kann, und einen systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromregler **216**. Jeder programmierbare Spannungs- und Stromregler **217** des Batterieaufladesystems **211** der vorliegenden Erfindung kann Steuerung 1-Spannungseingänge **218**, Steuerung 2-Spannungseingänge **219** und Spannungsbezugseingänge  $V_{cc}$  (220) aufweisen, die durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** hergeleitet sein können.

[0064] Das Batterieaufladesystem **211** der vorliegenden Erfindung regelt eine Spannung, die an jede der Batterien **B1** (222) angelegt ist, und regelt, formt und nimmt einen Nebenschluss vor von einem Strom, der jeder der Batterien **B1** (222) bei geeigneten Spannungen über die Verwendung der programmier-

baren Spannungs- und Stromregler **217** zugeführt wird, während sie in Reihe geschaltet sind und ohne die Batterien B1 **(222)** von dem Batterieaufladesystem **211** zu trennen.

[0065] Das Batterieaufladesystem **211** kann eine Mehrzahl von Lade-Endspannungen aufweisen, die in die Steuerung 1-Spannungseingänge **218**, die Steuerung 2-Spannungseingänge **219** und die Spannungsbezugseingänge  $V_{cc}$  **(220)** eingegeben werden können, abhängig von der Anzahl von Plateaus, die ausgewählt werden, um geregelt zu werden, und den Typen der Batterien B1 **(222)**, die aufzuladen sind. Die Batterien B1 **(222)** können dieselben und/oder unterschiedliche Typen von Batterien mit denselben und/oder unterschiedlichen Eigenschaften sein. Die Batterien B1 **(222)** können folglich dieselben und/oder unterschiedliche elektrische Eigenschaften, chemische Eigenschaften und/oder physikalische Eigenschaften aufweisen. Das Batterieaufladesystem **211** kann eine Mehrzahl der aufzuladendenen Batterien B1 **(222)** und eine Mehrzahl der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217** aufweisen.

[0066] Ein Zeitgeber-gesteuerter Schalter S1 **(225)**, der durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** gesteuert sein kann, befindet sich in Reihe mit einer Stromquelle  $I_c$  **(226)**, einer Mehrzahl der Batterien B1 **(222)**, die in Reihe geschaltet sind, und einer Mehrzahl der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217**, die in Reihe geschaltet sind. Jeder respektive von den programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** über einer respektiven der Batterien B1 **(222)** regelt eine Spannung, die an jede der respektiven der Batterien B1 **(222)** angelegt ist, und einen Strom, der jeder von diesen zugeführt wird. Jeder von den programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** kann einzeln programmiert werden, um die verschiedensten Aufladeverfahren und -prozesse zu akzeptieren.

[0067] Die Stromerfassungseinrichtung **212**, die mit den Batterien B1 **(222)** in Reihe ist, erfasst einen Messstrom  $I_s$  **(228)**, der durch die Batterien B1 **(222)** fließt, die in Reihe geschaltet sind. Eine Messspannung  $V_s$  **(227)**, die über der Stromerfassungseinrichtung **212** erzeugt wird, die der Widerstand  $R_s$  **(213)** sein kann, wird als Messstromeingang **214** von der Stromerfassungseinrichtung **212** zum Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** übermittelt, der ein Mikrokontroller sein kann. Der Messstrom  $I_s$  **(228)** ist ein Maß des Stroms, der von der Stromquelle  $I_c$  **(226)** durch die Batterien B1 **(222)** fließt. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** kann den Messstromeingang **214** verwenden, um den Ladezustand und andere Batterieeigenschaften der Batterien B1 **(222)** zu bestimmen und um einen Betrieb des Batterieaufladesystems **211** zu steuern.

[0068] Wenn sich die Batterien B1 **(222)** einer vollen Aufladung nähern, wird ein Strom durch den systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromregler **216** nebengeschlossen und weg von den Batterien B1 **(222)**, wodurch weiter die Möglichkeit eines Überla-

dens der Batterien B1 **(222)** minimiert wird.

[0069] **Fig. 5** stellt einen typischen von dem programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217** dar, obwohl andere geeignete programmierbare Spannungs- und Stromregler verwendet werden können. Der programmierbare Spannungs- und Stromregler **217** weist eine Mehrzahl der Lade-Endspannungs-Eingänge, die als der Steuerung 1-Spannungseingang **218**, der Steuerung 2-Spannungseingang **219**, der Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  **(220)** dargestellt sind, und Optokoppler auf. Optokoppler U60 **(236)** und U62 **(238)** sind in **Fig. 5** dargestellt. Die Anzahl von Lade-Endspannungen kann erhöht werden, indem einfach zusätzliche Optokoppler, begleitende Widerstände und Potentiometer hinzugefügt werden und der programmierbare Spannungs- und Stromregler **217** entsprechend kalibriert wird. Die Anzahl von Lade-Endspannungen von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** ist einer mehr als die Anzahl von Optokopplern, die in jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** verwendet werden.

[0070] Der Strom, der von einer Spannungsdifferenz zwischen der Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang **218** und dem Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  **(219)** entsteht, fließt durch einen Begrenzungswiderstand R5 **(240)**, was den Optokoppler U60 **(236)** aktiviert und dazu führt, dass ein Potentiometerwiderstand R3 **(242)** mit einem oberen Teil **244** eines Potentiometerwiderstands R2 **(246)** parallelgeschaltet ist. Der Potentiometerwiderstand R3 **(242)** weist einen großen Widerstand auf, verglichen mit dem Widerstand des oberen Teils **244** des Widerstands R2 **(246)**. Der Wirkwiderstand, der mit einer einstellbaren Bandabstandspannungsbezugsdiode U1 **(260)** verbunden ist, ist verringert, wodurch ein Offset an einer Zener-Bezugsspannung  $V_{REF}$  **(262)** der einstellbaren Bandabstandspannungsbezugsdiode U1 **(260)** geliefert wird. Desgleichen fließt ein Strom, der von einer Spannungsdifferenz zwischen der Spannung am Steuerung 2-Spannungseingang **219** und dem Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  **(219)** herührt, durch einen Begrenzungswiderstand R6 **(264)**, was den Optokoppler U62 **(238)** aktiviert und dazu führt, dass ein Potentiometerwiderstand R4 **(276)** zum unteren Teil **244** des Potentiometerwiderstands R2 **(246)** parallelgeschaltet ist. Der Potentiometerwiderstand R4 **(276)** weist einen großen Widerstand auf, verglichen mit dem Widerstand des unteren Teils **244** des Widerstands R2 **(246)**. Der Wirkwiderstand, der mit der einstellbaren Bandabstandspannungsbezugsdiode U1 **(260)** verbunden ist, ist verringert, wodurch ein Offset an die Zener-Bezugsspannung  $V_{REF}$  **(262)** der einstellbaren Bandabstandspannungsbezugsdiode U1 **(260)** geliefert wird. Als Folge können, abhängig von dem Wert der Spannungen am Steuerung 1-Spannungseingang **218** und dem Steuerung 2-Eingang **219**, drei Lade-Endspannungen im Batterieaufladesystem **211** verwendet werden.

[0071] Die Lade-Endspannungen können program-

miert sein, 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 211. Die Lade-Endspannungen können z.B. gesetzt werden auf: die Spannung V1 (210) zwischen dem ersten Plateau 204 und dem zweiten Plateau 206 des Aufladeprofils 202, die Spannung V2 (208) im Wesentlichen beim zweiten Plateau, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve 207 des Aufladeprofils 202, und/oder die Spannung V3 (209) etwas über dem zweiten Plateau typischerweise an der scharfen Krümmung der steil ansteigenden Kurve 207 des Aufladeprofils 202. Die Spannungen an den Steuerung 1-Spannungseingängen 218 und die Spannungen an den Steuerung 2-Spannungseingängen 219 von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 217 des Batterieaufladesystems 211 können alternativ auf unterschiedliche Lade-Endspannungen gesetzt werden, abhängig von den Erfordernissen des Batterieaufladesystems 211 und den Typen der Batterien B1 (222), die aufgeladen werden.

[0072] **Fig. 6** stellt einen typischen systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromregler 216 dar, obwohl ein anderer geeigneter programmierbarer Spannungs- und Stromregler verwendet werden kann. Der systemprogrammierbare Spannungs- und Stromregler 216 weist einen Widerstand R11 (280), ein Potentiometer R21 (282), einen Transistor Q11 (284) und eine einstellbare Bandabstandspannungsbezugsdiode U11 (286) auf. Ein Strom  $I_{cc}$  288 wird durch den systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromregler 216 nebengeschlossen und weg von den Batterien B1 (222), wodurch die Möglichkeit einer Überladung der Batterien B1 (222) minimiert wird. Eine Spannung  $V_E$  (290) ist die Spannung über die Batterien B1 (222) und die Stromerfassungseinrichtung 212, die in Reihe geschaltet sind.

[0073] Der programmierbare Spannungs- und Stromregler 217, der in **Fig. 5** dargestellt ist, und der systemprogrammierbare Spannungs- und Stromregler 216, der in **Fig. 6** dargestellt ist, sind in der mitanhängigen Anmeldung mit dem Titel "Battery Charging System" von den Erfindern Michael Cheiky und Te-Chien Felix Yang, Serial-Nummer ist zu bestimmen, eingereicht am Dezember 2001, offenbart, obwohl andere geeignete Spannungs- und Stromregler verwendet werden können, und werden hierin nachstehend kurz zusammengefasst, was ein Verstehen von verschiedenen Lehren der vorliegenden Erfindung unterstützt.

[0074] Zusätzlich zu den obigen empirischen Beobachtungen und Lehren der vorliegenden Erfindung kann ein Batterieaufladen weiter verbessert werden: durch Nebenschließen eines Stroms weg von den Batterien B1 (222), wenn die Batterien B1 (222) voll aufgeladen werden, so dass die Spannung  $V_E$  (290) als  $V_E <= \mu * V3 + \eta * (Ic)_{max} * R_S$  definiert ist, wobei  $\mu$  die

Anzahl der Batterien B1 (222) ist, die geladen werden,  $(Ic)_{max}$  der Aufladestrom ist, wenn die Batterien B1 (222) ganz leer sind,  $R_S$  der Wert des Widerstands  $R_S$  (213) ist und  $\eta$  ein empirisch bestimmter Wert zwischen  $0,50 < \eta < 0,70$  ist.

[0075] Bevor sich die Batterien B1 (222) einer vollen Aufladung annähern, ist die Messspannung  $V_S$  (227) über dem Widerstand  $R_S$  (213) im Wesentlichen das Produkt des Quellenstroms von der Stromquelle  $I_c$  (226), d.h.  $V_S = I_c * R_S$ .

[0076] Indem man nun wieder auf die **Fig. 4-6** Bezug nimmt, beschränkt jeder von den programmierbaren Spannungs- und Stromreglern 217 die Spannungen oder Lade-Endspannungen, auf die jede der respektiven Batterien B1 (222) aufgeladen werden kann, und wenn sich die Batterien B1 (222) einer vollen Aufladung annähern, wird ein Strom durch den systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromregler 216 nebengeschlossen und weg von den Batterien B1 (222), wodurch weiter die Möglichkeit eines Überladens der Batterien B1 (222) minimiert wird.

[0077] Die Spannungen oder Lade-Endspannungen, auf die die programmierbaren Spannungs- und Stromregler typischerweise gesetzt werden, sind in **Fig. 2** dargestellt.

[0078] Die Spannung V1 (210) kann z.B. die Spannung zwischen dem ersten Plateau 204 und dem zweiten Plateau 206 des Aufladeprofils 202 sein. Für Silber-Zink-Batterien ist die Spannung V1 (210) typischerweise im Bereich von 1,86 bis 1,90 Volt und ist vorzugsweise 1,87 Volt. Für Silber-Cadmium-Batterien ist die Spannung V1 (210) typischerweise im Bereich von 1,41 bis 1,43 Volt, aber andere geeignete Werte können verwendet werden.

[0079] Die Spannung V2 (208) kann z.B. eine Spannung im Wesentlichen beim zweiten Plateau sein, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve 207 des Aufladeprofils 202. Für Silber-Zink-Batterien ist die Spannung V2 (208) im Bereich von 1,95 bis 2,03 Volt und ist vorzugsweise 1,97 bis 1,98 Volt, jedoch können andere geeignete Werte verwendet werden. Für Silber-Cadmium-Batterien kann die Spannung V2 (208) im Bereich von 1,45 bis 1,55 Volt und vorzugsweise 1,50 Volt sein, obwohl andere geeignete Werte verwendet werden können.

[0080] Die Spannung V3 (209) kann z.B. eine Spannung etwas über dem zweiten Plateau sein, typischerweise an der scharfen Krümmung der steil ansteigenden Kurve 207 des Aufladeprofils 202. Für Silber-Zink-Batterien ist die Spannung V3 (209) im Bereich von 2,03 bis 2,10 Volt und ist vorzugsweise 2,08 Volt, jedoch können andere geeignete Werte verwendet werden. Für Silber-Cadmium-Batterien kann die Spannung V3 (209) im Bereich von 1,55 bis 1,65 Volt sein, obwohl andere geeignete Werte verwendet werden können.

[0081] **Fig. 7** stellt Schritte eines Verfahrens 400 zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler 217 der **Fig. 4** und 5 zur Verwendung mit drei Lade-Endspannungen dar,

d.h. Kalibrieren der Steuerung 1-Spannungseingänge **218**, der Steuerung 2-Spannungseingänge **219** und der Spannungsbezugseingänge  $V_{cc}$  (**220**).

[0082] Das Verfahren 400 zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217** beginnt bei Schritt **401**. Es wird ermöglicht, dass Strom ohne die Batterie B1 (**222**) im Batterieaufladesystem **211** fließt, indem der Zeitgeber-gesteuerte Schalter S1 (**225**) auf 'ein' gesetzt wird (Schritt **402**); die Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang (**218**) wird dann z.B. auf die Spannung  $V_{cc}$  gesetzt (Schritt **403**); der Steuerung 2-Spannungseingang (**219**) wird dann z.B. auf Erde gesetzt (Schritt **404**); das Potentiometer R2 (**246**) wird dann eingestellt, um eine Mittelpunkt-Lade-Endspannung darüber zu erzielen, wo die Batterie B1 (**222**) anzuschließen ist (Schritt **405**); die Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang (**218**) wird dann wieder auf die Spannung  $V_{cc}$  gesetzt (Schritt **406**); der Steuerung 2-Spannungseingang (**219**) wird dann wieder auf Erde gesetzt (Schritt **407**); der Potentiometerwiderstand R3 (**242**) wird dann eingestellt, um eine niedrige Lade-Endspannung darüber zu erzielen, wo die Batterie B1 (**222**) angeschlossen wird (Schritt **408**); die Spannung am Steuerung 1-Spannungseingang (**218**) wird dann noch einmal auf die Spannung  $V_{cc}$  gesetzt (Schritt **409**); der Steuerung 2-Spannungseingang (**219**) wird dann noch einmal auf Erde gesetzt (Schritt **410**); der Potentiometerwiderstand R4 (**276**) wird dann eingestellt, um eine hohe Lade-Endspannung darüber zu erzielen, wo die Batterie B1 (**222**) angeschlossen wird (Schritt **411**). Das Verfahren zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217** endet bei Schritt **412**, wonach die Batterie B11 (**272**) an einen respektiven der Spannungs- und Stromregler **217** angeschlossen werden kann.

[0083] 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.

[0084] Der systemprogrammierbare Spannungs- und Stromregler **216** kann kalibriert werden, indem die Stromquelle  $I_c$  (**226**) ausgeschaltet wird, indem der Zeitgeber-gesteuerte Schalter S1 (**225**) geöffnet wird, der systemprogrammierbare Spannungs- und Stromregler **216** von dem Batterieaufladesystem **211** getrennt wird, der Strom  $I_{cc}$  (**288**) dem systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromregler **216** zugeführt wird und der Widerstand R11 (**280**) eingestellt wird, um die Spannung  $V_E$  (**290**) am Ausgang des systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromreglers **216** zu erzielen. Der systemprogrammierbare Spannungs- und Stromregler **216** wird dann an das Batterieaufladesystem **211** nach Beendigung einer

Kalibrierung des systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromreglers **216** wieder angeschlossen. [0085] Die Batterien B1 (**222**) können entsprechend den Schritten, die später skizziert werden und in den **Fig. 1, 2 und 8** dargestellt sind, aufgeladen werden: sobald das Verfahren 400 zum Kalibrieren von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217** von **Fig. 7**, d.h. Kalibrieren der Steuerung 1-Spannungseingänge (**218**), der Steuerung 2-Spannungseingänge (**219**), der Spannungsbezugseingänge  $V_{cc}$  (**220**) von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217** beendet ist, und eine Kalibrierung des systemprogrammierbaren Spannungs- und Stromreglers **216** beendet ist, wie vorstehend beschrieben.

[0086] Nun, wieder ist, wie in **Fig. 3** dargestellt, der Zeitgeber-gesteuerte Schalter S1 (**225**), der durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** gesteuert werden kann, in Reihe mit: der Stromquelle  $I_c$  (**226**), einer Mehrzahl der Batterien B1 (**222**), die in Reihe geschaltet sind, und einer Mehrzahl der programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217**, die in Reihe geschaltet sind. Jeder respektive von den programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** über einer respektiven der Batterien B1 (**222**) regelt eine Spannung, die an jede der respektiven der Batterien B1 (**222**) angelegt ist, und einen Strom, der zu jeder davon zugeführt wird. Jeder von den programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** kann einzeln programmiert sein, um die verschiedensten Aufladeverfahren und -prozesse zu akzeptieren. Es sollte folglich ersichtlich sein, dass jede der Batterien B1 (**222**) dieselbe und/oder unterschiedlich sein kann, d.h. die Batterien B1 (**222**) 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.

[0087] Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215**, der ein Mikrokontroller sein kann, kann verwendet werden, um die Zeit zu verfolgen, die mit Laden der Batterien B1 (**222**) verbunden ist, den Zeitgeber-gesteuerten Schalter S1 (**225**) zu steuern und die Lade-Endspannungen und den Spannungsbezugseingang  $V_{cc}$  (**219**) zu steuern, die an die programmierbaren Spannungs- und Stromregler **217** angelegt werden.

[0088] Das Batterieaufladesystem **211** der vorliegenden Erfindung kann Schritte eines Prozesses zum Aufladen mindestens einer Batterie ausführen. Die **Fig. 1, 2 und 8** stellen Schritte des Verfahrens zum Aufladen der Batterien **100** und Schritte des Verfahrens zum Aufladen der Batterien **110** der vorliegenden Erfindung dar, wenn das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **110** auf das Batterieaufladesystem **211** oder andere geeignete Batterieaufladesysteme angewandt werden. Gewisse von den Schritten

des Verfahrens zum Aufladen der Batterien **100** werden in **Fig. 8** in Einzelheiten oder in kleinere Schritte zerlegt, die in die Schritte des Verfahrens zum Aufladen der Batterien **100** und/oder die Schritte des Verfahrens zum Aufladen der Batterien **100** inkorporiert werden können. Die ersten drei Bezugssymbole der Schritte, die in **Fig. 8** dargestellt sind, sind mit den Schritten mit denselben Bezugssymbolen in **Fig. 1** verbunden.

[0089] Nun, das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** startet wieder bei Schritt **101**. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** wird bei Schritt **101-1** eingeschaltet, nachdem jeder von den programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** kalibriert ist und der systemprogrammierbare Spannungs- und Stromregler **216** kalibriert ist, wie zuvor beschrieben. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** wird bei Schritt **101-2** initialisiert. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** setzt die Steuerung 1-Spannungseingänge **218** von jedem der programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** auf die erste Lade-Endspannung, die die Spannung **V2** (**208**) ist, die eine Spannung im Wesentlichen beim zweiten Plateau ist, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve **207** des Aufladeprofils **202**, setzt den Spannungsbezugseingang **V<sub>cc</sub>** (**219**) zu den programmierbaren Spannungs- und Stromreglern **217** und startet einen Zeitgeber in dem Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** als Teil des Initialisierungsschritts **101-2**. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** schließt dann bei Schritt **101-3** den Zeitgeber-gesteuerten Schalter **S1** (**225**), was einen Strom startet, der von der Stromquelle **I<sub>c</sub>** (**226**) fließt, und das Batterieaufladesystem **211** startet, wobei die Batterien **B1** (**222**) bei Schritt **101-4** aufgeladen werden. Ein Aufladen wird auf Grundlage der vorerwähnten Lehren der vorliegenden Erfindung bei der ersten Lade-Endspannungs-Spannung **V2** (**208**) gestartet.

[0090] Die Batterien **B1** (**222**) werden bei der ersten Spannung, die im Wesentlichen gleich der Spannung **V2** (**208**) ist, die eine Spannung im Wesentlichen beim zweiten Plateau ist, typischerweise vor der steil ansteigenden Kurve **207** des Aufladeprofils **202**, für die erste Zeitspanne **T1** vom Beginn eines Aufladens, wie  $T1 = \xi * C / Ic$ , wobei  $0,02 < \xi < 0,06$ , aufgeladen, bei Schritt **102**.

[0091] Die Batterien **B1** (**222**) werden dann bei der zweiten Spannung aufgeladen, die im Wesentlichen gleich der Spannung **V3** (**209**) ist, die eine Spannung etwas über dem zweiten Plateau ist, typischerweise an der scharfen Krümmung der steil ansteigenden Kurve **207** des Aufladeprofils **202**, wobei die Zeitspanne **T2** definiert ist als  $T2 = \beta * C / Ic$ , wobei  $3 \times -5 < \beta < 3 \times 10^{-3}$ , bei Schritt **103**. Am Ende der zweiten Zeitspanne werden die Batterien durch den Lade-Endspannungs-Regler und -Zeitgeber **215** bewertet, um einen Ladezustand zu bestimmen, d.h. ob die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**, indem der Wert des Messstromeingangs **214** von der

Stromerfassungseinrichtung **212** bewertet wird, der ein Maß des Stroms ist, der von der Stromquelle **I<sub>c</sub>** (**226**) durch die Batterien **B1** (**222**) fließt. Der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** verwendet den Messstromeingang **214**, um den Ladezustand und andere Batterieeigenschaften der Batterien **B1** (**222**) zu bestimmen und um einen Betrieb des Batterieaufladesystems **211** zu steuern. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der zweiten Zeitspanne nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**, wird die Gesamtaufladezeit durch den Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber **215** bewertet, um zu bestimmen, wenn die Batterien für eine Zeitspanne größer als oder gleich einer dritten Zeitspanne aufgeladen worden sind, bei Schritt **105**. Wenn bestimmt wird, dass die Batterien am Ende der zweiten Zeitspanne im Wesentlichen voll aufgeladen sind, bei Schritt **104**, wird ein Batterieaufladen beendet, und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** endet bei Schritt **106**.

[0092] Wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitspanne nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, bei Schritt **105**, kann ein anderer Aufladezyklus **108**, der die Schritte **102, 103, 104** und **105** aufweist, wiederholt werden, nach Bedarf, bis bei Schritt **105** die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitspanne überschritten hat oder gleich ihr ist, und/oder die Schritte **102, 103** und **104** können wiederholt werden, bis bei Schritt **104** bestimmt ist, dass die Batterien im Wesentlichen voll aufgeladen sind.

[0093] Wenn bei Schritt **105** die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitspanne überschritten hat oder gleich ihr ist, wird ein Batterieaufladen beendet, und das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** endet bei Schritt **106**.

[0094] Die Gesamtaufladezeit  $T_{total} = C/Icc$ , wobei  $C$  die Kapazität der Batterie ist und  $Icc$  der Wert des den Batterien zugeführten Aufladestroms ist, und ist eine Konstante mal der Summe der ersten Zeitspanne  $T1$  und der zweiten Zeitspanne  $T2$ , wobei  $k$  als die Konstante definiert sein kann, die größer als oder gleich 1 ist, so dass die Gesamtzeit  $T_{total} = k(T1+T2)$ .

[0095] Das Verfahren zum Aufladen der Batterien **110** ist im Wesentlichen dasselbe wie das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100**, außer dass die Batterien **B1** (**222**) auf eine dritte Spannung Spannung **V1** (**210**) gesetzt werden, die eine Spannung zwischen dem ersten Plateau **204** und dem zweiten Plateau **206** des Aufladeprofils **202** ist, bevor die Stromquelle im Verfahren zum Aufladen der Batterien **110** abgeschaltet wird, wie in **Fig. 2** dargestellt.

[0096] **Fig. 9** ist ein tatsächliches Batterieaufladeprofil einer typischen Silber-Zink-Batterie bei einem speziellen Ladezustand, das im Wesentlichen voll aufgeladen beginnt, wobei Ergebnisse eines Aufladens mit dem Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** der vorliegenden Erfindung und dem Batterieaufladesystem **211** der vorliegenden Erfindung dargestellt sind.

[0097] Jede der Batterien des Batterieaufladesys-

tems **211** kann folglich einzeln in Reihe aufgeladen werden, ohne dass eine Mehrzahl von Stromquellen verwendet werden müssen, wobei das Verfahren zum Aufladen der Batterien **100** der vorliegenden Erfindung verwendet wird. 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.

[0098] Obwohl die vorliegende Erfindung in beträchtlicher Einzelheit mit Bezug auf gewisse bevorzugte Versionen derselben beschrieben worden ist, sind andere Versionen möglich. Deshalb sollte der Geist und Umfang der angefügten Ansprüche nicht auf die Beschreibung der bevorzugten Versionen, die hierin enthalten sind, begrenzt werden.

## ZUSAMMENFASSUNG

[0099] Batterieaufladeverfahren und -system, wobei das Batterieaufladeverfahren umfasst: Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer; Aufladen der Batterien bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer; Bestimmen eines Ladezustands der Batterien am Ende der zweiten Zeitdauer; wenn die Batterien an dem Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen sind, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die Batterien für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden sind, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der Batterien bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt; wenn die Batterien an dem Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen sind, wird das Batterieaufladen beendet; oder wenn die Gesamtaufladezeit an dem Ende der zweiten Zeitdauer die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist, wird ein Batterieaufladen beendet. Das Batterieaufladesystem umfasst: eine Stromquelle; einen Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber; mindestens eine Batterie; respektive von Spannungs- und Stromreglern, die Spannungen, die an jede der Batterien angelegt sind, und einen Strom, der jeder von den Batterien zugeführt wird, regeln; eine Stromerfassungseinrichtung, die einen Strom, der durch die Batterien fließt, erfasst; und einen System-Spannungs- und Stromregler, der Strom von den Batterien nebenschließt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufladen von mindestens einer Batterie, umfassend die folgenden Schritte:  
Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ers-

ten Spannung für eine erste Zeitdauer;  
Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer;  
Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der zweiten Zeitdauer;  
wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die mindestens eine Batterie für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden ist, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt;  
wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet; oder  
wenn die Gesamtaufladezeit an dem Ende der zweiten Zeitdauer die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist, wird das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine 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.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung im Wesentlichen bei einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung im Wesentlichen bei einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung bei einem zweiten Plateau vor einer steil ansteigenden Kurve eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung etwas über einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung etwas über einem zweiten Plateau an einer scharfen Krümmung einer steil ansteigenden Kurve eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die erste Zeitdauer 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 0,02 und 0,06 ist.

9. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die zweite Zeitdauer im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der ersten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen  $3 \times 10^{-5}$  und  $3 \times 10^{-3}$  ist.

10. Verfahren zum Aufladen von mindestens einer Batterie, umfassend die folgenden Schritte: Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer; Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer; Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der zweiten Zeitdauer; wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die mindestens eine Batterie für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden ist, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt; wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist: Setzen der mindestens einen Batterie auf eine dritte Spannung, wonach das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet wird; oder wenn die Gesamtaufladezeit an dem Ende der zweiten Zeitdauer die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist: Setzen der mindestens einen Batterie auf eine dritte Spannung, wonach das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem eine dritte Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung zwischen einem ersten Plateau und einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist.

12. 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.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber ein Mikrokontroller ist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Schritte des Verfahrens zum Aufladen der mindestens

einen Batterie durch einen Mikrokontroller gesteuert werden.

15. Verfahren zum Aufladen von mindestens einer Batterie, umfassend die folgenden Schritte: Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer; Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer; Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der zweiten Zeitdauer; wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die mindestens eine Batterie für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden ist, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt; wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet; oder wenn die Gesamtaufladezeit an dem Ende der zweiten Zeitdauer die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist, wird das mindestens eine Batterie aufladen beendet; wobei die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung im Wesentlichen bei einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist; wobei die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung etwas über dem zweiten Plateau des Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist; wobei die erste Zeitdauer 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 0,02 und 0,06 ist; wobei die zweite Zeitdauer im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der ersten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen  $3 \times 10^{-5}$  und  $3 \times 10^{-3}$  ist; und wobei 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.

16. Verfahren zum Aufladen von mindestens einer Batterie, umfassend die folgenden Schritte: Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer; Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer;

Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der zweiten Zeitdauer; wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die mindestens eine Batterie für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden ist, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt; wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist: Setzen der mindestens einen Batterie auf eine dritte Spannung, wonach das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet wird; oder wenn die Gesamtaufladezeit an dem Ende der zweiten Zeitdauer die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist: Setzen der mindestens einen Batterie auf eine dritte Spannung, wonach das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet wird; wobei die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung im Wesentlichen bei einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist; wobei die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung etwas über dem zweiten Plateau des Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist; wobei die dritte Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung zwischen dem ersten Plateau und dem zweiten Plateau des Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist; wobei die erste Zeitdauer 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 0,02 und 0,06 ist; wobei die zweite Zeitdauer im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der ersten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen  $3 \times 10^{-5}$  und  $3 \times 10^{-3}$  ist; und wobei 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.

17. Batterieaufladesystem, umfassend:  
eine Stromquelle;  
einen Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber;  
mindestens eine Batterie;  
respektive von Spannungs- und Stromreglern, die Spannungen, die an jede der respektiven der Batterien angelegt sind, und einen Strom, der jeder von den respektiven der Batterien zugeführt wird, regeln;

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; eine Stromerfassungseinrichtung, die einen Strom, der durch die Batterien fließt, erfasst, wobei der erfasste Strom zu dem Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber übermittelt wird; und einen System-Spannungs- und Stromregler, der Strom von den Batterien nebenschließt.

18. Batterieaufladesystem nach Anspruch 17, bei dem das Batterieaufladesystem Schritte eines Prozesses zum Aufladen der mindestens einen Batterie ausführt.

19. Batterieaufladesystem nach Anspruch 17, bei dem der Lade-Endspannungs-Kontroller und -Zeitgeber Schritte des Prozesses zum Aufladen der mindestens einen Batterie steuert.

20. Batterieaufladesystem nach Anspruch 17, bei dem das Batterieaufladesystem Schritte eines Prozesses zum Aufladen der mindestens einen Batterie ausführt, umfassend die folgenden Schritte:  
Aufladen von mindestens einer Batterie bei einer ersten Spannung für eine erste Zeitdauer;  
Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer;  
Bestimmen eines Ladezustands der mindestens einen Batterie am Ende der zweiten Zeitdauer; wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die mindestens eine Batterie für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden ist, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt; wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet; oder wenn die Gesamtaufladezeit an dem Ende der zweiten Zeitdauer die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist, wird das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet; wobei die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung im Wesentlichen bei einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist; wobei die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung etwas über dem zweiten Plateau des Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist; wobei die erste Zeitdauer im Wesentlichen gleich ei-

nem 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 0,02 und 0,06 ist;

wobei die zweite Zeitdauer im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der ersten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen  $3 \times 10^{-5}$  und  $3 \times 10^{-3}$  ist; und

wobei eine 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.

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

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

Aufladen der mindestens einen Batterie bei einer zweiten Spannung für eine zweite Zeitdauer;

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

wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer nicht im Wesentlichen voll aufgeladen ist, wird die Gesamtaufladezeit bewertet, um zu bestimmen, wenn die mindestens eine Batterie für eine Zeitdauer größer als oder gleich einer dritten Zeitdauer aufgeladen worden ist, und wenn die Gesamtaufladezeit die dritte Zeitdauer nicht überschritten hat oder nicht gleich ihr ist, wird ein Aufladen der mindestens einen Batterie bei der ersten Spannung für die erste Zeitdauer und ein Aufladen der Batterien bei der zweiten Spannung für die zweite Zeitdauer wiederholt;

wenn die mindestens eine Batterie an dem Ende der zweiten Zeitdauer im Wesentlichen voll aufgeladen ist: Setzen der mindestens einen Batterie auf eine dritte Spannung, wonach das Aufladen der mindestens einen Batterie beendet wird; oder

wenn die Gesamtaufladezeit an dem Ende der zweiten Zeitdauer die dritte Zeitdauer überschritten hat oder gleich ihr ist: Setzen der mindestens einen Batterie auf eine dritte Spannung, wonach das Aufladen der mindestens eine Batterie beendet wird;

wobei die erste Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung im Wesentlichen bei einem zweiten Plateau eines Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist;

wobei die zweite Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung etwas über dem zweiten Plateau des Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist;

wobei die dritte Spannung im Wesentlichen gleich einer Spannung zwischen dem ersten Plateau und dem zweiten Plateau des Aufladeprofils der mindestens einen Batterie ist;

wobei die erste Zeitdauer 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 0,02 und 0,06 ist;

wobei die zweite Zeitdauer im Wesentlichen gleich einem Faktor multipliziert mit der ersten Zeitdauer ist, wobei der Faktor zwischen  $3 \times 10^{-5}$  und  $3 \times 10^{-3}$  ist; und

wobei 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.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

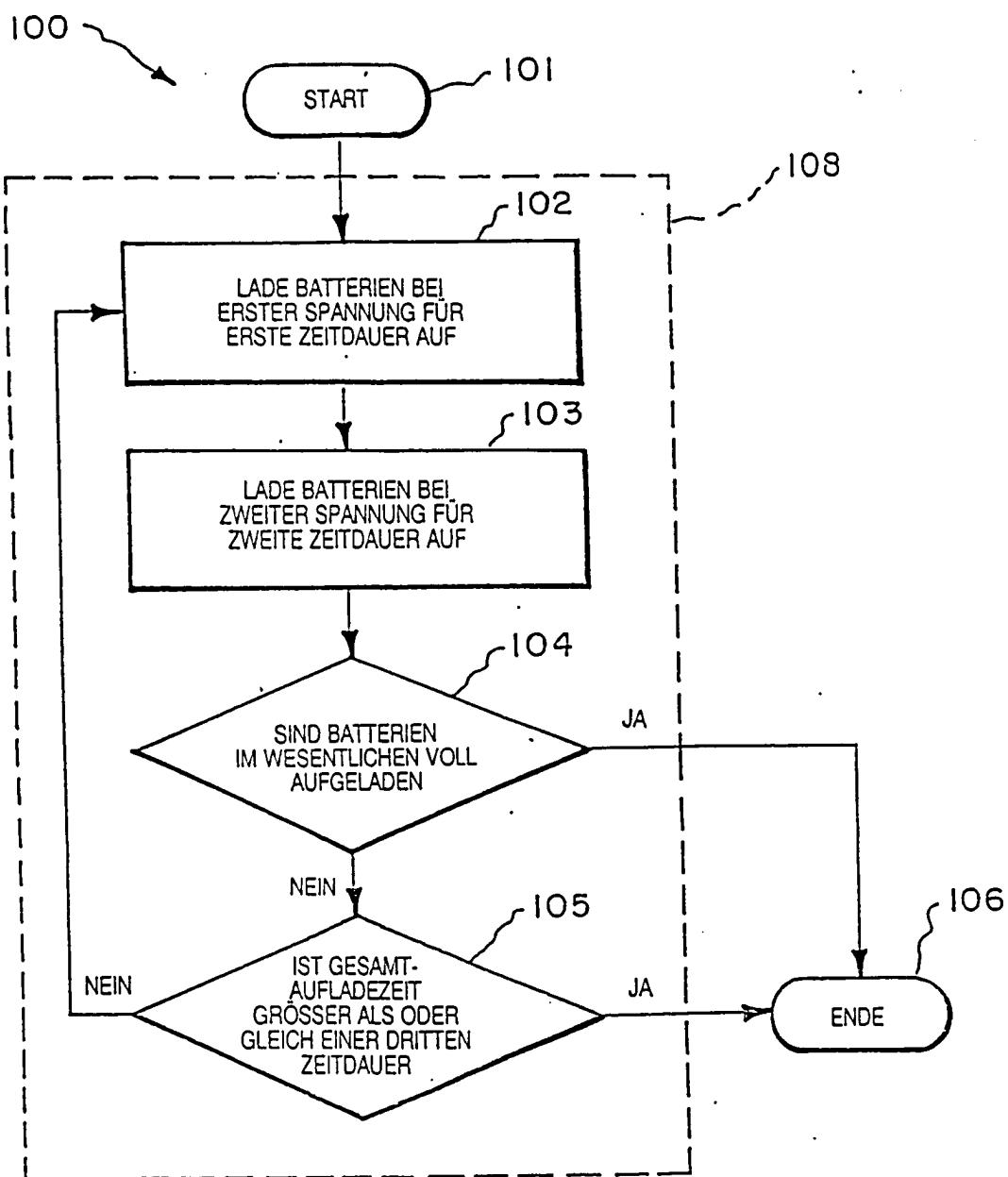


Fig. 1.

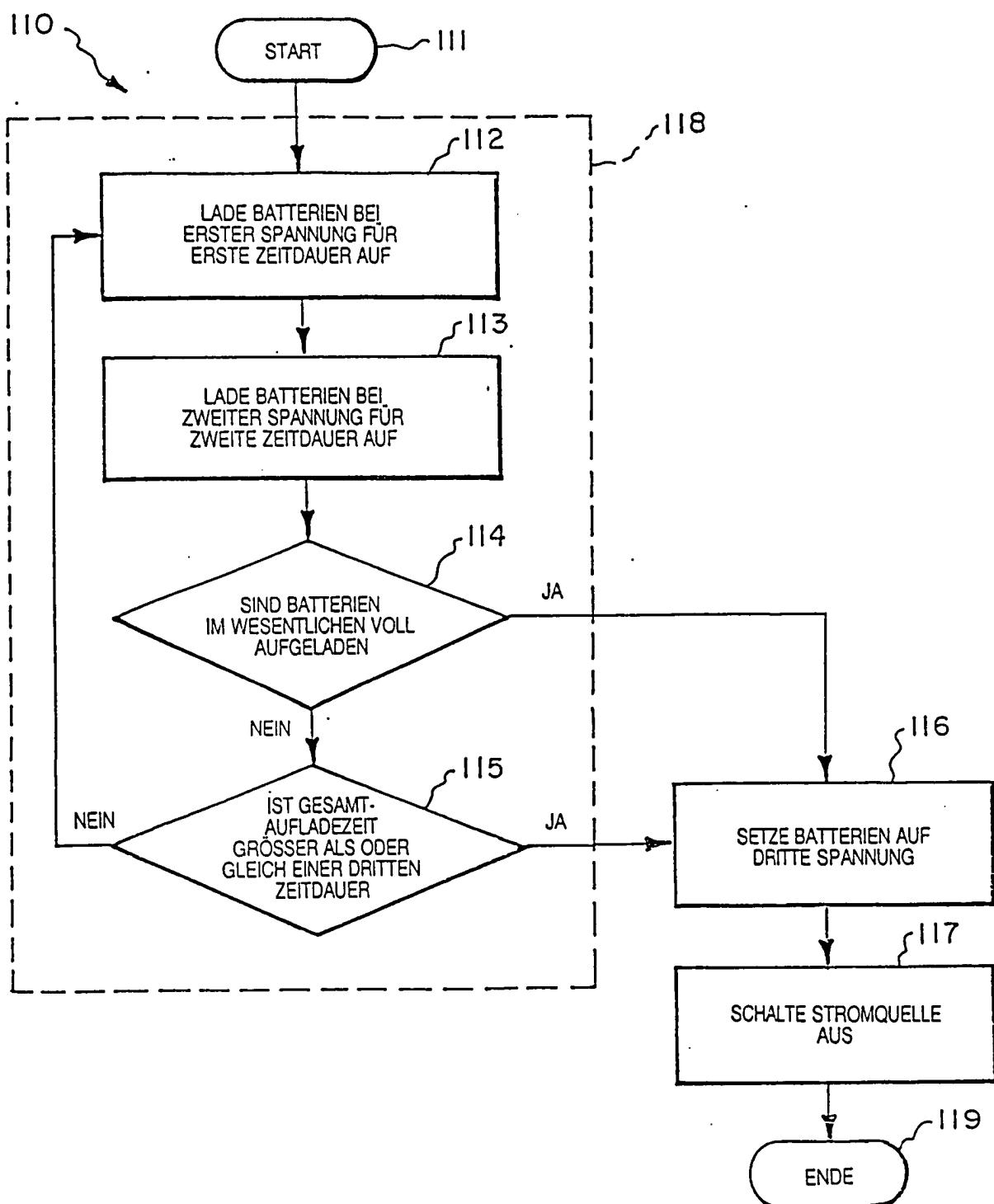


Fig. 2.

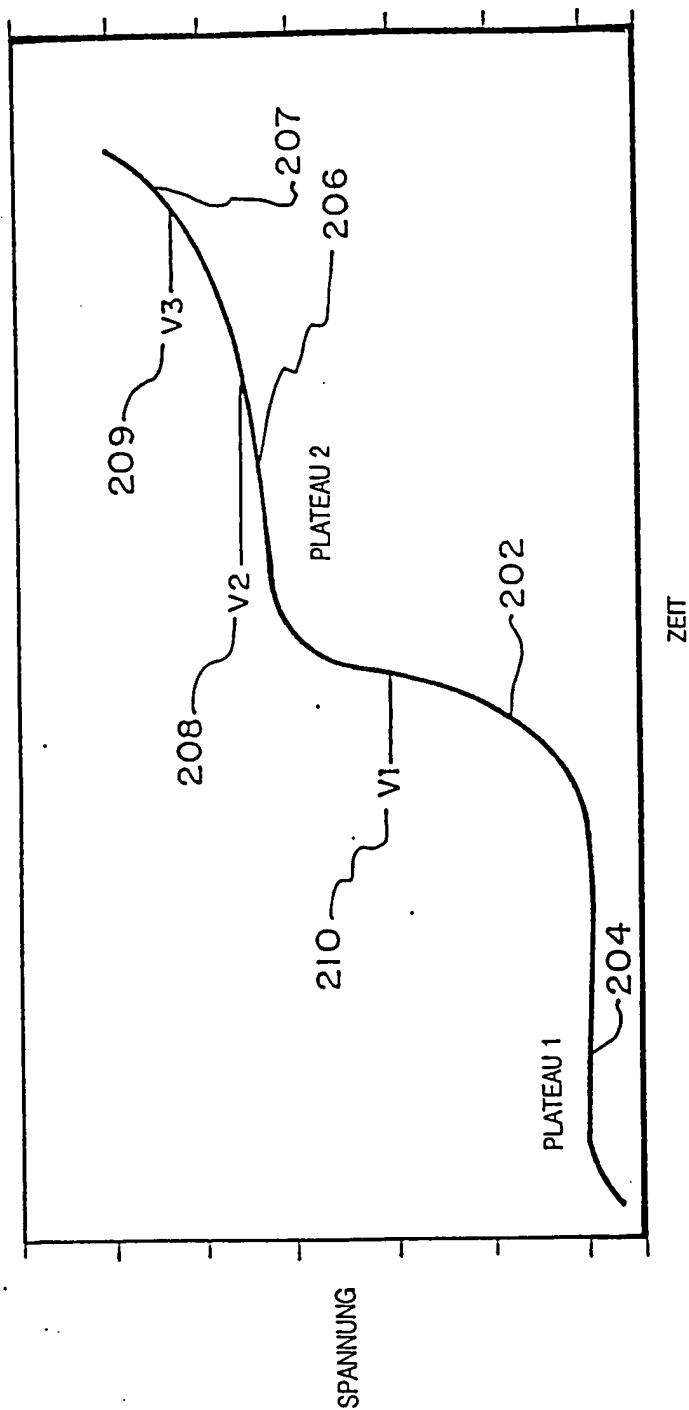


Fig. 3.

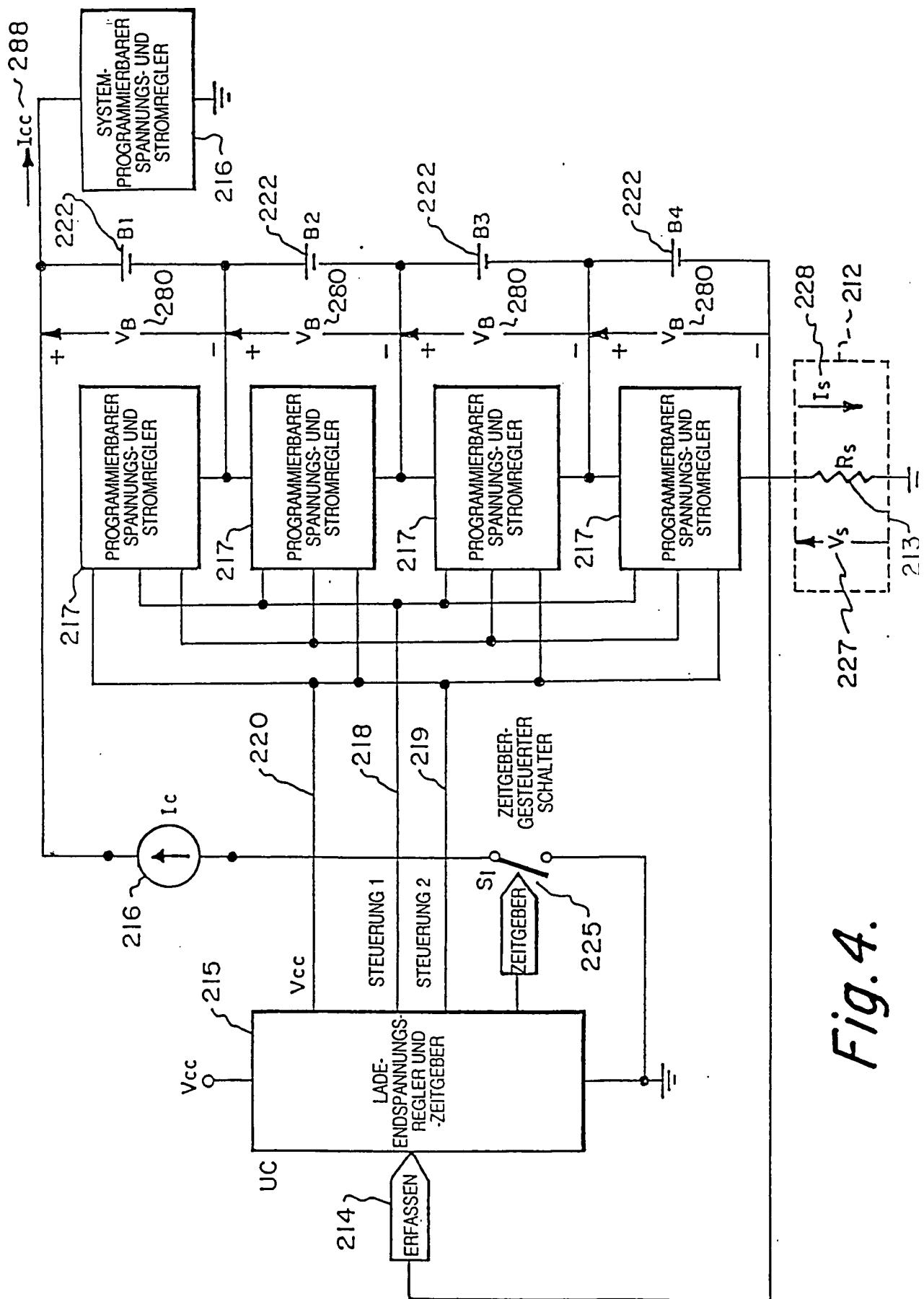


Fig. 4.

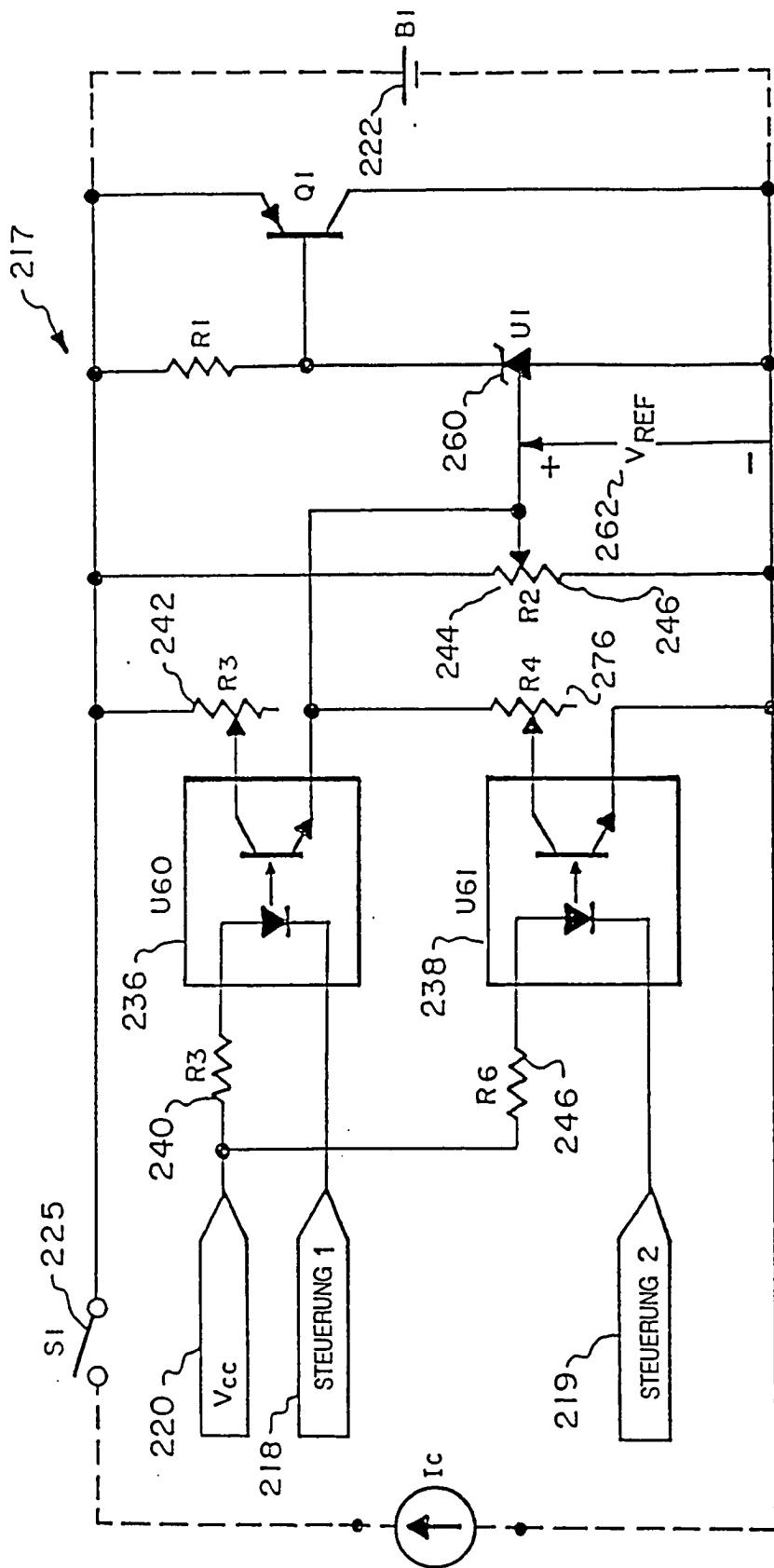


Fig. 5.

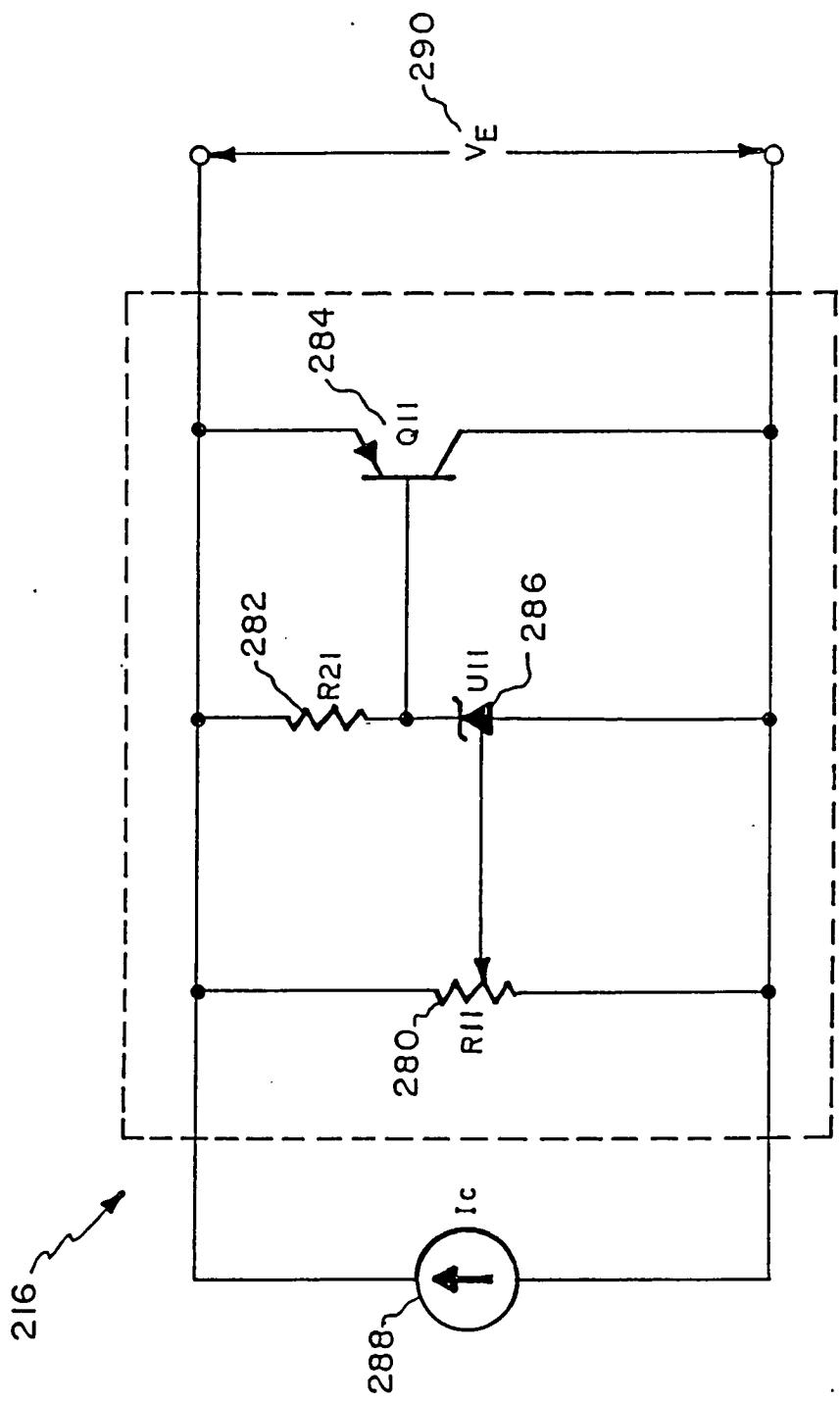


Fig. 6.

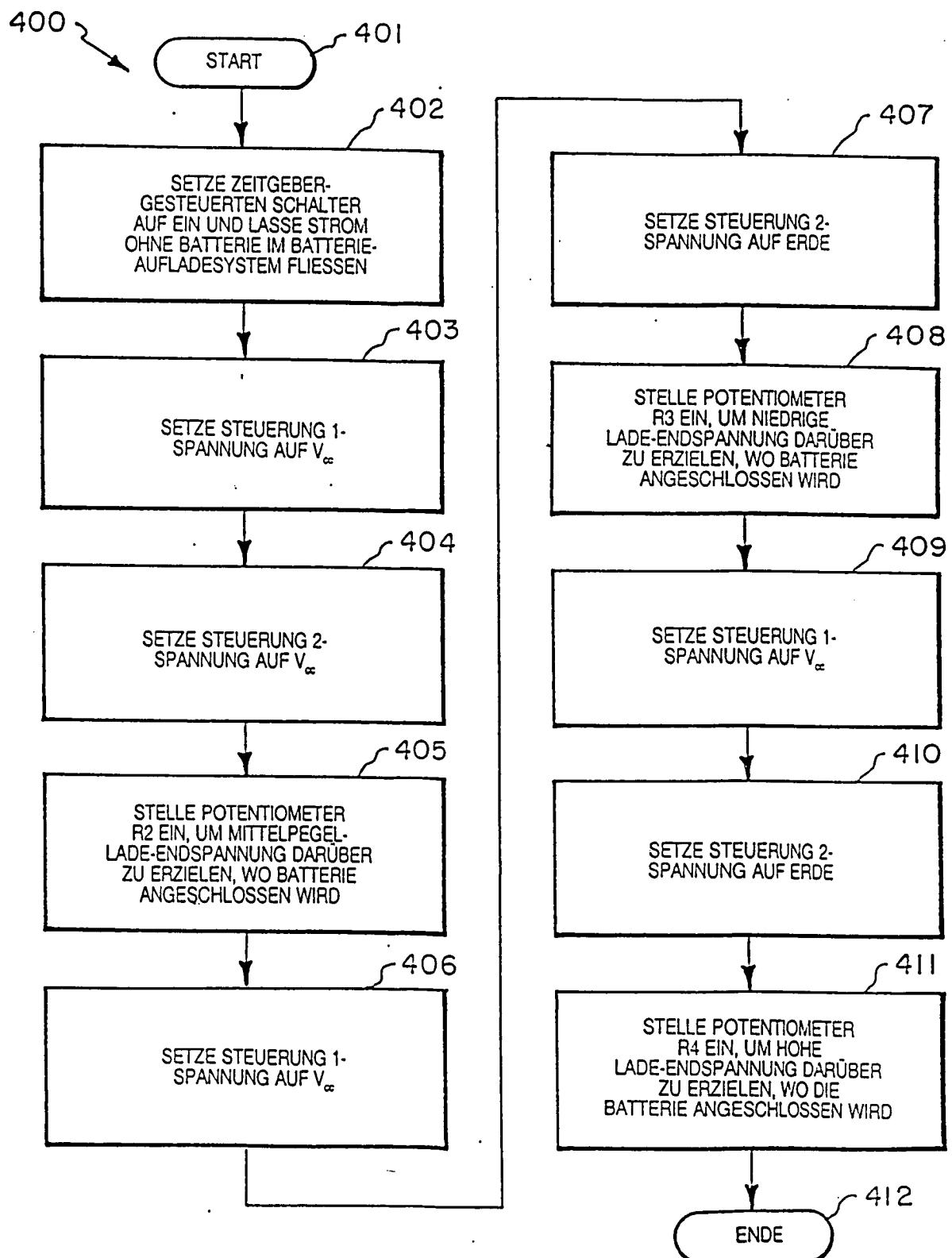
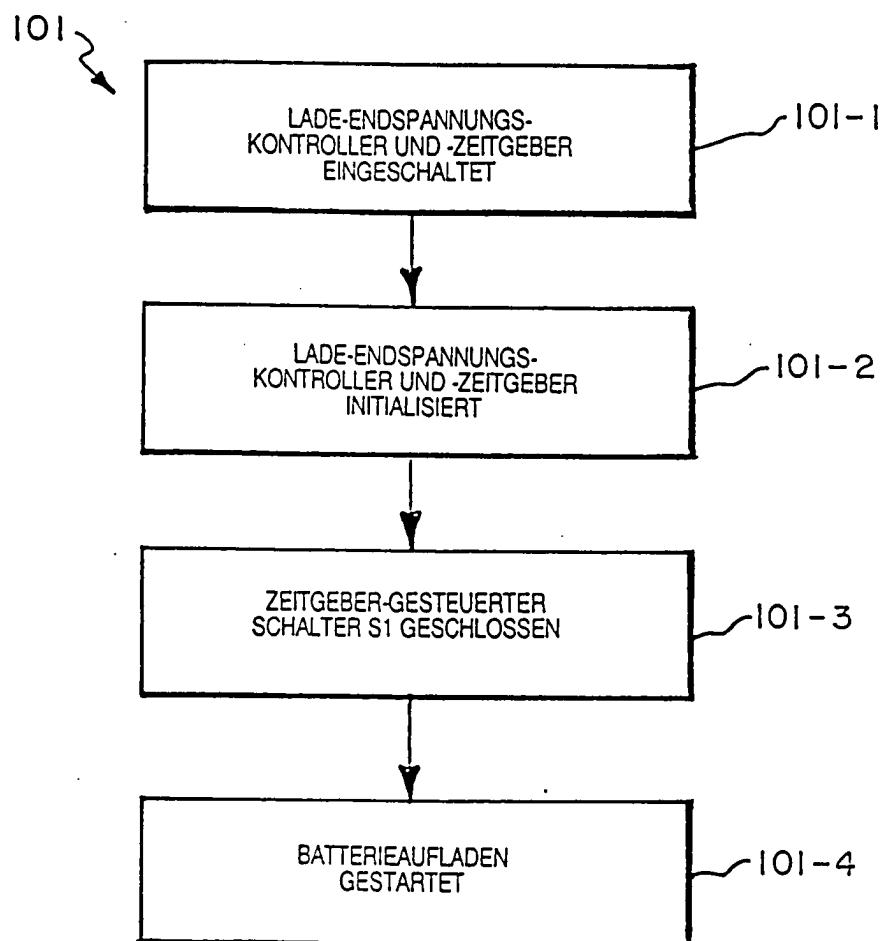


Fig. 7.



*Fig. 8.*

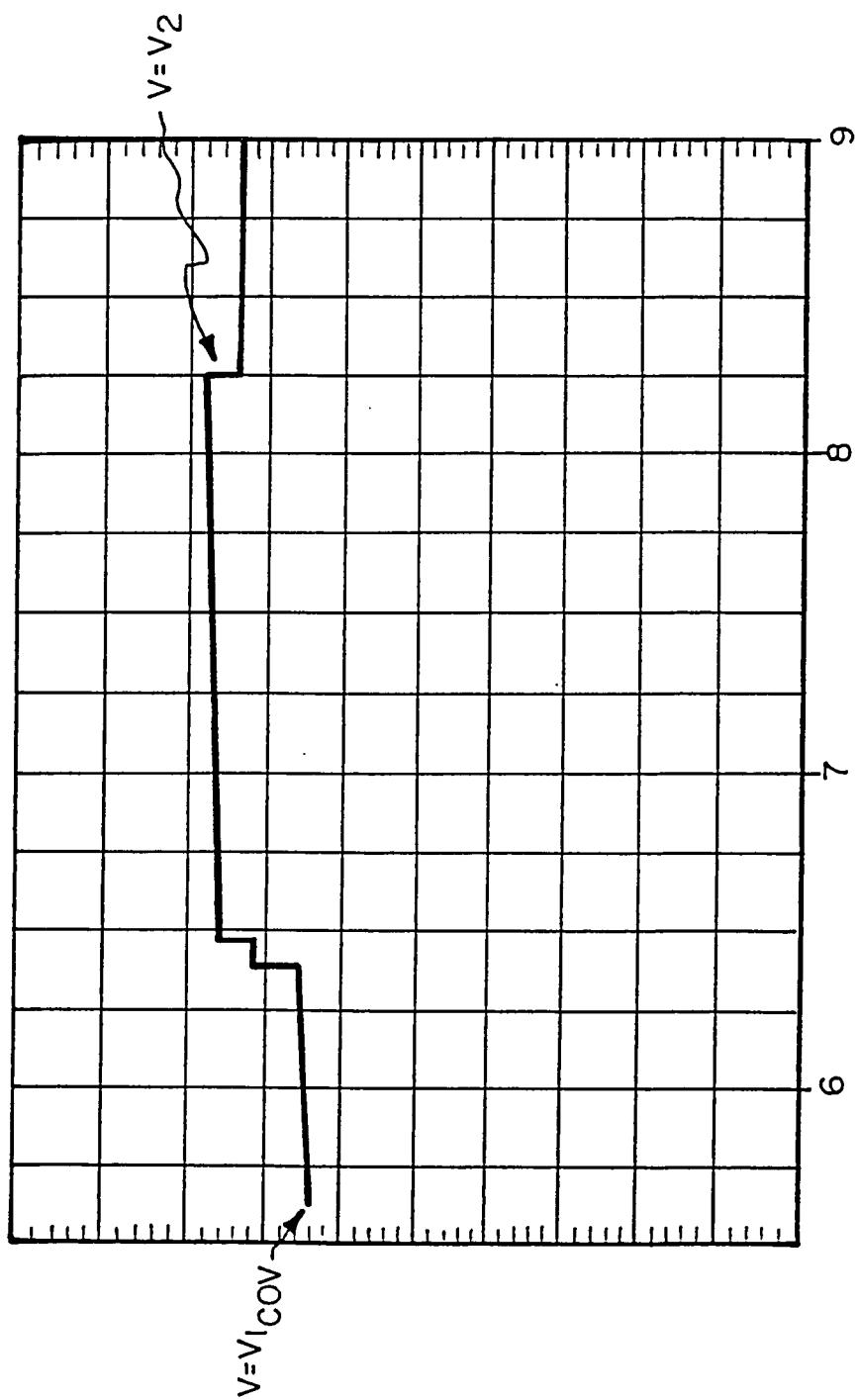


Fig. 9.