Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 87 (1996)

Heft: 15

Artikel: Regenerierung von Alkalibatterien : sie ist ökologisch und ökonomisch sinnvoll

Autor: Zinniker, Rolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902340

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bei den Batterien zur netzunabhängigen Versorgung elektrischer Geräte mit Strom dominieren heute die zum Einmalgebrauch konzipierten Alkalibatterien sowie die wiederaufladbaren Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Zellen. Der vorliegende Artikel zeigt, dass es technisch möglich ist und sowohl ökologisch wie ökonomisch sinnvoll wäre, auch Alkalibatterien mehrmals wieder aufzuladen. Die Geräteherstellter könnten dieser Methode zum Durchbruch verhelfen, indem sie die dazu notwendige einfache Ladeschaltung direkt in die Geräte einbauen würden.

Regenerierung von Alkalibatterien

Sie ist ökologisch und ökonomisch sinnvoll

■ Rolf Zinniker

Schon im dritten Jahrhundert v. Chr. haben die Parther in Mesopotamien (Irak) auf elektrochemischem Weg Strom erzeugt, der zum galvanischen Vergolden von Metallgegenständen diente. Dieses Wissen ging verloren, bis Alessandro Volta im Jahr 1800 die Voltaische Zelle entwickelte, den Vorläufer der heutigen Batterien. Um 1859 konstruierte Gaston Planté das Blei-Säure-Element, das im Prinzip noch heute in der Autobatterie verwendet wird. Damit ist es möglich geworden, nicht nur elektrische Energie chemisch zu erzeugen, sondern den Vorgang auch wieder umzukehren, also elektrische Energie chemisch zu speichern. Die Batterie wurde wiederaufladbar, der Akkumulator war geboren. Der Telegraphieingenieur Georges Lionel Leclanché konnte 1866 die Kohle-Zink-Trockenbatterie patentieren lassen. Er begann auch gleich, diese erstmals einfach verwendbare Batterie in industriellem Massstab zu produzieren. Da dieses System nicht wiederaufladbar ist, stellt das Leclanché-Element auch eines der ersten Wegwerfprodukte der Industriegesellschaft dar. Um die Jahrhundertwende hat Thomas Alva Edison den Nickel-Eisen-(NiFe)-Akkumulator erfunden. Aus diesem wurde der Nickel-Cadmium(NiCd)-Akkumulator entwickelt. Die mit seiner grossen Verbreitung als Batterieersatz in den achtziger Jahren rasch ansteigende Umweltbelastung mit Cadmium macht ihn trotz ausgezeichneter Eigenschaften zunehmend zum Problemkind.

Den Batterie-Massenmarkt dominiert heute die Ende der fünfziger Jahre entwickelte Alkalibatterie als Weiterentwicklung des Leclanché-Elementes. Sie verfügt über eine mehrfach grössere Kapazität und ist in der seit Ende der achtziger Jahre verfügbaren quecksilberfreien Ausführung umweltfreundlich. Ihre beschränkte Wiederaufladbarkeit wurde lange Zeit nicht ausgenützt und sogar bestritten. Bereits in den siebziger Jahren hat aber Karl Kordesch eine für die Wiederaufladung optimierte Alkalibatterie entwickelt. Ihr Erfolg wurde jedoch damals durch die stark aufkommenden NiCd-Akkus verhindert. Erst 1993 hat ihr Siegeszug mit der Einführung der Renewal-Batterien durch Rayovac in den USA begonnen. Indem 1996 die Firma Leclanché aus Yverdon als erster europäischer Hersteller eine eigene, vollständig in der Schweiz entwickelte und hergestellte regenerierbare Alkalibatterie unter dem Namen Boomerang einführt, lebt auch die Genialität des Georges Lionel Leclanché wieder auf.

Akku-Probleme

Fast jeder Anwender ist mit der Leistung von Akkus unzufrieden: die Betriebszeit der Geräte ist mit einer Ladung zu kurz, die Lebensdauer (gemessen in Anzahl Zyklen) zu wenig lang und die Kosten für den häufig notwendigen Ersatz sind zu hoch [1]. Häufigster Grund dafür sind mangelnde Sorgfalt der Geräte-

Adressen des Autors
Dr. *Rolf Zinniker*, Institut für Elektronik, ETH Gloriastrasse 35, 8092 Zürich, und Zirelco AG Niederämterstrasse 72, 4657 Dulliken

hersteller und ungenügende Information der Anwender.

Für allgemeine Anwendungen in Geräten aller Art werden grösstenteils Nickel-Cadmium(NiCd)-, noch seltener Nickel-Metallhydrid(NiMH)-Zellen eingesetzt. Mit beiden kann bei richtiger Behandlung eine Lebensdauer von 1000 Zyklen und mehr erreicht werden. Dadurch wären beide Typen äusserst wirtschaftlich und, richtige Entsorgung vorausgesetzt, ökologisch sinnvoll einzusetzen. Praktisch wird die erwähnte hohe Zyklenzahl jedoch aus verschiedenen Gründen kaum erreicht:

• In den meisten Anwendungen ist die Ausnützung der maximalen Akku-Lebensdauer gar nicht möglich, weil die Benützung zu wenig intensiv oder der Stromverbrauch zu klein ist. Legt man etwa die Werte von NiCd-AA-500-mAh-Zellen zugrunde, müsste ein Taschenradio (Stromverbrauch etwa 10 mA) während 50 000 Stunden (fast sechs Jahre!), ein Walkman (150 mA) 3300 oder ein CD-Player (500 mA) während 1000 Stunden (drei Jahre lang jeden Tag drei Stunden!) betrieben werden. Einzig etwa in einem täglich benützten Mobiltelefon oder Notebook könnte die maximale Lebensdauer effektiv ausgenützt werden.

• Durch falsche Behandlung (nur Teilentladung oder Überladung) sinkt die Betriebsdauer nach wenigen 10 bis 100 Zyklen so weit ab, dass der Anwender die Akkus ersetzt. Der häufigste Grund ist der Memoryeffekt, der bei NiCd-Zellen meistens, bei NiMH-Zellen (entgegen vieler Behauptungen tritt er auch hier auf, allerdings chemisch-physikalisch in anderer Form) immer durch das Fahren einiger voller Zyklen wieder rückgängig gemacht werden könnte. Aus Bequemlichkeit oder als Reaktion auf vermeintlich ungenügende Leistung ersetzt der Anwender Akkus frühzeitig oder verwendet wieder Batterien. Die Erfahrung und Untersuchungen zeigen, dass die mittlere Lebensdauer von NiCd-Standard-Akku-Zellen (Rundzellen in den Batteriegrössen) in der Schweiz nur etwa bei 25, in Deutschland bei 50 Zyklen liegt.

Eine Batterie, die auch nur beschränkt wieder aufgeladen werden kann, wäre für viele heutige Anwendungen von Akkus eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle Alternative.

Alkalibatterien

Die heute am häufigsten verwendete Alkalibatterie ist eine Weiterentwicklung des seit 1866 bekannten Leclanché-Elementes (Kohle-Zink-Batterie) und wurde

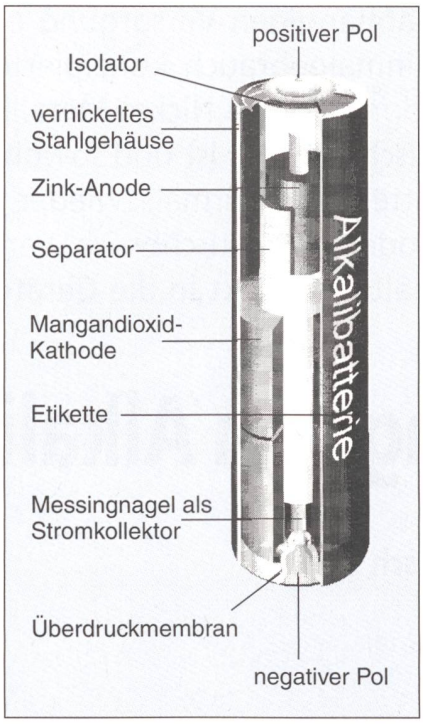


Bild 1 Prinzipieller Aufbau einer Alkalibatterie
Grafik: Andreas Senft

in den sechziger Jahren eingeführt (Bild 1). Ihre Vorteile sind eine hohe Energiedichte (über 300 Wh/l), kleine Selbstentladung (mehrere Jahre lagerfähig) und ein günstiger Preis (1–2 Fr./AA-Zelle). In der heute durchwegs quecksilber- und cadmiumfreien Ausführung enthält sie keine direkt umweltgefährdenden Stoffe mehr. Wegen der unvermeidlichen Schwermetalle muss sie trotzdem speziell entsorgt und rezykliert werden. Dies verursacht Kosten von rund 5000 Franken pro Tonne. Jährlich gelangen etwa 50 Millionen Stück in den Umlauf. Die Rücklaufquote von nur gut 50% ist völlig unbefriedigend (alle Zahlen gelten für die Schweiz). Die Wiederaufladung von Alkalibatterien wäre ökonomisch und ökologisch sinnvoll.

Alle Alkalibatterien können trotz dem Aufdruck «nicht wiederaufladbar» grundsätzlich wieder aufgeladen werden. Da bei ihnen, im Gegensatz zu Akkus, jedoch auch irreversible Hauptreaktionen auftreten, nimmt die Kapazität mit jedem Zyklus unwiederbringlich ab. Je nach Anwendung und Behandlung (keine Tiefentladungen, frühzeitig laden) kann normalen Alkalibatterien mit Wiederaufladung typisch die drei- bis fünffache Anfangskapazität entnommen werden. Da diese jedoch nicht für die Wiederaufladung vorgesehen sind, können zwei unerwünschte Effekte auftreten:

• Zinkkristalle können den Separator durchdringen und interne Feinschlüsse erzeugen. Eine rasche Selbstentladung (innert wenigen Tagen bis Wochen) ist die Folge. Wenn diese bis zur Tiefentladung geht, steigt die Auslaufgefahr durch Korrosion (jede tiefentladene Batterie hat die Tendenz auszulaufen, deshalb die Anweisung, entladene und nicht benützte Batterien sofort aus Geräten zu entfernen).

• Bei der Aufladung können verstärkt Gase gebildet werden (Wasserstoff und Sauerstoff), die nicht mehr vollständig gebunden werden. Dies führt zum Druckanstieg und zum Öffnen der Berstmembran mit anschliessendem Elektrolytaustritt. Eine Explosion der Batterie tritt dagegen nicht auf.

Die Methode zum Wiederaufladen von Alkalibatterien ist sehr einfach: die Spannung darf die Grenze von rund 1,7 V nicht überschreiten (sonst vermehrte Sauerstoffbildung) [2]. Es genügt somit, entweder den Ladeprozess vor Erreichen dieser kritischen Spannung zu beenden oder die Ladespannung auf darunterliegende Werte zu begrenzen. Die Batterie nimmt im zweiten Fall automatisch nur so lange Strom auf, bis sie wirklich vollgeladen ist, im ersten Fall (abschalten) bleibt sie unvollständig geladen. Es gibt praktisch nur zwei brauchbare Ladegeräte für Alkalibatterien auf dem Markt: der High-Tech-Eco-Charger aus China arbeitet mit Abschaltung, der genial einfache Alkalicharger aus Deutschland mit Begrenzung.

Über Sinn oder Unsinn der Wiederaufladung von normalen Alkalibatterien wurde und wird viel geschrieben und gestritten [3, 4]. Häufig erfolgt jedoch die Diskussion unter dem Gesichtspunkt der durchaus legitimen Vertretung eigener Interessen, denn jede wiederaufgeladene Batterie bedeutet, dass eine Batterie weniger verkauft wurde. Wenn ein Anwender sinnvoll ökonomisch und ökologisch handeln wollte, so hatte er bis jetzt in Europa und besonders in der Schweiz gar keine andere Wahl, als normale Alkalibatterien wieder aufzuladen. Nur in den USA sind bereits 1993 speziell für die Wiederaufladung entwickelte Batterien (Renewal von Rayovac nach BTI-RAM-Technologie; BTI: Battery Technologies Inc.; RAM: Rechargeable Alkaline Manganese) mit grossem Erfolg eingeführt worden. Nachdem im April in der Schweiz Leclanché die erste regenerierbare Alkalibatterie, die Boomerang, eingeführt hat, kann auch diese nur empfohlen werden. Sie vermeidet die vorgängig beschriebenen Nachteile bei der Wiederaufladung (Leclanché verwendet sinnvoll den Ausdruck Regeneration) und bringt eine höhere Leistung.

Wiederaufladbare Alkalibatterien

Die Idee der wiederaufladbaren Alkalibatterie entstand in den sechziger Jahren

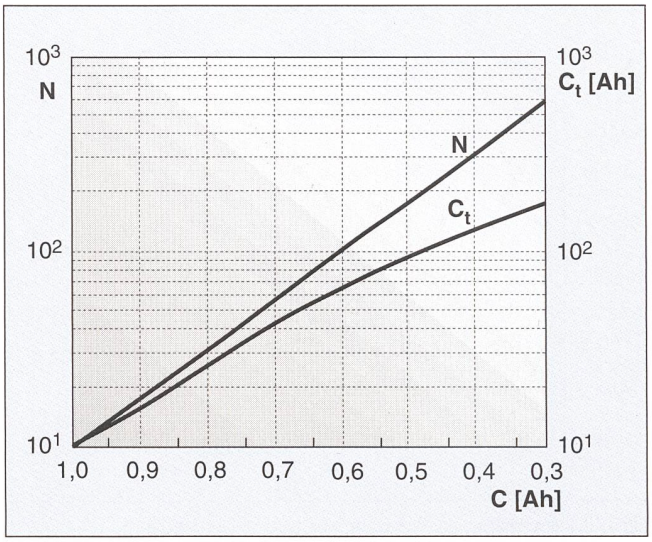
und wurde bis heute unermüdlich von deren Vater, Karl Kordesch, verfochten und weiterentwickelt. Die Unterschiede zur normalen Alkalibatterie sind zwar gering, da aber der Teufel bekanntlich immer im Detail liegt, durchaus entscheidend. Vor allem drei Probleme müssen gelöst werden: die Verhinderung von Feinschlüssen, die Verminderung nicht reversibler Hauptreaktionen und die Bindung von entstehenden Gasen. Das erste ist mit einem verstärkten Separator und speziellen Abdichtungen, der Rest mit Zusätzen und geschickter Dosierung der Materialien lösbar.

Bei der wiederaufladbaren Zelle darf nur das erste Elektron des Mangandioxids entladen werden, sonst wird die Ladefähigkeit stark reduziert. Eine Entladung des zweiten Elektrons kann durch eine Limitierung des Zinks in der Anode verhindert werden [5]. Je stärker diese gewählt wird, um so geringer wird die Anfangskapazität und der dem Zyklieren nachfolgende Kapazitätsverlust. Der Hersteller hat es somit in der Hand, mit einer hohen Anfangskapazität der normalen Batterie oder mit einem geringen Kapazitätsabfall dem Akku möglichst nahezukommen. Leclanché hat mit Boomerang die erste Möglichkeit, Rayovac mit Renewal die zweite gewählt.

Die mit wiederaufladbaren Alkalibatterien erreichbaren Leistungen hängen sehr stark von der Anwendung ab, besonders vom Entladestrom und der Entladetiefe. Da Messungen leicht Wochen bis Monate dauern können, wäre eine Vorhersage sehr nützlich. An der diesjährigen Power Sources Conference zeigte Karl Kordesch eine Zusammenfassung der bisherigen Erfahrungen mit RAM-Batterien nach BTI-Technologie [6]. Bilder 2 und 3 entstammen dieser Quelle.

Bild 3 Einfluss der Entladetiefe auf die Lebensdauer von Alkalibatterien

N maximal erreichbare Anzahl Zyklen
C_t total entnehmbare Kapazität
C Entladekapazität je Zyklus
für AA-Zellen nach BTI-Technologie



Das Bild 2 zeigt die Anfangskapazität C_a (die bei der ersten Entladung einer neuen Batterie maximal entnehmbare Kapazität) in Abhängigkeit des Entladestromes *I* (vollständige Entladung bis 0,8–0,9 V je nach Strom) für AA-Zellen. Die Abnahme der Kapazität mit zunehmendem Strom ist gross: regenerierbare Alkalibatterien sind für Anwendungen mit hohem Stromverbrauch weniger geeignet.

Den Einfluss der Entladetiefe auf die Lebensdauer zeigt das Bild 3. Die maximale Anzahl erreichbarer Zyklen *N* (obere Kurve) steigt stark an, wenn die bei jeder Entladung entnommene Kapazität *C* (x-Achse) beschränkt wird, und die kumulierte entnommene Kapazität C_t (untere Kurve) wird vervielfacht. Die Werte sind vielleicht etwas optimistisch, im Trend jedoch sicher richtig.

Wie oft Alkalibatterien in der Praxis wieder aufgeladen werden, hängt vor allem auch davon ab, bis zu welcher minimalen Kapazität es der Anwender für sich und seine Anwendung noch sinnvoll findet. Tatsächlich kann sich die Kapazität im Bereich von 300 bis 400 mAh bis weit über 100 Zyklen stabilisieren. Ob dies auszunützen sinnvoll ist, hat jeder selbst zu entscheiden.

Eine Schweizer Entwicklung

In der Schweiz wurden 1984 bei Leclanché in Yverdon-les-Bains Forschungsarbeiten zur Entwicklung einer eigenen wiederaufladbaren Alkalibatterie aufgenommen, und 1986 konnte der damalige Forschungsleiter und Batteriepionier Paul Rüetschi eine aufladbare Alkalibatterie zum Patent anmelden. Das ganze Projekt wurde dann allerdings schubladisiert. Dies war damals sicher richtig. Die Konsumenten hätten neben den noch immer als Batterieersatz propagierten, bis zu 1000mal wiederaufladbaren NiCd-Akkus wohl wenig Interesse für eine nur einige 10mal regenerierbare Alkalibatterie gezeigt.

Die grosse Beachtung der Aktivitäten des Autors zur Wiederaufladung von Alkalibatterien in der Öffentlichkeit und der Erfolg von Rayovac mit den wiederverwendbaren Renewal-Batterien in den USA hat 1994 zu einer neuen Lage geführt. Die Schubladen wurden wieder geöffnet und die Entwicklung mit neuem Elan zu Ende geführt – nicht zuletzt auch deshalb, weil mit der vom Autor entwickelten und zum Patent angemeldeten, extrem einfachen und effizienten Ladeschaltung auch ein optimales Ladegerät zur Verfügung stand. Dieses arbeitet mit Spannungsbegrenzung und lädt damit die Batterien optimal.

Im Frühling 1996 konnte schliesslich Leclanché als erster europäischer Batteriehersteller eine eigene regenerierbare Alkalibatterie präsentieren und auf dem schweizerischen Markt einführen: Boome-

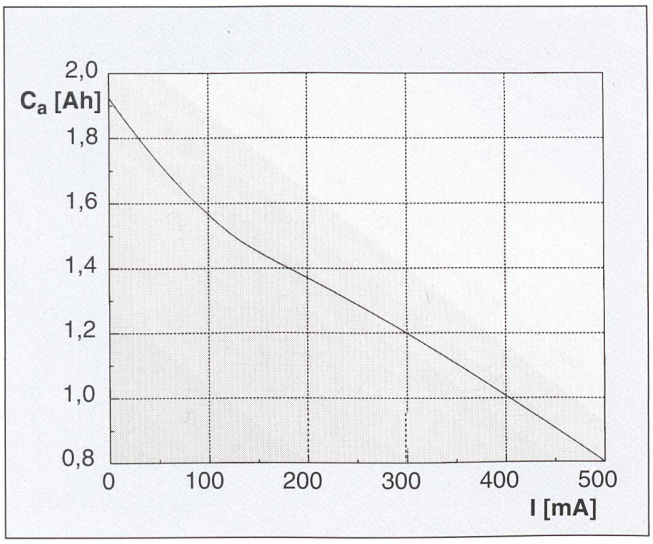


Bild 2 Anfangskapazität in Abhängigkeit des Entladestromes

C_a Anfangskapazität
I Entladestrom
für AA-Zellen nach BTI-Technologie

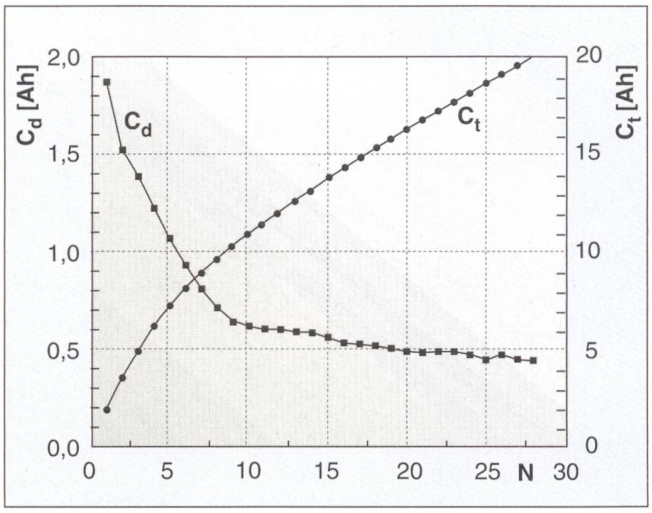


Bild 4 Zyklenverhalten der Boomerang-Batterie von Leclanché

C_d pro Zyklus entnehmbare Kapazität
C_t totale Kapazität
beim Entladen über eine Last von 10 Ohm bis auf 0,9 V und anschliessendem Regenerieren, bis der Ladestrom auf 15 mA abgesunken ist

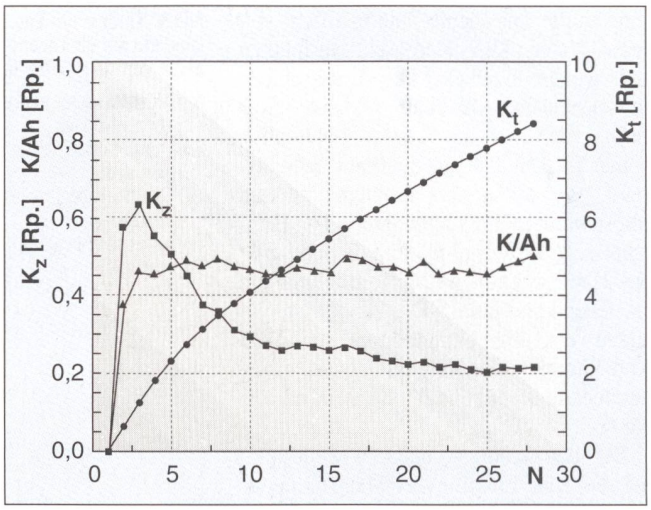


Bild 5 Regenerationskosten

N Zyklusnummer
K_z Kosten pro Zyklus
K_t totale Kosten
K/Ah Kosten pro entladene Amperestunde

rang, die Alkalibatterie, die über 25 Mal verwendet werden kann (Schlagwort: Power that comes back!). Sie wird vorläufig nur in der am weitesten verbreiteten Grösse AA (Mignon) hergestellt. Sie ist als Ersatz für nicht wiederaufladbare Batterien gedacht und deshalb auf eine möglichst grosse Anfangskapazität (vergleichbar mit normalen Alkalibatterien) ausgelegt. Dafür fällt die Kapazität etwas rascher ab. Um den Unterschied zu Akkus, die bei richtiger Behandlung immer wieder auf ungefähr die Anfangskapazität aufgeladen werden können, herauszustreichen, verwendet Leclanché sinnvollerweise den Ausdruck «regenerieren» anstelle von «aufladen», und das Ladegerät wird zum Regenerator.

Die Leistungsfähigkeit der Boomerang-Batterie illustriert das Bild 4. Im Labor wurde eine Batterie an 10 Ohm Last jeweils bis auf 0,9 V entladen und anschliessend im Regenerator wieder voll geladen (bis der Ladestrom von anfänglich ungefähr 65 auf 15 mA abgesunken war). Dargestellt sind die in jedem Zyklus entnommene Kapazität C_d und die fortlaufend summierte totale Kapazität C_t.

Die Anfangskapazität liegt mit knapp 1,9 Ah nur unwesentlich (rund 10%) unter der normalen Alkaline-Professionelle von Leclanché. Nachher ist der Abfall auf das Plateau um 500 mAh relativ steil: bei der 5. Entladung fällt die Kapazität auf das Niveau einer NiMH-Zelle, in der 10. auf jenes einer besseren NiCd-Zelle. Erst im 20. Zyklus wird die normale NiCd-Kapazität (500 mAh) knapp unterschritten. Die totale Kapazität überschreitet im 25. Zyklus mit knapp 19 Ah die zehnfache Anfangskapazität.

Wirtschaftlichkeit der Wiederaufladung von Alkalibatterien

Die bei der Regeneration pro Batterie anfallenden Stromkosten sind im Bild 5 je Zyklus und fortlaufend summiert sowie pro entladene Amperestunde dargestellt (im ersten Zyklus muss gar nicht geladen werden, die Batterien sind neu, Stromkosten daher Null). Angenommen wurde, dass immer ein vollständiger Satz von vier Batterien geladen wird und ein Stromtarif von 20 Rp./kWh zur Anwendung kommt. Der Regenerator benötigt unabhängig von der Anzahl eingelegter Batterien und dem Regenerationszustand konstant ungefähr 3,5 W. Für 25 Zyklen betragen die Stromkosten total für vier Batterien somit etwas über 30 Rappen. Die Kosten für die Regeneration einer entladenen Amperestunde liegen damit ziemlich konstant bei knapp 0,5 Rappen.

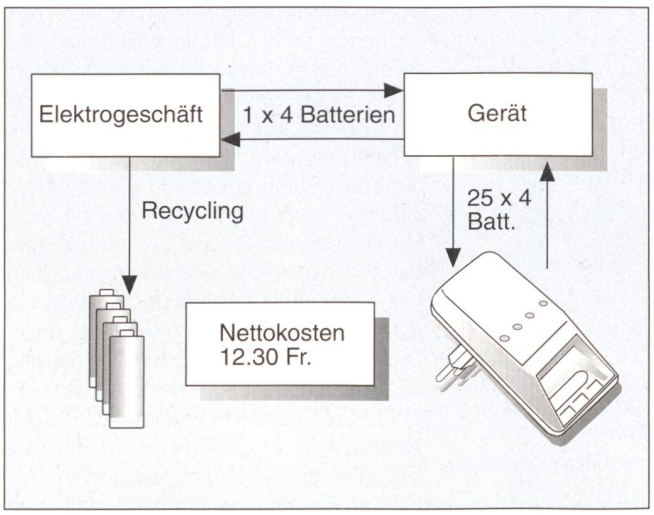


Bild 6 Betriebsaufwand für regenerierbare Boomerang-Alkalibatterien

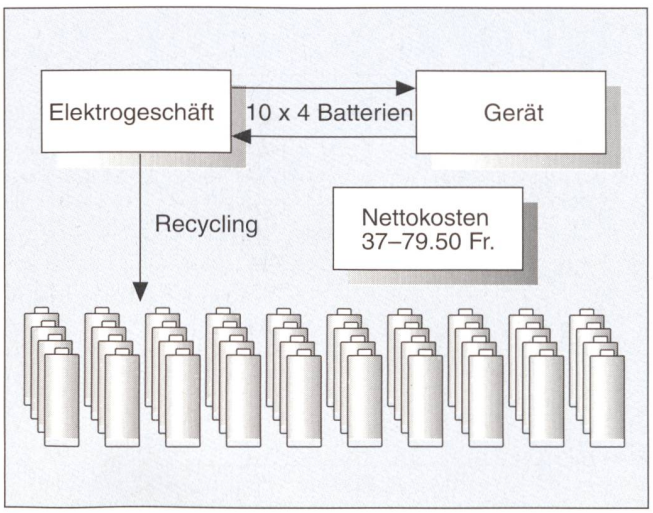


Bild 7 Betriebsaufwand für normale Alkalibatterien

Aufgrund der vorstehenden Testdaten kann jetzt der Aufwand zum Betrieb eines Gerätes mit regenerierbaren Boomerang-Batterien (mit Regeneration) und mit normalen Alkalibatterien (ohne Aufladung) anhand der Grafiken von Bild 6 und 7 verglichen werden. Mit einem Satz (vier Stück) Batterien und 25maliger Regeneration kann das Gerät während rund 150 Stunden betrieben werden. Der Anwender muss dazu einmal einen Batteriesatz im Elektrogeschäft kaufen und einen alten Satz zur Entsorgung zurückbringen. Zusätzlich muss er 25mal die vier Batterien vom Gerät in den Regenerator und nach der Regeneration wieder zurück ins Gerät stekken. Dabei fallen Nettokosten von ungefähr Fr. 12.30 sowie vier Batterien zum Rezyklieren an. Um die gleiche Betriebsdauer des Gerätes mit normalen Alkalibatterien zu erreichen, muss der Anwender etwa 10mal (abhängig von der Leistungsfähigkeit der gewählten Marke) einen Batteriesatz im Elektrogeschäft kaufen und die alten Batterien zur Entsorgung zurückbringen. Dabei fallen Nettokosten von total 37 bis 80 Franken sowie rund 40 Batterien (je nach Marke und Geschäft) zum Rezyklieren an.

Die Kosten werden in diesem Vergleich als netto bezeichnet, weil weder der Aufwand für den Weg ins Geschäft noch zum Kauf des Regenerators berücksichtigt sind. Wegen der gewaltigen Verringerung der Umweltbelastung (um 90%!) darf der Regeneratorpreis getrost als Umweltschutzbeitrag abgebucht werden, obschon er bereits in diesem Beispiel durch die Kosteneinsparung amortisiert werden kann. Nur im Vergleich mit den billigsten normalen Batterien reicht es nicht ganz.

Ob dem Anwender die beträchtlichen Einsparungen an Kosten sowie die Schonung von Ressourcen und Umwelt die Mühe des Regenerierens wert sind, muss er selbst entscheiden. Die Antwort wäre wohl uneingeschränkt ja, wenn die Regeneration direkt im Gerät erfolgen könnte. Hier sind die Gerätehersteller gefordert; gegen eine solche Integration spricht heute nichts mehr. Die Ladetechnik für Alkalibatterien ist sehr einfach, und mit einer vom Autor entwickelten Ladeschaltung ist bereits eine ideale, in ihrer Einfachheit kaum mehr zu unterbietende Lösung aufgezeigt worden.

Literatur

[1] *R. Zinniker:* Befriedigend, aber noch nicht gut. Computerworld 1995, Nr. 49, S. A15–A17.

[2] *R. Zinniker:* Wiederaufladung von Alkalibatterien. MegaLink, Nr. 6/94, S. 28–32.

[3] *R. Zinniker:* Lohnt sich die Wiederaufladung von Alkalibatterien? Elektrotechnik 46(1995)11, S. 45–51.

[4] *R. Zinniker:* Alkali-Batterien als Ersatz für Akkumulatoren? Infelinfo 1996, Nr. 1, S. 2–6.

[5] *K. Kordesch* and *M. Weissenbacher:* Rechargeable Alkaline Manganese Dioxide Zinc Batteries. Journal of Power Sources, Vol. 51, 1994.

[6] *K. Kordesch* and *J. Daniel-Ivad:* Rechargeable Manganese Dioxide Batteries. 37th Power Sources Conference, June 1996.

[7] *D. Linden:* Handbook of Batteries. McGraw-Hill 1995.

La régénération de batteries alcalines

Elle est intéressante du point de vue écologique et économique

Parmi les batteries destinées à l'alimentation autonome d'appareils électriques, on constate actuellement une prédominance des piles alcalines à usage unique ainsi que des cellules rechargeables au nickel-cadmium ou nickel-hydrures métalliques. Le présent article montre qu'il est possible et même intéressant du point de vue écologique et économique de recharger plusieurs fois également les batteries alcalines. Les fabricants d'appareils pourraient aider cette méthode à percer en intégrant directement aux appareils les chargeurs simples nécessaires dans ce but.

Les performances réalisables avec des batteries alcalines rechargeables dépendent très fortement du cycle d'utilisation, en particulier du courant de décharge et de la profondeur de décharge (fig. 2 et 3). La courbe de charge doit être adaptée à la caractéristique de la batterie. Les performances d'une batterie neuve optimisée en vue de la recharge (Boomerang de Leclanché) sont illustrées à la figure 4 qui représente la capacité empruntée lors de chaque cycle C_d ainsi que la capacité totale cumulée C_t. La batterie a été déchargée sur une résistance de 10 Ω jusqu'à 0,9 V, puis rechargée à bloc dans le régénérateur (jusqu'à ce que le courant de charge, au début de 65 mA environ, soit tombé à 15 mA). Une comparaison des coûts d'exploitation entre les batteries alcalines régénérables et les batteries alcalines normales est donnée aux figures 5–7.

ETG SEV/ASE

Kennen Sie die ETG?

Die Energietechnische Gesellschaft des SEV (ETG) ist ein *nationales Forum* zur Behandlung aktueller Probleme der elektrischen Energietechnik im Gesamtrahmen aller Energieformen. Als *Fachgesellschaft des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins* (SEV) steht sie allen interessierten Fachleuten und Anwendern aus dem Gebiet der Energietechnik offen.

Auskünfte und Unterlagen erhalten Sie beim Schweizerischen Elektrotechnischen Verein, Luppmenstrasse 1, 8320 Fehraltorf, Telefon 01 956 11 11.