



# Batterien, Akkus und Ladekonzepte

## Teil 1

**Immer mehr batterie- und akkubetriebene Geräte erobern sich ihren Platz im Haushalt, im Büro und in der Werkstatt. Wir stellen die gängigen Bauformen, Technologien und Ladekonzepte vor.**

### Primäres und Sekundäres

Der Begriff Primärzelle ist der Oberbegriff für nicht wiederaufladbare Batteriesysteme. Diese sind aufgrund der vollständigen Reaktion der enthaltenen Chemikalien nur einmal benutzbar und nach ihrer Entladung zu entsorgen. Daß diese Definition in neuerer Zeit etwas abbröckelt, werden wir noch besprechen.

Lange Jahre bestimmte dieses Batteriesystem die Szene, lediglich die Blei-Akku- und die beginnende Blei-Gel-Akku-Technologie waren als wiederaufladbare Akkus für die Allgemeinheit verfügbar.

Weitere Sekundärsysteme (wiederaufladbare Akkus) kamen erst später hinzu, und erobern heute einen immer höheren

Marktanteil zusammen mit immer ausgefilterten und schnelleren Ladetechnologien.

### 1,2 V - 1,5 V - 2 V - 3 V - 3,6 V

Batterien und Akkus gibt es bezogen auf die Spannung einer einzelnen Zelle in verschiedenen Spannungen. NiCd- und NiMH-Akkus weisen eine Zellenspannung von 1,2 V auf, während die gebräuchlichsten Zink-Kohle- und Alkali-Mangan-Batterien eine Spannung von 1,5 V pro Zelle besitzen. Blei- und Blei-Gel-Akkus stellen 2 V je Zelle bereit. Lithium-Primär-Zellen geben eine Spannung von 3 V ab, während Lithium-Akku-Systeme 3 V bzw. 3,6 V (Vanadium-Lithium/Li-Ion) je Zelle bereitstellen.

Durch Kaskadierung mehrerer Zellen lassen sich selbstverständlich auch höhere Spannungen erzeugen, wie z. B. bei der sehr weit verbreiteten 9V-Blockbatterie, die aus 6 Zellen je 1,5 V (Zink-Kohle oder Alkali-Mangan) besteht. An dieser Stelle wollen wir mit einem weit verbreitetem Irrtum aufräumen, der darin besteht, daß Geräte, die mit 1,5V-Batterien betrieben werden, nicht ohne weiteres mit der selben Anzahl von 1,2V-Akkus arbeiten können, da hier die Spannung dann um 20 % zu gering wäre.

Grundsätzlich ist es durchaus möglich, fast jedes Gerät, das mit 1,5V-Batterien arbeitet, mit derselben Anzahl von Ni- oder NiMH-Akkus zu betreiben, es sei denn, der Hersteller weist ausdrücklich darauf hin, daß dies nicht möglich ist. Der Hintergrund der Kompatibilität ist schnell erklärt:

1,5V-Batterien, gleichgültig, ob es sich um Zink-Kohle- oder Alkali-Mangan-Zellen handelt, weisen eine vergleichsweise stark abfallende Entladekurve auf. Möchte man die von den Batterien bereitgestellte Kapazität weitgehend ausschöpfen, muß der Betrieb des durch die Batterien gespeisten Gerätes mindestens bis zu einer Spannung von 1,1 V, besser 1,0 V sichergestellt sein. Vielfach arbeiten batteriebetriebene Geräte sogar noch bis hinunter zu einer Zellenspannung von 0,9 V. Erst bei dieser Spannung kann eine 1,5V-Batterie als weitgehend entladen gelten und dies auch nur, wenn die Strombelastung klein ist.

Hierzu muß man wissen, daß der Innenwiderstand bei Zink-Kohle- und Alkali-Mangan-Batterien vergleichsweise hoch ist gegenüber NiCd- und NiMH-Akkus. Das heißt, je höher die entnommenen Ströme sind, desto mehr sinkt die Spannung von 1,5V-Batterien im Vergleich zu 1,2V-Akkus.

Vergleicht man neue 1,5V-Batterien mit vollgeladenen NiCd-Akkus, wird man feststellen, daß bei zweistündiger Entladung die Zellenspannung bei 1,5V-Batterien bereits kurze Zeit nach dem Einschalten unter die Zellenspannung eines vergleichbaren NiCd-Akkus fällt (mit zweistündiger Entladung ist gemeint, daß ein Strom fließen soll, der die Batterie bzw. den Akku innerhalb von zwei Stunden entleert).

Aus vorstehenden Tatsachen ist ersichtlich, daß im Normalfall für Batteriebetrieb vorgesehene Geräte ohne weiteres auch mit NiCd- und NiMH-Akkus betrieben werden können, wobei man bei Hochstrom-Anwendungen sogar noch einen Schritt weitergehen muß, und zwar in der Weise, als daß hier Batterien nicht nur aus ökonomischer Sicht sondern allein auch aus technischer Sicht nur sehr eingeschränkt bzw. gar nicht einsetzbar sind.

Im Modellbaubereich zum Beispiel, wo

**Tabelle 1: Bauformen und Abmessungen der wichtigsten Akku- und Batterietypen**

Typ	9V-Block	Flach 3R12	2R10	Lady	Micro	Mignon	Baby	Mono	LR61	23A
Typ internat.	6F22, 6LR61	3(L)R12	2R10 Duplex	LR1 N	(L)R03, AAA	(L)R6, AA	(L) R14, C	(L)R20, D	LR61, AAAA	E23A, MN21
Spannung (V)	9/9*	4,5	3	1,5	1,5/1,2*	1,5/1,2*	1,5/1,2*	1,5/1,2*	1,5	12
Abmessungen (mm)	48x26x16	65x62x21	73x ø 21	30x ø12	44x ø10	50x ø14	49x ø25	61x ø33	40x ø8	27x ø10
*Batterie/Akku										

Antriebsakkus in weniger als einer Stunde, teilweise sogar innerhalb von fünf Minuten entleert werden, kommen ausschließlich hochstromfeste Akkus zum Einsatz. Je kürzer die Entladezeit, desto spezieller müssen selbst hochwertige NiCd-Akkus auf diesen Anwendungsfall zugeschnitten sein. Nicht umsonst können extrem hochstromfeste NiCd-Akkus einer bestimmten Bauform und Kapazität ein Vielfaches kosten wie kapazitäts- und baugleiche Akkus mit höherem Innenwiderstand.

Doch zurück zu unseren Batterien und deren bevorzugten Anwendungsgebieten. Wie bereits angedeutet kommen für immer mehr Einsatzfälle wiederaufladbare Stromversorgungssysteme zum Einsatz, die durch ausgefeilte Technologien zum Teil ein ganz erhebliches Einsparungspotential bieten.

Doch nach wie vor haben Batterien (Primärzellen) ihre Existenzberechtigung. Aufgrund ihrer niedrigen Selbstentladung und hohen Lagerfähigkeit (Alkali-Mangan-Batterien sind heute problemlos fünf Jahre und Lithium-Batterien zehn Jahre und länger lagerfähig) bietet sich ihr Einsatz insbesondere bei Geräten mit sehr geringer Stromaufnahme an. Manche Funkuhren arbeiten mit einer einzigen Mignonzelle drei bis fünf Jahre.

Auch Geräte, die eine etwas höhere Stromaufnahme bei nur seltenem Gebrauch aufweisen, sind mit Batterien gut bestückt. Man denke hier z. B. an ein selten benutztes Radio oder auch an eine Taschenlampe, die nur für den Notfall zum Einsatz kommen soll. Akkus, deren Selbstentladung die Kapazität weitgehend innerhalb eines Jahres aufzehrt, wären hier eher fehl am Platze. Eine häufig benutzte Taschenlampe hingegen verlangt selbstverständlich nach einer Akkubestückung. - Wie man sieht, spielt der Einsatzfall bei identischen Geräten eine entscheidende Rolle, ob der Anwender zur Batterie oder zum Akku greift. Daß hier die Grenzen fließend sind, werden wir im weiteren Verlauf dieses Artikels noch etwas vertiefen.

Zunächst wollen wir jedoch kurz die gängigsten Primärzellen vorstellen, ohne allzu tief in die Chemie einzusteigen.

### Batterietypen

Der herkömmlichste Typ ist die **Zink-Kohle-Batterie**, die heute, wenn überhaupt, nur noch aufgrund des günstigen Preises präsent ist. Sie weist gegenüber moderneren Systemen eine relativ geringe Kapazität auf. Ihr Wirkungsprinzip beruht im wesentlichen auf dem Elektronenaustausch zwischen einer positiven Kohlelektrode und einer negativen Zink-Elektrode. Letztere wird während der Entladung zersetzt - die Batterie kann auslaufen. Der chemische Vorgang ist unumkehrbar, und damit ist dieser Batterietyp keinesfalls wiederaufladbar, ein Ladeversuch könnte mit einer gefährlichen Explosion enden. Neuere Systeme dieses Typs sind zwar besser gegen Auslaufen geschützt und die Kapazität ist gegenüber älteren Typen leicht erhöht, dennoch ist man vor Auslaufen dieser Batterien nicht gefeit. Neuere Typen werden aufgrund der verschärften Umweltschutzbestimmungen auch schwermetallfrei gefertigt.

Zink-Kohle-Batterien spielen oft noch eine dominierende Rolle in manch älterer Meßtechnik, die die 3V-Batterie 3R10 benötigt, bei Anwendungen mit Flachbatterie (3R12) und bei Spielzeug.

Ansonsten sind sie in den Standardausführungen Mignon, Baby und Mono sowie 9V-Block verfügbar. Die Gegenüberstellung der Bauformen finden Sie in Tabelle 1.

Die moderne **Alkali-Mangan-Zelle** (auch **Alkaline-Batterie**) hat sich im Laufe der letzten Jahre zum dominierenden Stromversorgungssystem für Standard-Anwendungen gemauert, die die volle Zellenspannung von 1,5 V benötigen. Sie weist gegenüber der Zink-Kohle-Batterie eine verbesserte Lagerfähigkeit (fast kein Auslaufen), eine sehr geringe Selbstentladung, eine höhere Kapazität, eine günstigere Ent-

ladecharakteristik und Schwermetallfreiheit auf.

Die Anode besteht aus gelöstem Zinkpulver in Gelform, die Katode aus Mangan-dioxid und Graphit. Die Eigenschaften dieser Materialien in Zusammenarbeit mit als Elektrolyt dienendem Kaliumhydroxid erlauben unter bestimmten Bedingungen auch eine Wiederaufladbarkeit, auch wenn diese noch heftig umstritten ist.

Mehrere spezielle Technologien dieser Zellen haben es inzwischen zum Status der tatsächlich mehrfach wiederaufladbaren Batterie gebracht, wie BIG oder Accucell. Diese Systeme sollen deshalb in einem eigenen Abschnitt betrachtet werden.

Alkali-Mangan-Batterien werden von verschiedenen Herstellern spezifiziert für bestimmte Anwendungszwecke, z. B. extra auslaufsicher angeboten.

Sie sind in den Standardbauformen Lady, Micro, Mignon, Baby, Mono und 9V-Block ebenso verfügbar wie als Spezialausführung für kompakte Geräte mit hohem Spannungsbedarf als 12V-Typ E23A, als spezielle Reihe von Fotobatterien oder in der besonders schlanken Ausführung „E 96“ bzw. „AAAA“. Die Zuordnung der wichtigsten Typen entnehmen Sie den Tabellen 1 und 2.

Auch in Knopfzellen findet die Alkali-Mangan-Technologie Anwendung. Sie finden vorwiegend in Mini-Empfängern, Fotoapparaten, Uhren und Spielzeug Anwendung.

Einen besonderen Status haben die **Zink-Luft-Zellen** inne. Hier wirkt Luft, die durch kleine Öffnungen eintreten kann, mit einer Zinkanode über eine lediglich als Katalysator wirkende dünne Katode. Sie weisen eine gegenüber der geringen Größe sehr hohe Kapazität bei 1,4 V Zellenspannung auf.

Diese ausschließlich als Knopfzellen gefertigten Zellen finden vor allem als hochenergiereiche Hörgeräte-Batterien Anwendung, weil sie über eine lange Zeit eine sehr konstante Spannung aufbauen.

Den Löwenanteil bei den Knopfzellen

**Tabelle 2: Die wichtigsten Spezial-Fotobatterietypen im Überblick (ohne Lithium-Batterien)**

Typ	V675PX	V76PX	V625PX	V625U	V23PX	V27PX	V4034PX	V74PX	V72PX
Spannung (V)	1,35	1,55	1,35	1,5	5,6	5,6	6,0	15,0	22,5
Kapazität (mAh)	210	145	450	185	100	145	100	45	70
Abm. (ø x H; mm)	11,6 x 5,4	11,6 x 5,4	16 x 6,2	16 x 6,2	15,3 x 20	12,9 x 20,5	13 x 25,2	16 x 35	27x61x51

Tabelle 3: Die wichtigsten Foto-Lithium-Batterien im Überblick

Typ	CR 123A	2CR5	CR-P 2	CR 2
Spannung (V)	3	6	6	3
Kapazität (mAh)	1300	1300	1300	750
Abmessungen (mm)	34,5x ø17,1	34x17x45	34x19,5x36	27x ø15,6

allerdings machen die Silberoxid- und die Lithium-Zellen aus.

Während erstere mit ihrer Standardspannung von 1,5 V je Zelle vorwiegend in Uhren, Signalgebern u. ä. Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Spannungskonstanz (sehr flache Entladekurve) eingesetzt werden, bedienen die 3V-Lithium-Zellen Taschenrechner, Datenbankrechner, Fotoapparate und sind oft als CMOS-RAM-Batterien in Personalcomputern zu finden.

Hauptvorteile der Lithiumzelle sind ihre hohe Spannungsausbeute von 3 V je Zelle und die völlig fehlende Entstehung von Gasen aufgrund der angewandten Kombi-

hezu jeder kennt den Blei-Akku aus seinem Auto. Er ist mit Schwefelsäure gefüllt, erzeugt eine Spannung von 2 V je Zelle und verbraucht früher beim Laden eine Menge (destilliertes) Wasser, da dieses beim Ladevorgang zersetzt wird. Moderne Blei-Akkus sind gekapselt und bedürfen dieser Nachfüllaktion nicht mehr.

Die Blei-Akkus finden hauptsächlich Anwendung als Starterbatterie und als robuste Notstrombatterie.

Eine technologische Weiterentwicklung des Blei-Akkus ist der moderne Blei-Gel-Akku. Hier sind die Elektrolyten in Gelform vorhanden und der Akku verfügt lediglich über Ventile, die bei der chemi-

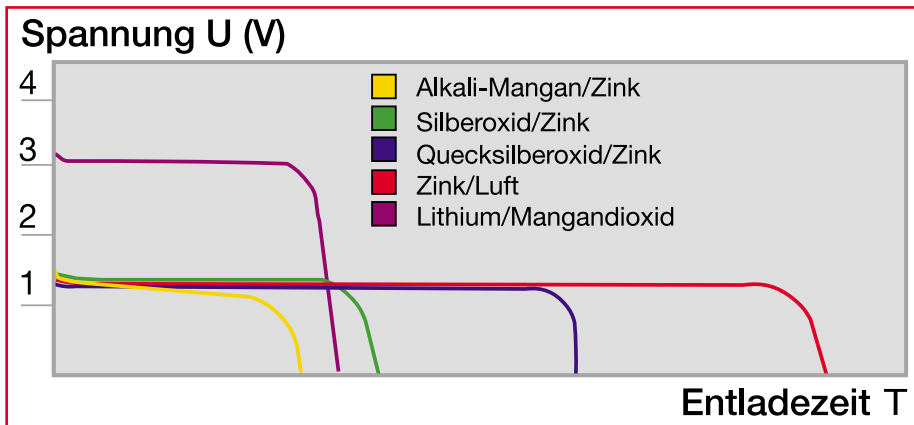


Bild 1: Vergleich der Entladecharakteristiken von Knopfzellen (Quelle: VARTA).

nation einer Lithium-Anode mit einer Mangan-Dioxid-Katode.

Gerade die hohe Kapazität und die sehr flache Entladekurve machen Lithium-Batterien auch bei allen Arten von Fotogeräten, aber auch im Computerbereich sehr beliebt. Sie ermöglichen eine sehr hohe Strombelastung, was sie für den Einsatz beim motorischen Filmtransport oder für Blitzgeräte prädestiniert. Eine Aufstellung der wichtigsten Typen finden Sie in Tabelle 3.

Lithiumzellen gibt es auch als wiederaufladbare Sekundärzellen.

Eine nahezu komplette Aufstellung aller gängigen Knopfzellentypen und -technologien sowie des Aufbaus und der Anwendungsbereiche von Knopfzellen finden Sie im Datenblatt des „ELVjournals 1/97“. Bild 1 zeigt die Entladecharakteristiken der einzelnen Knopfzellenarten im Vergleich.

### Wiederaufladbar - Akkus

Groß, schwer und immer mal leer - na-

sehen Reaktion entstehenden Wasserstoff ablassen können. Der Wasserverlust ist durch eine spezielle technologische Lösung äußerst gering.

Durch die gelförmigen Elektrolyten und die vollständige Kapselung sind Blei-Gel-Akkus gegenüber Blei-Akkus lageunabhängig einsetzbar.

Beide Akkutypen haben recht hohe Selbstentladungsquoten (beim Blei-Gel-Akku geringfügig weniger). Dies kann bei dauerhaft fehlender Ladung sogar zur Zerstörung führen. Vorteil: Die Akkutypen sind sehr robust, unempfindlich gegen kurzzeitige Überlastung und weisen eine sehr flache Entladekurve auf, d. h. die Ausgangsspannung ist recht stabil. Sie sind in den Nennspannungen 6 V und 12 V und in Kapazitäten bis weit über 100 Ah (Blei-Akku) erhältlich.

Der zuverlässige Blei-Gel-Akku findet seinen Einsatz vor allem in Alarmanlagen, medizinischen Geräten mit hohem Strombedarf, in Solaranlagen und zum Teil im

Modellbau, z. B. in Land- und Wasserfahrzeugen.

Nickel-Cadmium-Zellen waren die ersten handlichen Zellen, die es ermöglichten, auch tragbare Geräte mit wiederaufladbaren Akkus auszustatten. Sie fand man bald in nahezu allen tragbaren Geräten, seien es Akkurasierer, Camcorder, Handys, akkubetriebene Werkzeuge usw., usw.

Aber auch als Zellen in den Standard-Abmessungen der herkömmlichen Batterien in traditionell batteriebetriebenen Geräten sind die NiCd-Akkus fast schon Standard, sofern diese Geräte die etwas geringere Zellenspannung von 1,2 V gegenüber den 1,5 V der Batterien akzeptieren. Eine der gängigsten Anwendungen von NiCd-Akkus ist der Modellbau.

Der Aufbau eines solchen Akkus ist in Bild 2 zu sehen. Die detaillierten chemischen Vorgänge beim Laden und Entladen können weitergehend Interessierte im „ELVjournal“ 3/95 nachlesen.

NiCd-Akkus sind bei ordnungsgemäßer Behandlung bis zu 1000mal wiederaufladbar, weisen eine sehr flache Entladekurve auf, ihnen können (allerdings nur kurzzeitig) sehr hohe Ströme entnommen werden und fast alle modernen Typen (Sinterzellen) sind schnellladefähig.

Ein ganz klein wenig Chemie dennoch für die Erklärung eines nur beim NiCd-Akku auftretenden Effekts: behandelt man den NiCd-Akku nicht genau nach Vorschrift, so wird seine Kapazität bald nachlassen, bis er ganz ausfällt.

Ebenso verhält er sich bei mehrfacher, nicht vollständiger Entladung mit anschließendem Laden sowie langer Lagerung ohne Laden. Dieser Effekt wird Memoryeffekt genannt und beruht auf einer Auskristallisierung des Elektrolyten an den Elektroden. Damit wird der Elektronenfluß behindert, und es steht nur noch die Kapazität der Elektroden zur Verfügung, die noch nicht mit auskristallisiertem Elektrolyt bedeckt sind.

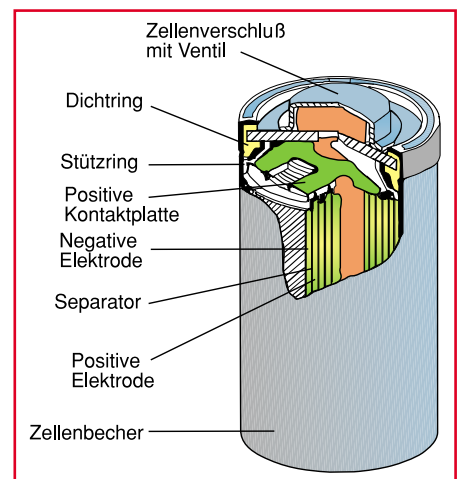
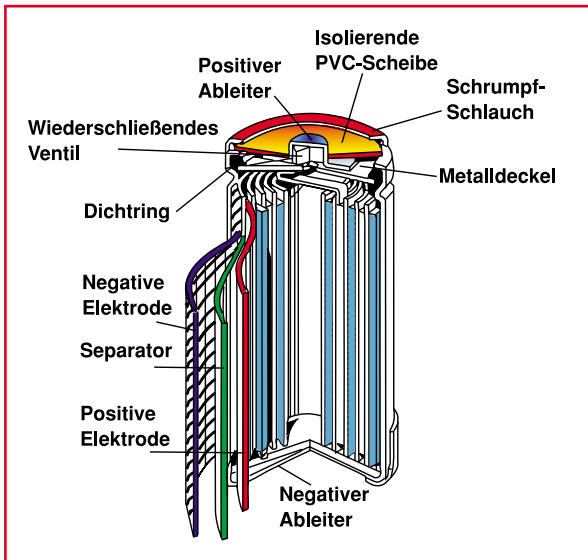


Bild 2: Aufbau eines zylindrischen NiCd-Akkus (Quelle: VARTA).



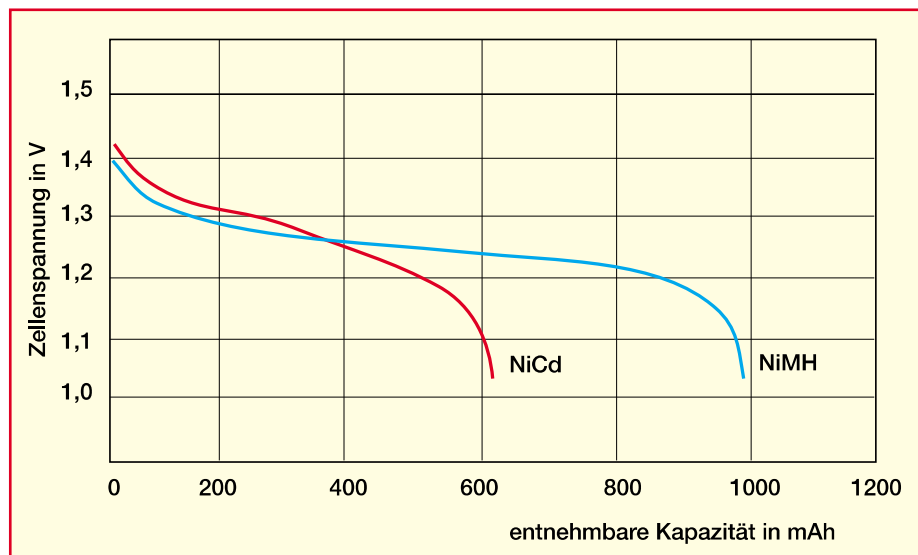
**Bild 3: Aufbau einer NiMH-Rundzelle (Quelle: VARTA).**

Das typischste Beispiel ist das Mobiltelefon, das nach jedem Telefonieren wieder auf der Basistation (Ladegerät) abgelegt wird.

Durch geeignete Lademethoden kann

hier zum näheren Betrachten der chemischen Abläufe der Hinweis auf das „ELVjournal“ 3/95.

Auch NiMH-Akkus sind in einer großen Reihe von Standard-Abmessungen und als



**Bild 4: Vergleich der Entladespannungsverläufe von NiCd- und NiMH-Zellen (Quelle: VARTA).**

man diesem Effekt begegnen und ihn zum Teil auch wieder umkehren.

Ein besonderer Nachteil bei der Entsorgung von NiCd-Akkus ist der Schwermetallgehalt, der eine Entsorgung an Spezial-Sammelstellen zur Pflicht macht.

Der noch relativ junge **NiMH-Akku** dagegen ist frei von Schwermetallen.

Er funktioniert durch eine chemische Reaktion zwischen Wasserstoff und einer Nickelverbindung. Die Wasserstoffspeicherfähigkeit dieser Nickelverbindung ist sehr hoch, wodurch sich die deutlich höhere Entladekapazität als bei NiCd erklärt. Den Aufbau dieser Zelle sehen Sie in Abbildung 3, wogegen Abbildung 4 den Unterschied der Entladespannungsverläufe von NiCd- und NiMH-Akkus zeigt. Auch

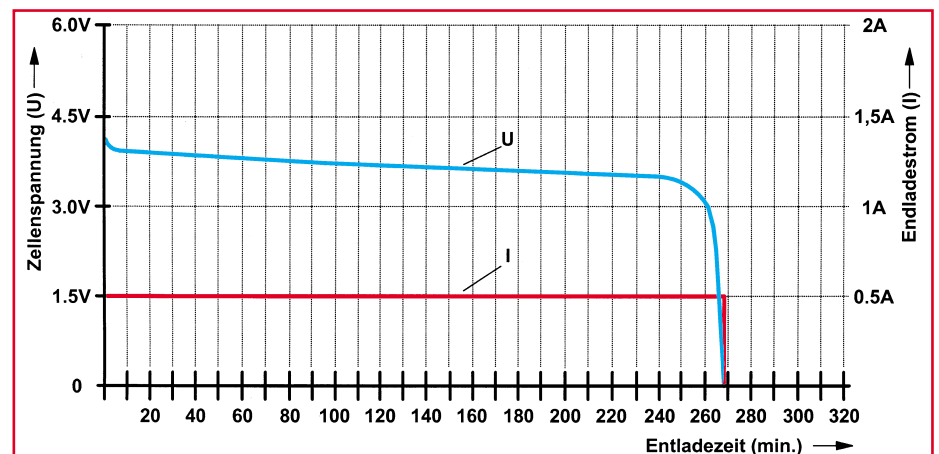
Spezialakkus analog zu den NiCd-Akkus erhältlich. Ihre Vorteile gegenüber NiCd sind neben der höheren Kapazität der völlig fehlende Memoryeffekt, wodurch das zeitraubende Entladen vor jedem Ladevorgang entfällt, die Umweltverträglichkeit und die stets vorhandene Schnelladefähigkeit.

Nachteile sind die höhere Selbstentladung als bei NiCd-Akkus, weshalb man nichtbenutzte NiMH-Zellen öfter nachladen sollte, die fehlende Hochstromfähigkeit und der höhere Preis.

Noch relativ neu auf dem Markt, und dazu nur als spezielle Akkus für Camcorder, Laptops und Mobiltelefone verfügbar sind die **Lithium-Ionen-Akkus**. Hier hatte man lange gebraucht, um wiederaufladbare Akkus nach dieser Technologie herzustellen - zu gefährlich verhielten sich die eingesetzten Materialien (metallisches Lithium) in der ersten Zeit beim Laden.

Der Name Lithium-Ionen-Akku rührt vom Funktionsprinzip her. Da besteht die Anode nicht mehr wie bei der Lithium-Batterie aus metallischem Lithium, sondern aus Kohlenstoff, in den beim Laden reversibel Lithium-Ionen eingelagert werden.

Dieser Akkutyp weist eine Reihe von Vorteilen gegenüber NiCd und NiMH auf: So sind aufgrund der hohen Zellenspannung von 3,6 bis 3,8 V Anwendungen mit nur einer Zelle möglich. Bei gleichem Energiespeichervermögen beträgt das Gewicht nur ca. 20% und das Volumen nur ca. 50% gegenüber NiCd/NiMH. Des Weiteren haben Li-Ion-Akkus eine geringere Selbstentladung und weisen keinen Memoryeffekt auf. Sie werden sicher den Markt für Geräte mit relativ hoher Dauerstromaufnahme und geringem Platz für den Akku bald dominieren (Abbildung 5). Im zweiten Teil dieses Artikels werden wir uns sowohl mit den wiederaufladbaren Batterien als auch mit den wichtigsten Akkutechnologien beschäftigen. **ELV**



**Bild 5: Entladekurve eines Lithium-Ionen-Akkus.**