

## 6.0 Die Stromversorgung im NMD

HB9ABO

*Wer die Gewichtsbeschränkung von 6 kg maximal ausnützen will, oder wer sich selbst freiwillig eine eigene, tiefere Gewichtsgrenze auferlegt, steht vor der Frage "Wie kann ich möglichst viel Sendeleistung in die gegebene Gewichtslimite hineinpacken?" Die Stromversorgung spielt in der Antwort darauf eine wesentliche Rolle. Sie macht bei leistungs- und gewichtsoptimierten Stationen 33 bis 65 % des Stationsgewichts aus.*

Je nach persönlicher Teilnahmemotivation wird man zu unterschiedlichen Lösungen der Stromversorgung kommen. In allen Fällen ist die Batteriekapazität die entscheidende Grösse.

### Was bedeutet Batteriekapazität?

Unter Batteriekapazität versteht man Fähigkeit einer Batterie, eine bestimmte elektrische Ladung aufzunehmen, zu speichern und bei Bedarf abzugeben. Die elektrische Ladung – und damit die Batteriekapazität – wird ausgedrückt als Produkt von Strom und Zeit, gemessen in Amperestunden bzw. Milliamperestunden. (Ah, mAh). Eine Batterie, die zehn Stunden lang einen Strom von 0.1 Ampere abgeben kann, hat eine Kapazität von 1 Ah. Fünf Stunden mit 0.2 A oder eine Stunde mit 1 A entsprechen ebenfalls einer Kapazität von 1 Ah.

Die Kapazität einer Primär- oder Akkuzelle ist dann erschöpft, wenn diese während des Entladens die Entladeschlussspannung erreicht hat. Es ist zwar möglich, weiter Strom zu entnehmen, die Spannung sinkt jedoch rasch gegen Null, und je nach Batterietyp kann die Zelle Schaden nehmen. Deshalb darf bei der Entladung diese Schlussspannung nicht unterschritten werden.

### Wie viel Batteriekapazität brauche ich am NMD?

Ist die Batterie vor Contestschluss entladen, so verlieren wir QSO und Punkte. Ist sie bei Contestschluss noch halb voll, dann war sie überdimensioniert, somit wurde die Gewichtslimite schlecht ausgenutzt. Idealerweise sollte die Batterie am Ende des Contests ebenfalls "am Ende" sein. Die hier gezeigten Rechnungen streben diese Idealkapazität an. Die unumgängliche Sicherheitsreserve wird berücksichtigt, wenn ausgehend von der benötigten Idealkapazität ein handelsübliches Produkt gewählt wird.

### Wie lange senden wir am NMD?

Die Frage könnte auch lauten: Wie gross ist die zeitliche Summe aller Punkte und Striche, die während der 4 Conteststunden gesendet werden? Wie lange wurde der Sender insgesamt getastet? Die benötigte Batteriekapazität hängt stark von der Sendedauer ab.

Mit einer Reihe von Annahmen gelangt man zu einem praktisch brauchbaren Erfahrungswert. Die erste Annahme ist, dass man etwa gleich lang sendet wie man empfängt. Die Sendedauer beträgt demnach etwa 50 %. Während des Sendens von Morsetelegraphie ist der Sender nicht dauernd eingeschaltet. Der durchschnittliche NMD-Verkehr weist ein Tastverhältnis zwischen 45 und 55 % auf. (Das kann man mit einem PC-Programm feststellen; es geht aber auch von Hand).

Beispiele:

Text	% TX ein	Zeit
hb9bsh/p	49.1 %	6.5 s
hb9dqj/p	54.6 %	7.1 s
cq test de hb9cga/p hb9cga/p test k	48.8 %	20.8 s
hb9uh/p gm Hans tnx QSO = ur 599 Nachtschattentee hw? k	47.3 %	31.7 s

Die Zeitangabe bezieht sich auf ein Morsetempo von 100 Buchstaben pro Minute. Das Tastverhältnis ist natürlich unabhängig vom Tempo.

Die üblichen NMD-QSO-Teile weisen Werte um 48 % auf; die Annahme von 50 % für das Tastverhältnis ist somit begründet. Wenn während der Hälfte des Contests gesendet wird, und wenn während dieser Hälfte der Sender zu 50 % getastet wird, dann ist das Gesamtastverhältnis im Contest etwa = 25 %. Längeres vergebliches CQ-Rufen vergrössert das Gesamtastverhältnis. Dies wird kompensiert durch längeres vergebliches Bandabsuchen. Das Morsetempo hat keinen Einfluss auf das Tastverhältnis.

Die nachstehenden Berechnungen gehen deshalb von einem Tastverhältnis von 25 % aus. D.h. während des vierstündigen NMD wird der TX eine Stunde lang getastet.

### Batteriekapazität für einen vorhandenen Transceiver bestimmen

Wer die geeignete NMD-Energiequelle für einen bestehenden Transceiver sucht, muss zunächst dessen Stromverbrauch bestimmen. Für diese Messung sollte das Gerät mit der Nennspannung gemäss Hersteller versorgt werden, und der Antennenausgang sollte mit einer Kunstlast abgeschlossen sein. Der Strommesser wird zwischen Pluspol des Netzgeräts

(bzw. einer Batterie) und dem DC-Speiseeingang des Transceivers eingeschlaucht. Der Stromverbrauch  $I_{TX}$  bei gedrückter Taste wird notiert. Der Strom während des Empfangs  $I_{RX}$  wird beim Empfang eines lauten Signals festgehalten, damit auch ein allfälliger Verbrauch der NF-Endstufe berücksichtigt wird. Die Messwerte werden aufgerundet in die folgenden Formeln eingesetzt

Kapazität für den Empfang:  $Q_{RX} = I_{RX} * 4 \text{ h} * 75 \%$

(Der Faktor 75 % resultiert aus der Beziehung 100 % - Tastverhältnis; er kommt daher, dass der Empfängerstrom nur für 75 % der Zeit berücksichtigt werden muss. Ein allfälliger Empfängerstrom während des Sendens (z.B. Mithörton) ist im Sendestrom enthalten)

Kapazität zum Senden:  $Q_{TX} = I_{TX} * 4 \text{ h} * 25 \%$

Benötigte Batteriekapazität:  $Q = Q_{RX} + Q_{TX}$

Die nachfolgende Tabelle 1 (nach HB9BQB) zeigt Beispiele für den Rechengang anhand einiger käuflicher Geräte:

Tabelle 1

Gerät	Empfangsstrom	Sendestrom	Kapazität für den Empfang	Kapazität zum Senden	Benötigte Batteriekapazität
	$I_{RX}$	$I_{TX}$	$Q_{RX} = I_{RX} * 4 \text{ h} * 75 \%$	$Q_{TX} = I_{TX} * 4 \text{ h} * 25 \%$	$Q = Q_{RX} + Q_{TX}$
New England QRP-Club	22 mA	300 mA	66 mAh	300 mAh	366 mAh
DSW-80	40 mA	300 mA	120 mAh	300 mAh	420 mAh
QRP-Spirit	260 mA	1800 mA	780 mAh	1800 mAh	2580 mAh
K1	55 mA	800 mA	165 mAh	800 mAh	965 mAh
FT817	450 mA	2000 mA	1350 mAh	2000 mAh	3350 mAh
Argonaut 509 (Skalalampe AUS!)	240 mA	1180 mA	720 mAh	1180 mAh	1900 mAh
K2 (mit Optionen, RX auf Sparbetrieb)	180 mA	3200 mA	540 mAh	3200 mAh	3740 mAh
HW-9	188 mA	610 mA	564 mAh	610 mAh	1180 mAh

## Batteriekapazität für Selbstbaugeräte bestimmen

Beim Bestimmen der nötigen Batteriekapazität für Selbstbaugeräte hat man als Entwickler wesentlich mehr Freiheiten. (Dafür gibts aber auch viel mehr zu tun!) Ausgangspunkt ist hier die Gewichtslimite, die man einhalten möchte. Es ist klar, dass eine möglichst hohe Ausgangsleistung angestrebt werden soll. Die Gewichtsbeschränkung und die Kosten stehen dem jedoch entgegen. Anders ausgedrückt: Die Kilogramme unterstützen von den Franken sorgen dafür, dass die Watt nicht zu stark werden. Die Batteriekapazität steht im Spannungsfeld dieser drei Grössen.

Tabelle 2 zeigt beispielhaft, wie man zu ersten Anhaltspunkten kommt.

Sie hat eine Anzahl Kolonnen für einen Bereich von Batteriespannungen und eine Anzahl Zeilen für verschiedene Ausgangsleistungen. In den Schnittpunkten zwischen Leistung und Spannung kann man die benötigte Batteriekapazität ablesen. Die Tabellenresultate gelten jeweils für bestimmte Werte der vier Eingangsgrössen: Empfängerstrom, Betriebsdauer, Tastverhältnis, Wirkungsgrad der Endstufe. (Inklusive Treiber!)

Die Zahlen der Tabelle 2 könnten beispielsweise wie folgt interpretiert werden:

Im Angebot eines Akku-Herstellers sind NiMH-Zellen mit 1000 Ah zu 19 g. Mit 10 Zellen von dieser Kapazität wären gemäss Tabelle 2 Ausgangsleistungen um 5 bis 6 W möglich. Das Batteriegewicht wird somit etwas über 200 g betragen. Wer eine 1-kg-Station anstrebt, hat somit noch 800 g zur Verfügung für Transceiver und Antenne. Wer eine Ultraleicht-Station im Sinn hat, muss seine Leistungsansprüche senken und auf den unteren Zeilen der Tabelle weitersuchen. Wer die 6-kg-Limite voll ausnützen will, wird in die Kolonne mit den Leistungen vielleicht Werte von 10 bis 60 W eintragen.

Dieser Zyklus *Batterie aussuchen - Gewicht und Kosten berechnen - verbleibendes Gewicht für die Station berechnen - Machbarkeit abschätzen* muss ggf mehrmals wiederholt werden, bis man eine ausführbare Variante gefunden hat, die nicht allzuweit von den Zielvorstellungen abweicht.

Die Formel für die Tabellenschnittpunkte lautet:

$$\text{Erforderliche Batteriekapazität} = (\text{Ausgangsleistung} * \text{Betriebsdauer} * \text{Tastverhältnis}) / (\text{Wirkungsgrad} * \text{Batteriespannung}) + \text{Betriebsdauer} * \text{Empfängerstrom} * (1 - \text{Tastverhältnis})$$

**Tabelle 2,** Benötigte Batteriekapazität aus Batteriespannung und Ausgangsleistung

RX- Bedarf 60 mA	Betriebsdauer 4.0 h	Tastverhältnis 25%			Wirkungsgrad (inkl. Treiber) 60%						
		Ubatt	10.0 V	10.5 V	11.0 V	11.5 V	12.0 V	12.5 V	13.0 V	13.5 V	14.0 V
<b>PAus</b>											
15.0 W	2'680 mAh	2'561 mAh	2'453 mAh	2'354 mAh	2'263 mAh	2'180 mAh	2'103 mAh	2'032 mAh	1'966 mAh		
14.0 W	2'513 mAh	2'402 mAh	2'301 mAh	2'209 mAh	2'124 mAh	2'047 mAh	1'975 mAh	1'908 mAh	1'847 mAh		
13.0 W	2'347 mAh	2'243 mAh	2'150 mAh	2'064 mAh	1'986 mAh	1'913 mAh	1'847 mAh	1'785 mAh	1'728 mAh		
12.0 W	2'180 mAh	2'085 mAh	1'998 mAh	1'919 mAh	1'847 mAh	1'780 mAh	1'718 mAh	1'661 mAh	1'609 mAh		
11.0 W	2'013 mAh	1'926 mAh	1'847 mAh	1'774 mAh	1'708 mAh	1'647 mAh	1'590 mAh	1'538 mAh	1'490 mAh		
10.0 W	1'847 mAh	1'767 mAh	1'695 mAh	1'629 mAh	1'569 mAh	1'513 mAh	1'462 mAh	1'415 mAh	1'370 mAh		
9.0 W	1'680 mAh	1'609 mAh	1'544 mAh	1'484 mAh	1'430 mAh	1'380 mAh	1'334 mAh	1'291 mAh	1'251 mAh		
8.0 W	1'513 mAh	1'450 mAh	1'392 mAh	1'339 mAh	1'291 mAh	1'247 mAh	1'206 mAh	1'168 mAh	1'132 mAh		
7.0 W	1'347 mAh	1'291 mAh	1'241 mAh	1'194 mAh	1'152 mAh	1'113 mAh	1'077 mAh	1'044 mAh	1'013 mAh		
6.0 W	1'180 mAh	1'132 mAh	1'089 mAh	1'050 mAh	1'013 mAh	980 mAh	949 mAh	921 mAh	894 mAh		
5.0 W	1'013 mAh	974 mAh	938 mAh	905 mAh	874 mAh	847 mAh	821 mAh	797 mAh	775 mAh		
4.0 W	847 mAh	815 mAh	786 mAh	760 mAh	736 mAh	713 mAh	693 mAh	674 mAh	656 mAh		
3.0 W	680 mAh	656 mAh	635 mAh	615 mAh	597 mAh	580 mAh	565 mAh	550 mAh	537 mAh		
2.0 W	513 mAh	497 mAh	483 mAh	470 mAh	458 mAh	447 mAh	436 mAh	427 mAh	418 mAh		
1.0 W	347 mAh	339 mAh	332 mAh	325 mAh	319 mAh	313 mAh	308 mAh	303 mAh	299 mAh		

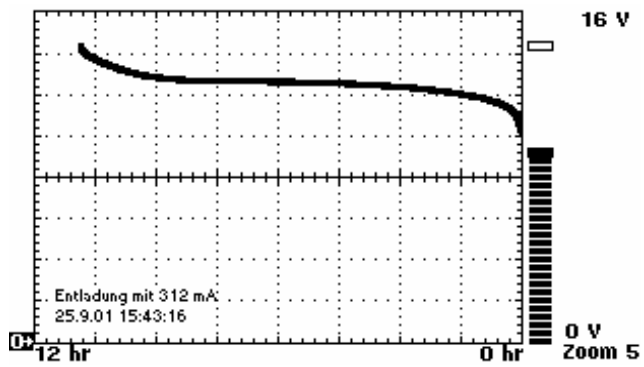
### Die Batteriespannung

Nachdem die für den NMD benötigte Batteriekapazität bekannt ist, kann man die Batteriespannung bestimmen. Wenn man die Kapazität einer Batterie vollständig nutzen will, dann muss das durch sie gespeiste Gerät über den gesamten Spannungsbereich der Batterie betriebstauglich sein! Funktioniert ein Gerät nicht bis zur Entladeschlussspannung, dann kann die Kapazität der Batterie nicht vollständig ausgeschöpft werden. Ein Transceiver muss aber auch die Spannung einer Batterie ertragen können, die gerade frisch geladen dem Ladegerät entnommen wurde.

#### Der Entlade-Spannungsverlauf einer Zelle:

Akkumulatortyp	Leerlaufspannung, im geladenen Zustand	Entladeschlussspannung
Bleiakku	ca. 2.4 V	1.7 V
Nickel-Cadmium, Nickel-Metallhydrid	ca. 1.35 V	1.0 V
Lithium-Ionen	4.20 V	3.0 V

Die Spannung einer 12-V-Batterie, bestehend aus 10 NiMH-Zellen hat somit während der Entladung einen Spannungsverlauf von ca. 13.5 V bis 10 V.



Entladekurve einer NiMH-Batterie

### Wahl der Batteriespannung für einen vorhandenen Transceiver

Die Wahl des Batterietyps und der Anzahl Zellen richtet sich nach dem Betriebsspannungsbereich des Geräts. Der Transceiver muss bei beiden Spannungsextremen einwandfrei funktionieren.

Beispiel: Wahl des Batterietyps für den HW-9. Dieser ist spezifiziert für eine Betriebsspannung von 11 bis 16 V

Akkumulatortyp	Anzahl Zellen	U <sub>max</sub>	U <sub>min</sub>
Bleiakku	6	14.4 V	10.2
Nickel-Cadmium, Nickel-Metallhydrid	11	14.85 V	11 V
Lithium-Ionen	4	16.8 V	12 V

Die Forderung, dass die Kapazität vollständig genutzt werden soll, kann mit 11 NiCd- oder NiMH-Zellen erfüllt werden. Ein Bleiakku könnte nicht ganz geleert werden, weil das Gerät unter 11 V nicht mehr funktioniert; und die Lithium-Ionen-Batterie verbietet sich wegen der zu hohen Anfangsspannung. Nach Tabelle 1 wurde ein Kapazitätsbedarf von 1180 mAh für den HW-9 errechnet. Aus Katalogangaben kann nun eine Batterie zu 11 Zellen mit dieser Kapazität zusammengestellt werden. Es ist angebracht, hier eine Kapazitätsreserve (je nach individueller Risikobereitschaft) von 15 bis 25 % vorzusehen.

Tabelle 3

Typ	Kapazität	Gewicht (11 Zellen)	Preis (11 Zellen)
Panasonic NiMH HHR130AA/HT	1350 mAh	286 g	Fr. 55.55
Panasonic NiMH HHR160A	1720 mAh	341 g	Fr. 58.85
Sanyo NiMH HR-AAUL/FT	1450 mAh	297 g	Fr. 59.40
GP NiMH GP-150AAHC	1500 mAh	297 g	Fr. 59.40
Panasonic NiCd P-140AS	1530 mAh	352 g	Fr. 47.85
Sanyo NiCd KR-1400AE	1450 mAh	341 g	Fr. 44.40
Ultralife Lithium-Polymer	1600 mAh	152 g (4 Zellen à 3.7 V)	Fr. 253.60

(Daten aus dem Control-Katalog Edition 17, Juni 03, Gewichtsangaben und Preise netto!)

Aus dieser engeren Auswahl wird nun die gewünschte Variante je nach persönlicher Gewichtung von Kapazitätsreserve, Gewicht und Kosten bestimmt. Die unterste Zeile enthält ein Beispiel mit einem Lithium-Ionen-Polymer-Akku. (Man beachte die Rekordwerte für Gewicht und Preis!)

Spielt die Gewichtsoptimierung keine Rolle, so kann im Beispiel des HW-9 auch ein Bleiakku verwendet werden, der dann natürlich überdimensioniert ist:

Tabelle 4:

12-V-Bleibatterie	Kapazität	Gewicht	Preis
Panasonic LC-R122R2PD	2200 mAh	800 g	Fr. 35.50
Panasonic LC-SA122R3AU	2300 mAh	600 g	Fr. 60.40
Yuasa NP 2-12	2000 mAh	700 g	Fr. 60.10
Yuasa NP 2,1-12	2100 mAh	830 g	Fr. 29.70
Dryfit A312/1,8S	1800 mAh	835 g	Fr. 51.70
Varta 10/VH3000 4/3 A	3000 mAh	600 g	ca.Fr. 24.--



NiMH-Akku 10/VH3000 4/3 A

In der untersten Zeile sind zum Vergleich zu den Bleiakkumulatoren die Daten des Varta-NiMH-Akkus aufgeführt, der seit 2001 an verschiedenen Flohmärkten zu haben ist:

Siehe auch HTC-Bulletin Nr. 2002/III 15W für 600g, von HB9ABO [20]

### Wahl der Batteriespannung für Selbstbaugeräte

Die Wahl der Batteriespannung ist sehr eng mit dem Entwurf der Endstufe verbunden, weil diese der grösste Stromverbraucher ist. Namentlich bei grösseren Leistungen muss man eine höhere Batteriespannung wählen, damit man in der Endstufe im Bereich von Impedanzen bleibt, die für den Amateur noch handhabbar sind. D.h. man soll kleine Impedanzen mit den damit verbundenen hohen Strömen und Verlusten vermeiden.

Der Lastwiderstand  $R_L$  einer Endstufe hängt nach der folgenden Beziehung von der Leistung und der Speisespannung ab:

$$R_L = \text{Batteriespannung}^2 / 2 * \text{Ausgangsleistung}$$

Tabelle 5

Ubatt	Ausgangsleistung					
	0.3 W	1.0 W	3.0 W	10.0 W	30.0 W	100.0 W
60 V	12'000 Ω	3'600 Ω	1'200 Ω	360 Ω	120 Ω	36 Ω
30 V	3'000 Ω	900 Ω	300 Ω	90 Ω	30 Ω	9.0 Ω
10 V	333 Ω	100 Ω	33 Ω	10 Ω	3.3 Ω	1.0 Ω
3 V	30 Ω	9.0 Ω	3.0 Ω	0.9 Ω	0.3 Ω	0.1 Ω

Tabelle 5 zeigt den Zusammenhang zwischen Ausgangsleistung und Lastwiderstand der Endstufe bei verschiedenen Batteriespannungen. Anzustreben sind  $R_L$ -Werte von etwa 12 bis 60  $\Omega$ ; in diesem Bereich ergeben sich "vernünftige" Kapazitäts- und Induktivitätswerte in der Ausgangsschaltung der Endstufe.

Wird die Endstufe so konzipiert, dass sie über einen möglichst grossen Spannungsbereich betrieben werden kann, dann hat man grössere Freiheit bei der Batteriewahl. Anzustreben ist jene Batteriespannung, bei der die Endstufe den besten Wirkungsgrad hat.

### Welche Art von Energiespeicher ist für den NMD geeignet?

Bisher wurden im NMD wurden vor allem die folgenden Batterietypen eingesetzt:

- Primärzellen (d.h. nicht aufladbare Zellen):  
Kohle-Zink-, Alkali-Mangan-, Lithiumbatterien
- Akkumulatoren:  
Blei-, Nickel-Cadmium- (NiCd), Nickel-Metallhydrid- (NiMH), Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Primärzellen haben zwar eine sehr hohe Kapazität pro Gewichtseinheit; sie können ihre Ladung jedoch nur in kleinen Strömen abgeben. Die volle Kapazität kann man bei diesen Typen nur über mehrere Dutzend Stunden entnehmen. Eine Alkali-Mangan-Batterie müsste man deshalb für den NMD mehrfach überdimensionieren, so dass ihr Gewicht dasjenige von Akkumulatoren übersteigt. Deshalb ist im Folgenden nur noch von den Akkumulatoren die Rede.

### Übersicht über die wichtigsten NMD-Akkutypen [1]

NMD-relevante Eigenschaft	NiCd	NiMH	Blei/Säure	Lithium-Ionen	Li-Ionen-Polymer
Energiedichte in Wh/kg	45...80	60...120	30...50	110...160	100...130
Lebensdauer in Zyklen	1500	300...500	200...300	500...1000	300...500
Toleranz gegen Überladen	mässig	klein	hoch	sehr klein	klein
Selbstentladung/Monat	20 %	30 %	5 %	10 %	ca. 10 %
Nennspannung/Zelle	1.2 V	1.2 V	2 V	3.6 V	3.6 V
Wartungsintervall (Tage)	30..60	60..90	90..180	wartungsfrei	wartungsfrei

### Wartung

Ziel der Wartung ist, bei Contestbeginn eine voll geladene Batterie zu haben, mit der Gewissheit, dass diese in der Lage ist, ihre Kapazität vollumfänglich abzugeben.

Keine der hier angegebenen Batteriearten darf über Tage oder Wochen an einem Ladegerät angeschlossen sein.

NiCd- und NiMH-Akkumulatoren sollten etwa alle 2 bis 3 Monate entladen und wieder aufgeladen werden. (Ja, auch NiMH-Akku haben einen gewissen "Memory"-Effekt!) Bei Bleiakkumulatoren genügt es, sie ein- oder zweimal pro Jahr nachzuladen. Lithium-Akku benötigen keine Wartung; sie sollten bei tiefer Temperatur gelagert werden.

Zwei bis vier Wochen vor dem NMD müssen NiCd- und NiMH durch einige Lade-/Entladezyklen in Form gebracht werden. Es ist sinnvoll, die Kapazität der Batterie bei dieser Gelegenheit zu messen, so dass man am NMD keine böse Überraschung erlebt.

NiCd- und NiMH-Akku sollten so kurz wie möglich vor Contestbeginn eine kleine Nachladung erhalten; bei den übrigen genügt es, wenn sie einige Tage vorher komplett geladen wurden

### Entladen

Für die Mess- und Wartungsentladungen eignet sich eine Konstantstromsenke, die der Batterie einen konstanten Strom entnimmt. In Ermangelung einer Stromsenke kann man die Batterie auch über einen konstanten Widerstand entladen. Dieser Widerstand kann aus einem beliebigen Verbraucher bestehen, der einen einigermaßen konstanten Strom der gewünschten Stärke zieht und die entsprechende Leistung aufnehmen kann. Gegen Schluss der Entladung muss die Spannung dauernd überwacht werden, um die Batterie nicht zu tief zu entladen.

Der entnommene Strom sollte so bemessen werden, dass die Batterie nach 4 bis 10 Stunden entladen ist.

Beispiel für die Entladung einer 2.2-Ah-Batterie in "NMD-Zeit":  $2.2 \text{ Ah} / 4 \text{ h} = 550 \text{ mA}$ ;

oder Entladung in 10 Stunden:  $2.2 \text{ Ah} / 10 \text{ h} = 220 \text{ mA}$ .

Weil der Entladestrom durch Behelfsverbraucher weder konstant ist noch genau eingestellt werden kann, muss er während der Entladung periodisch notiert werden. Je häufiger, desto genauer die Kapazitätsmessung. Die notierten Stromwerte werden dann mit dem jeweiligen Zeitintervall multipliziert, und diese Teilkapazitäten werden zusammengezählt, was dann die gemessene Gesamtkapazität ergibt.

Dieses Messverfahren ist zeitaufwändig und mühsam, wenn keine automatischen Aufzeichnungsgeräte zur Verfügung stehen. Verzichtet man auf die Messung, so hat man keine genauen Angaben über den "Gesundheitszustand" der NMD-Batterie.

Wegen des erwünschten "Pflegeeffekts" darf man jedoch auf die Lade- und Entladezyklen nicht verzichten, auch wenn man dabei keine Kapazitätsmessung durchführen kann.

## Tiefentladung

Jegliche Entladung muss aufhören, wenn die Zellen die Entladeschlussspannung erreicht haben. Lithiumbatterien nehmen bleibenden Schaden, wenn sie zu tief entladen werden!

NiCd-Zellen sind hier weniger heikel. Man sollte die Ladeschlussspannung indessen auch bei NiCd einhalten und zwar aus folgendem Grund: Angenommen, eine NiCd-Batterie aus zehn Zellen werde bis auf 8.5 V entladen. Das kann u.a. bedeuten, dass jede der Zellen 0.85 V hat. Kein Problem für NiCd, wenn hier die Entladung aufhört. Es könnte jedoch auch sein, dass 9 Zellen 1.0 V haben, und dass eine -0.5 V hat. Die schwächste Zelle wäre in diesem Falle umgepolt worden; das ertragen selbst NiCd-Zellen nur kurze Zeit.

## Laden

Für Batterien, die speziell für den NMD zusammengestellt wurden, existieren normalerweise keine Ladegeräte. Ein handelsübliches Batterieladegerät ist daher kaum geeignet, eine NMD-Batterie richtig zu laden.

Ein einfaches elektronisch geregeltes Bastlernetzgerät mit einstellbarer Spannung und Strombegrenzung genügt für diesen Zweck. Mit einem solchen Gerät ist es möglich, praktisch alle für den NMD brauchbaren Batterietypen zu laden. Das Netzgerät begrenzt den Ladestrom auf den eingestellten Wert, und es gewährleistet, dass die Ladespannung nicht über den eingestellten Wert steigt. Dass die eingestellten Grenzwerte für Spannung und Strom auch richtig sind, dafür ist jedoch allein der Anwender zuständig! Das gilt auch für die Einhaltung der Ladedauer.

## Die Angabe des Ladestroms

Der Ladestrom wird auf den Zellen oder in den Datenblättern oft in Bezug zur Kapazität angegeben; dabei sind Angaben wie  $C/10$  oder  $C/5$  üblich.  $C$  ist die Kapazität, und die Zahl nennt eine Anzahl Stunden. Für eine 1000-mAh-Zelle bedeutet ein Ladestrom von  $C/10$ :  $1000 \text{ mAh} / 10 \text{ h} = 100 \text{ mA}$ ; und  $C/5$  bedeutet  $1000 \text{ mAh} / 5 \text{ h} = 200 \text{ mA}$ . Oft wird der Bruch auch durch einen Dezimalbruch ausgedrückt. Die Schreibweise ist dann:  $0.1C$  ( $=C/10$ ),  $0.2C$  ( $=C/5$ ) oder für höhere Ströme z.B.  $1C$  oder  $2C$ . Dabei muss man sich zusätzlich die Stunden hinter einem Bruchstrich vorstellen: /h.

## Nickel-Cadmium-Batterien laden

Ladeprinzip: Man schickt während der Ladedauer einen bestimmten, konstanten Strom durch die Batterie. Die Ladespannung ist unkritisch; sie muss jedoch mindestens 1.7 V pro Zelle betragen, damit der eingestellte Ladestrom während der ganzen Ladedauer fließt.

Bei Erreichen der Vollladung werden die Zellen warm und die Spannung sinkt leicht.

Der Standardladestrom beträgt  $C/10$ .

Ladedauer: 14 bis 16 Stunden.

Beispiel:

Eine Batterie aus 15 NiCd-Zellen P-220C von Panasonic soll geladen werden. Kapazität: 2.2 Ah; Ladestrom:  $C/10 = 2.2 \text{ Ah} / 10 \text{ h} = 220 \text{ mA}$ ; Ladespannung:  $15 * 1.7 \text{ V} = 25.5 \text{ V}$ ; eingestellt wird z.B. 30 V.

Wirkungsgrad:

16 Stunden Laden mit 220 mA ergibt eine Ladung von 3.52 Ah. Die eingegebene Ladung ist somit anderthalbmal so gross wie die Kapazität (2.2 Ah)! Das ist so, weil die NiCd- und die NiMH-Akkumulatoren schlechte "Futterverwerter" sind. Für die Brauchbarkeit am NMD spielt dieser schlechte Wirkungsgrad indessen keine Rolle.

Faustregel:

NiCd- und NiMH-Akkumulatoren werden 14 bis 16 Stunden lang mit einem Strom von  $C/10$  geladen.

## Nickel-Metallhydrid-Batterien laden

NiMH-Akku unterliegen für die Belange des NMD-Gebrauchs dem gleichen Ladeprinzip wie NiCd. Die Erwärmung bei Erreichen der Vollladung ist allerdings grösser.

Sollte ein NiMH-Akku einmal unter Zeitdruck geladen werden, d.h. mit einem Ladestrom grösser als  $C/10$ , dann ist der Ladestrom gegen Schluss der Ladung wieder zurückzufahren. Temperatur und Spannungsverlauf müssen bei Schnellladungen dauernd überwacht werden.

Die erstmalige Ladung fabrikneuer NiMH-Akkumulatoren beträgt 20 Stunden mit einem Ladestrom von  $C/10$ .

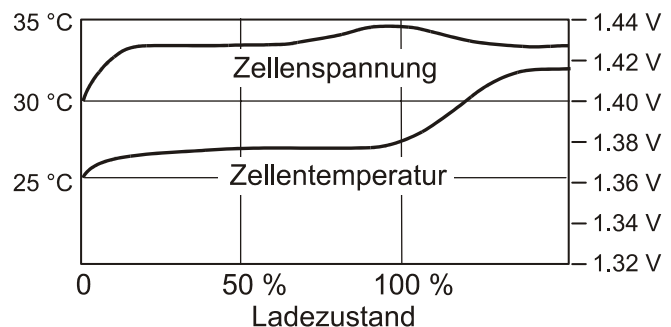
Beispiel:

Ein NiMH-Akku Varta 10/VH3000 4/3 A soll geladen werden:

Ladespannung: 10 Zellen \* 1.7 V = mindestens 17 V

Ladestrom:  $C/10 = 3 \text{ Ah} / 10 \text{ h} = 300 \text{ mA}$

Erstmalige Ladezeit, falls fabrikneu ab Flohmarkt: 20 h, sonst 14 – 16 h.



## Bleiakkumulatoren laden

Das Ladeverfahren beruht darauf, dass sowohl für die Spannung, wie auch für den Strom Grenzwerte eingestellt werden müssen. Am Anfang des Ladevorgangs würde der Bleiakku soviel Strom schlucken wie man ihm gibt, deshalb muss der Ladestrom begrenzt werden. Wird im Verlauf der Ladung die Ladespannung erreicht, so muss das Ladegerät dafür sorgen, dass diese nicht mehr steigt. Der Ladestrom nimmt nachher fortlaufend ab. Der Bleiakku ist geladen, wenn er bei der maximalen Ladespannung keinen nennenswerten Ladestrom mehr zieht. Das Bild veranschaulicht diese Zusammenhänge.

Maximale Ladespannung: 2.45 V/Zelle bei 25°C, d.h.

14.7 V für eine 12-V-Batterie.

Ladestrom: Auf C/10 begrenzen.

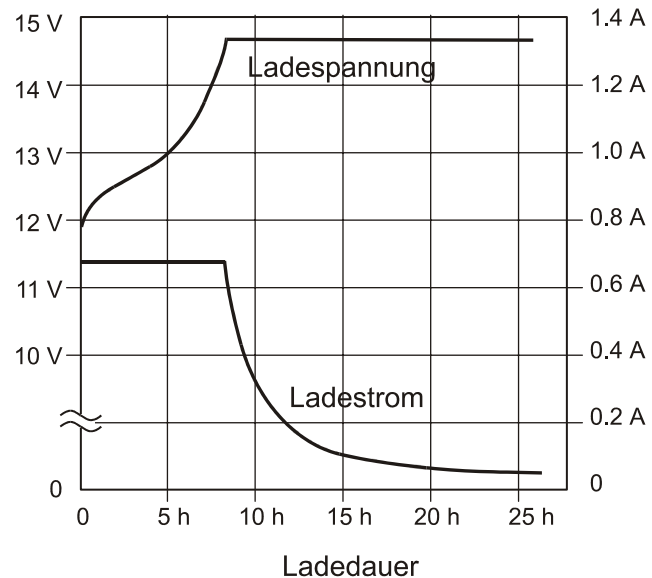
Ladezeit: 10 Stunden.

Beispiel:

Ein Hitachi-Bleiakku HP6.5-12 (12 V, 6.5 Ah) soll geladen werden:

Maximale Ladespannung = 2.45 V \* 6 Zellen = 14.7 V. (Im Gegensatz zu NiCd und NiMH muss diese Spannung genau eingestellt werden)

Maximaler Ladestrom: 6.5 Ah/10h = 650 mA



## Lithium-Ionen-Akkumulatoren laden

Das Laden geschieht nach dem gleichen Prinzip wie für Bleibatterien, wenn auch mit anderen Strom- und Spannungswerten. Im Gegensatz zu den Bleiakkumulatoren ertragen Li-Ionen-Akku keine Überladung! Verschiedene Hersteller verlangen übereinstimmend, dass die Ladespannung mit einer Toleranz von +/- 50 mV pro Zelle eingehalten werde. Die am Ladegerät eingestellte Spannung muss daher mit einem verlässlichen Voltmeter kontrolliert werden.

Maximale Ladespannung: 4.20 V oder 4.10 V pro Zelle (je nach Datenblatt des Herstellers).

Ladestrom: Hersteller geben maximale Ladeströme von 0.7C bis 1C an. (Diese Batterien werden oft in Geräten eingesetzt, in denen eine kurze Aufladezeit wichtig ist.) Für den NMD-Einsatz steht mehr Ladezeit zur Verfügung, ein Ladestrom von 0.2C ist daher ausreichend.

Ladezeit: Etwa 5 Stunden

Ladeschluss: Eine Lithium-Ionen-Batterie ist geladen, wenn bei der maximalen Ladespannung der Ladestrom auf 0.05C gesunken ist.

Beispiel:

Eine Lithium-Ionen-Batterie aus vier Zellen des Typs GP1865L170 (1.7 Ah) soll geladen werden:

Maximale Ladespannung = 4.20 V \* 4 Zellen = 16.80 V

Ladestrom: 0.2C = 0.2 \* 1.7 Ah = 340 mA

## Eine NMD-Batterie zusammenstellen

Grundregel: Nicht verschiedene Zellen mischen: Alle Zellen einer Batterie müssen nicht nur vom genau gleichen Typ sein, sondern sie sollten auch aus dem selben Produktionslos stammen. (Stempelaufdruck oder andere Kennzeichnung) Hersteller weisen darauf hin, dass Zellen beim Löten beschädigt werden könnten, deshalb sollte man für die Verbindung untereinander Zellen mit Lötflähen verwenden. Für batterie-interne Verbindungen eignet sich ein Flachband-Cu-Geflecht, das man z.B. aus dem Mantel eines dünnen Koaxkabels (RG-174) herstellen kann. Zellen können mit Leim, mit Schrumpfschlauch oder mit Klebband zu einer Batterie vereinigt werden. Für den Amateur ist wohl die Klebbandmethode die nächstliegende.

Eine weitere - eher amateurgemässe - Möglichkeit ist die, dass man die Zellen in eine Anzahl gleich grosser Säulen aufteilt. Mit Papier von etwa 0.2 – 0.25 mm Dicke erstellt man ein Rohr, dessen Innendurchmesser dem Zellendurchmesser entspricht. Das Papierrohr wird mit dünnem Klebband umwickelt, und die (nicht verdrahteten) Zellen werden im Rohr aneinander geschoben. Jede Säule wird beidseitig mit einem Batteriehalter (sog. Batterieclip) abgeschlossen. Die Batteriehalter müssen auf einer festen Unterlage befestigt sein, die den mechanischen Druck aufbringen kann, der für einwandfreien Kontakt zwischen den Zellen nötig ist.



### **Batteriekapazität und Betriebstechnik**

Die Methode Band absuchen und QSO-Partner wählen braucht gegenüber dem CQ-Rufen weniger Strom. Wer die Möglichkeit hat, die Sendeleistung zu variieren, sollte QRP machen, vor allem in der ersten Stunde nach Contestbeginn

### **Batterien richtig entsorgen (nach [2])**

Batterien müssen am Ende der Lebensdauer einer Verkaufs- oder Entsorgungsstelle zurückgegeben werden. Niemals in den Kehricht werfen. Besonders das Cadmium der NiCd-Akku ist ein sehr gefährliches Umweltgift. Nickel und Nickel-Verbindungen stehen im Verdacht krebserregend zu sein, alle Schwermetalle sind umweltschädlich. Bei der Entsorgung werden wiederverwendbare Rohstoffe gewonnen.

[1] Isidor Buchmann, "What is the perfect Battery", isidor.buchmann@cadex.com

[2] Dr. R.Zinniker: zinniker@ife.ee.ethz.ch