

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Geschichte und Aufbau

- Aufstellung der sogenannten Voltaschen Spannungsreihe (1794)
- Batterien gehören zu den elektrochemischen Stromquellen. Eigentlich ist Batterie“ der Oberbegriff für mehrere in Serie geschaltete galvanische Zellen (oder galvanische Elemente)
- Die Entwicklung von Lithium-Batterien mit Lithium-Metall-Anoden und nichtwässrigen Elektrolyten begann in den 60er Jahren.

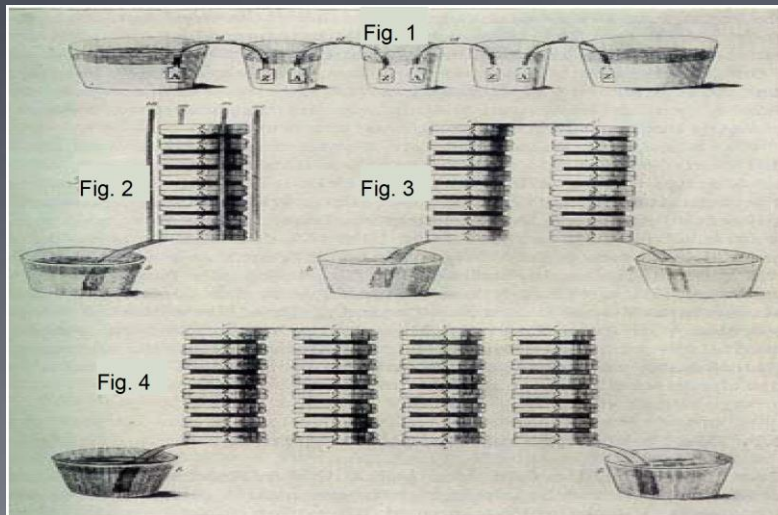


Abb. 1: Verschiedene Formen der Voltaschen Säule

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Geschichte und Aufbau

Im Prinzip besteht eine Batterie aus:

- dem Batteriegehäuse
 - zwei Elektroden
 - dem Elektrolyten
 - Separator (Ionen durchlässig, nicht durchlässig für Elektronen)
-

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Geschichte und Aufbau

- Umwandlung chemischer in elektrische Energie und umgekehrt
- Liefert immer Gleichstrom

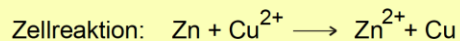
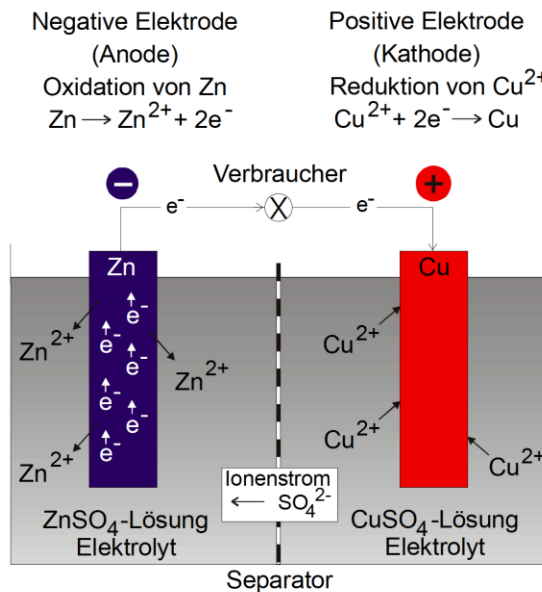
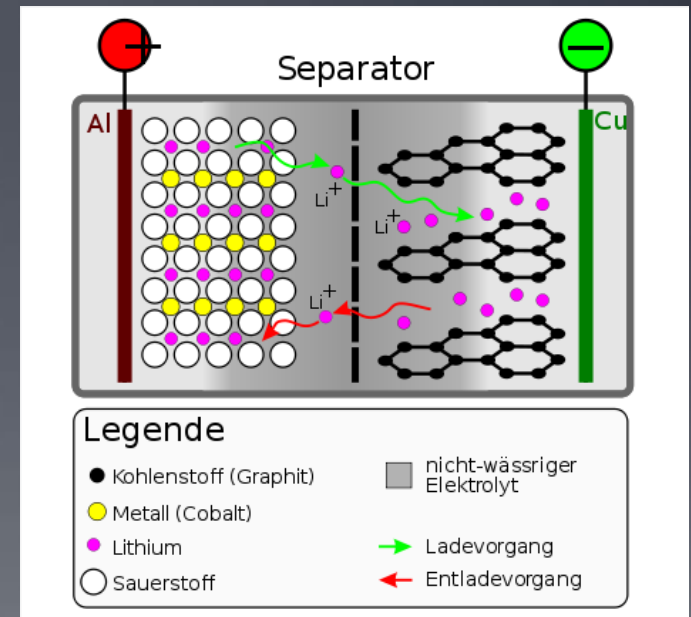


Abb. 2: Entladereaktion einer galvanischen Zelle am Beispiel des Zink-Kupfer Elements (1836 von Daniell vorgestellt).

Aufbau von LiPo-Zellen

- Weiterentwicklung des Lithium-Ionen-Akku.
- Kathode (negative Elektrode) besteht aus Graphit
- Anode aus Lithium-Metalloxid
- Elektrolyten auf Polymerbasis (feste bis gelartige Folie)
- Die Bauform der Lithium-Polymer-Akkus unterliegt praktisch keinen Beschränkungen.



Eigenschaften

- Kein Memory Effekt
 - Geringe Selbstentladung
 - Lebensdauer (ca. 500 Zyklen, Herstellungsdatum)
 - => Kapazitätsverlust, lässt sich nicht durch „Aufpäppeln“ zurückgewinnen
 - => Stark vom Entladestrom und der Lagerung abhängig
-

Eigenschaften

Lithium-Polymer-Akkus sind elektrisch und thermisch sehr empfindlich:

- Überladen
 - Tiefentladen
 - zu hohe Ströme
 - Betrieb bei zu hohen (größer 60°C) oder zu niedrigen Temperaturen (kleiner 0°C)
 - Lagern in entlademem Zustand

 - Lithium-Polymer-Akkus können sich bei Überladung entzünden oder auch verpuffen (Aufblähen durch Gasbildung)
-

Test



Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Tiefentladung, Überladung

Bei Tiefentladung $<1.5V$ Zelle entsorgen,
 $<2.5V$ Last Zelle vorsichtig mit geringem Strom laden

Wenn eine Zelle auf unter 1,5 V entladen wird, sollte sie nicht mehr verwendet werden. Denn mit hoher Wahrscheinlichkeit haben sich Kupferbrücken ausgebildet, die zu einem Kurzschluss führen. Die Zelle wird instabil und erhitzt sich stark. Es besteht Brandgefahr.

Bei **Überladung** eines Li-Ion-Akkus lagert sich metallisches Lithium an der Anode ab. Das Kathodenmaterial wird zum oxidierenden Element und verliert seine Stabilität. Dadurch heizt sich der Akku auf und kann sogar in Brand geraten.

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Begriffe

- Nennspannung (liegt bei 3.7V pro Zelle)
- Ladeschlussspannung (4.2 V / Zelle)
- Entladeschlussspannung (2.5 V / Zelle)
- Kapazität (C in mAh)
z.B. C = 2200mAh
der Akku kann eine Stunde
mit 2.2 A belastet werden
- Innenwiderstand R_i



C - Werte

C = Capacity, Kapazität (mAh)

Beispiel:

1000 mAh Lipo mit 20C (1000mAh = 1C)

Laden mit 0.6 – 1.0 C

⇒ 600 – 1000mA

Entladen mit max. 20 C

20 x 1000mA = 20A

Aber unter welchen Rahmenbedingungen?

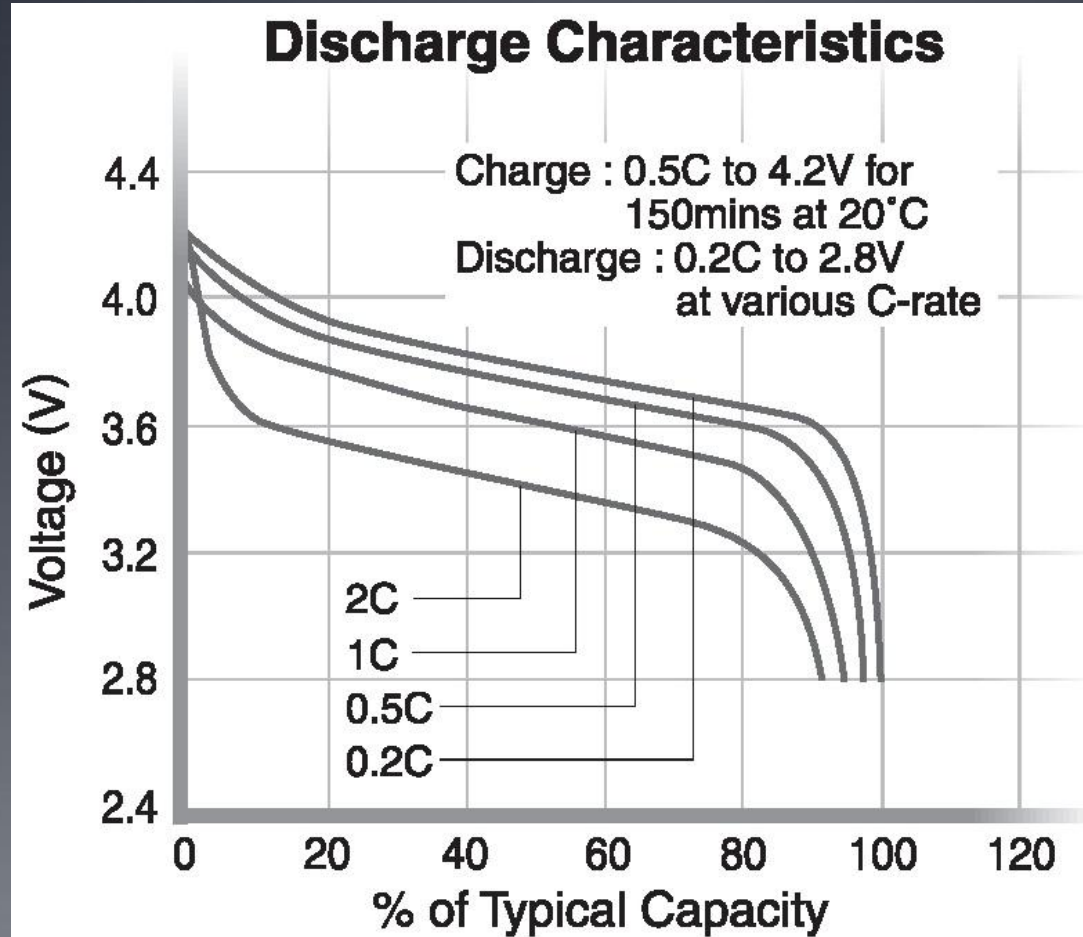
- Temperaturverteilung im Pack
 - Kurz- oder Dauerbelastung
-

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

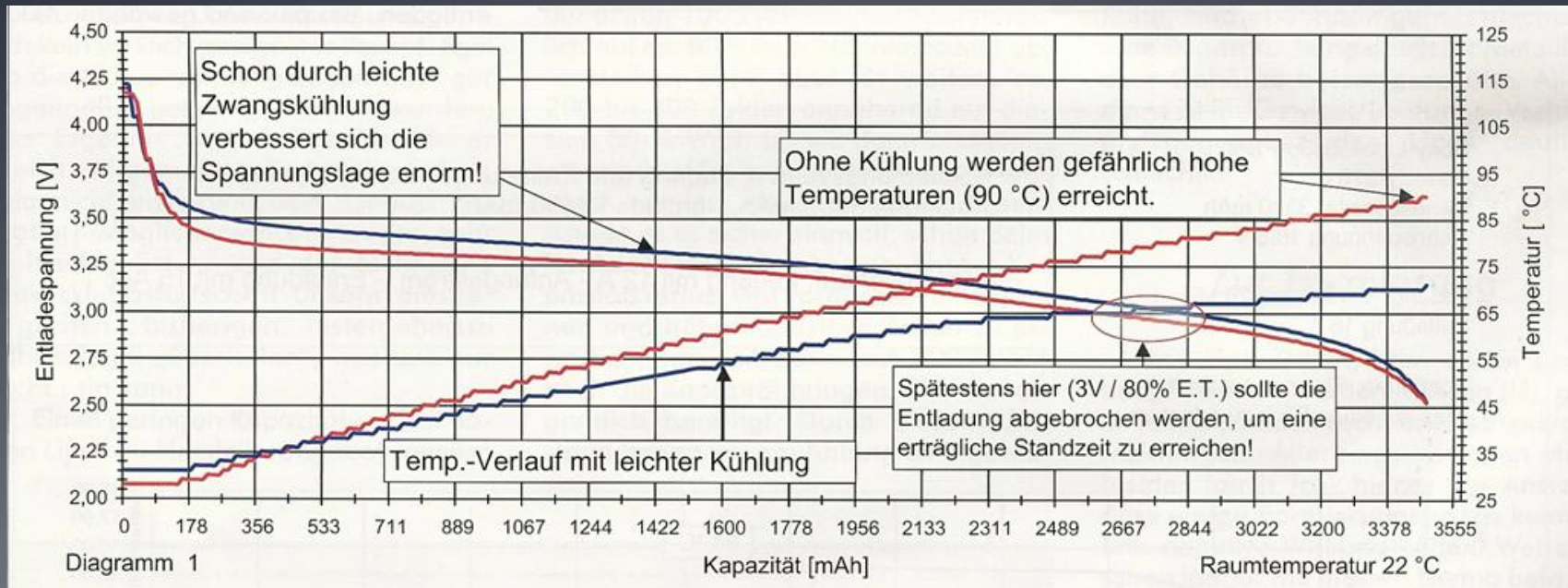
Lagerung

- Unter Berücksichtigung der Selbstentladung (ca. 4% bei 25° C) bei ca.40-60% der Kapazität
 - Alle 6 Mt. Auf diesen Wert nachladen
 - Der Akku altert schneller je höher die Zellenspannung ist (Kapazität, Innenwiderstand)
 - Die Nennspannung (3.7V) sollte bei der Lagerung nie unterschritten werden
 - Monatlich kontrollieren
-

Entladekurven



Entladekurven



Lade- Entladekurven

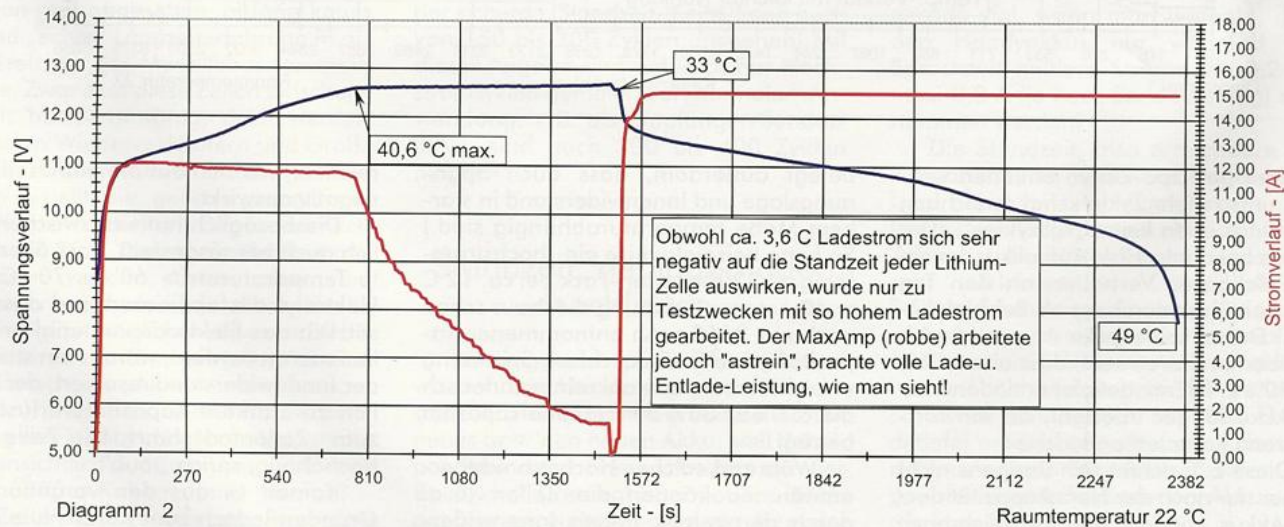
Sony-Lipos, 3s3p-Pack
Gewicht 370 g
Nennkapazität 3300 mAh
Nennspannung 10,8 V

Ladung 12 A, ca. 26 Min.
Entladung 15 A, ca. 14 Min.

Spannung, Strom u. Laufzeit
alles auf einen Blick zu erfassen

— Spannungsverlauf, Ladung und Entladung, - Sony 3s3p 1100er
geladen 3505 mAh, - entladen 3480 mAh

— Stromverlauf, Ladung mit 12 A - Anfangsstrom, - Entladung mit 15 Acc



30/70% Regel

Für eine lange Lebensdauer und um möglichst keine Schäden zu verursachen:

- 30% der Nennkapazität sollten immer im Akku bleiben

Sicherheitsmarge zu Tiefentladung, BEC, Temp

- 70% des max. Stromes bei Dauer-/ Spitzenlast nicht überschreiten

Temperatur, Abfedern von „frisierten“ C- Angaben

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

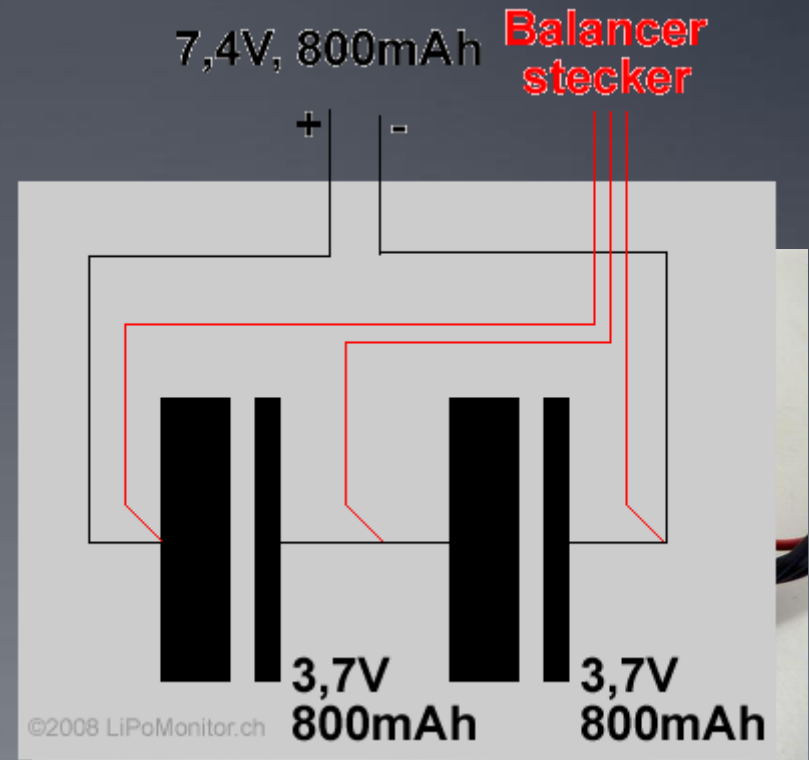
P / S Schaltungen

- S bedeutet Seriell oder Serieschaltung. Die Zellen werden also in Reihe verlötet wobei sich die Spannung des Pack erhöht.
 - $1S=3.7V$ $2S= 7.4V$ $3S=11.1V$ usw.
 - P ist die Bezeichnung für Parallel. Zellen vom gleichen Typ können parallel geschaltet werden. Dabei vervielfacht sich die Kapazität bei gleicher Spannung
 - $1P = 1200mAh$ $2P = 2400mAh$ $3P = 3600mAh$
-

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Ausgleichen der Zellenspannung

- Parallel geschaltete Zellen haben zwangsläufig immer die gleiche Spannung
- Seriell geschaltete Zellen können unterschiedliche Spannungen aufweisen und müssen unbedingt abgeglichen werden.



Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Rechenbeispiel Segler

- 200 W/kg ergibt ein sehr gutes Steigen
 - Segler mit 2kg Abfluggewicht => 400W
 - **Leistung (W) = Strom (A) x Spannung (V)**
 - bei einer Zellespannung von 3.6V unter Last resultiert bei
2S bzw. 7.2V ein Strom von 55.5A
3S bzw. 10.8V 37 A
4S bzw. 14.4V 27.7 A
 - Auswahl (3S) => Dauerstrom 37A
 - Mit 70% Regel muss der Akku eine Dauerstombelastung von knapp 50 A aushalten (37A x 130%)
-

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Rechenbeispiel Segler

Auswahl des Akku (3S)

- 2000mAh (2 Ah) Akku mit 25C Dauer = 50A
 - 2500mAh (2.5 Ah) Akku mit 20C Dauer = 50A
 - 3300mAh (3.3Ah) Akku mit 15C Dauer = 49.5A
-

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Rechenbeispiel Segler

Berechnung Flugzeiten

- 3300mAh Akku bei 37A
 - $3.3 \text{ Ah} \times 0.7 = 2.31 \text{ Ah} = (\times 60) 138.6 \text{ Amin} = (/ 37\text{A}) 3.75 \text{ min} = 3 \text{ min } 45 \text{ s}$
 - 2500mAh Akku bei 37A
 - $2.5 \text{ Ah} \times 0.7 = 1.75 \text{ Ah} = (\times 60) 105 \text{ Amin} = (/ 37\text{A}) 2.84 \text{ min} = 2 \text{ min } 50 \text{ s}$
 - **Achtung: Strom Messen nicht vergessen und ev. mit Propellergrösse variieren**
-

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Rechenbeispiel Motormodell

Auswahl des Akku (4S)

- 2000mAh (2 Ah) Akku mit 25C Spitze = 50A
 - 2500mAh (2.5 Ah) Akku mit 20C Spitze = 50A
 - 3300mAh (3.3Ah) Akku mit 15C Spitze = 49.5A

 - Bezeichnung Akku: 3300mAh 10C/15C
-

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Rechenbeispiel Motormodell

Berechnung der Flugzeiten (nur empirisch, da Strom sehr variabel)

- 3300mAh Akku bei 36A Spitzenstrom (Vollgas)
 - $3.3 \text{ Ah} \times 0.7 = 2.3\text{Ah} = (\times 60) 138 \text{ Amin} = (/ 36\text{A}) 3.85\text{min} = 3\text{min } 51 \text{ s}$
 - Man mache einen Flug mit überdurchschnittlicher Belastung (Zeit am Gashebel genau Messen) => Akku nachladen
 - Nach 4min 12sec (252s) Flug wurden 1508mAh nachgeladen
 - $\emptyset \text{ Strom} = \text{Kapazität (Ah)} / t \text{ (h)} = 1.508 \text{ Ah} / (252\text{s}/3600) = 21.5 \text{ A}$
 - $2.3\text{Ah} / 21.5 \text{ A} = 0.107\text{h} = (\times 60) = 6.41 \text{ min}$ die bedenkenlos geflogen werden können
 - **Auch hier ohne Strom Messen geht's nicht**
-

Lithium (-Ionen) -Polymer Akkus

Sicherheit

- Akku vor dem Laden immer gut auskühlen lassen (an die inneren Zellen denken, Lüfter)
 - Wenn möglich nicht im Modell laden (Kühlung)
 - Wenn möglich immer mit Balancer laden
 - Vor dem Einschalten des Ladegeräts Hirn einschalten (passt meine Einstellung am Ladegerät zum Akku)
 - Immer Akkusack verwenden
-

Welche Faktoren bestimmen die Qualität eines Lipo Akkus?

1. Die Güte der Charge: Nicht jede Charge (d.h. Produktionslauf) ist identisch gut. Die Chemie der Zellen ist eine komplexe Rezeptur mit zahlreichen Rohstoffen. Güte der Rohstoffe und Zusammensetzung sind nicht immer identisch.
2. Die Auswahl aus einer Charge: In jeder Charge gibt es unterschiedliche Güten von Zellen. Die Top 10% unterscheiden sich deutlich messbar von den restlichen Zellen. Oftmals werden die schlechteren Zellen einer Charge (beurteilt an Widerstand, Kapazität und Spannungslage) für billigere Marken / Produkte genutzt, da dies auch günstiger am lipo-zellen Markt in Asien zu erwerben sind.
3. Die Selektion der Zellen für ein Akku-Pack: Hier gilt es möglichst jene Zellen zusammen in ein Pack zu verbinden, die gleiche Widerstände, Kapazitäten und Spannungen haben. Somit wird ein größerer Zellendrift (unterschiedliche Endspannungen der einzelnen Zellen) vermieden. Ein harmonisches Akku-Pack ist deutlich leistungsfähiger und hat eine lange Lebensdauer.

Ausblick und Referenzen

Super Charge Ion Battery, kurz SCiB

ist der Produktname eines [Akkumulators](#) auf Basis der [Lithium-Ion](#)-Technologie des Herstellers [Toshiba](#). Der Prototyp dieses Akkumulators wurde bereits im März 2005 vorgestellt. Die Entwicklung zum serienreifen Produkt dauerte genau drei Jahre und war im März 2008 abgeschlossen.

Nach Herstellerangaben lässt sich der Akku innerhalb von einer Minute auf 80 % und innerhalb von fünf Minuten auf 90 % seiner [Nennkapazität](#) laden

<http://de.wikipedia.org>

www.lipomonitor.ch

www.truec.org
