

Prüfanweisung	Lebensdauerprüfung von Lithium Polymer Akku-Packs	N°: PA06002-v2
20.05.2006	Nur für internen Gebrauch	Seite 1 von 6

Veranlassung

Ermitteln der Zyklenfestigkeit und Lebensdauer von Lithium Polymer Akkupacks unter möglichst vergleichbaren Bedingungen wie sie im RC Bereich auftreten da von Herstellerseite praktisch keine Angaben zu erhalten sind.

Die Test erfolgen an ganzen Packs (3-5S), da Messungen an Einzelzellen weniger aussagekräftig sind. In einem Zellenstapel ist die Erwärmung deutlich höher, zudem können sich die einzelnen Zellen im Verlaufe der Zeit was Kapazität und Spannungslage angeht auseinander bewegen. Die schwächste Zelle im Stapel wird dadurch zunehmend stärker belastet, was zu einer beschleunigten Degradation führt.

Normalerweise werde ich die Verläufe der nutzbaren Kapazität/Energie, der Spannungslage, der Temperatur und des Innenwiderstandes aus.

1. Vorbereiten der Prüflinge

- Anlöten der Stecker, in der Regel 4mm Laborstecker.
- Anbringen des Temperaturfühlers (Pt100 Element) möglichst im Zentrum des Akkupacks. Dazu ist ggf das Aufschneiden des umhüllenden Schrumpfschlauches notwendig (-> Anhang B).
- 1 Lade/Entladezyklus mit folgenden Bedingungen:

Ladestrom	1C
Ladespannung pro Zelle	4.2V
Entladestrom	4C
Min. Entladespannung pro Zelle Vcutoff	3.1V

Tab. 1

2. Initialmessung

Vor dem Lebensdauerersuch werden die Kapazität, die individuellen Spannungen der einzelnen Zellen und die Erwärmung bei Entladung mit Konstantstrom ermittelt. Der Entladestrom ist abhängig vom Typ des Akkus (Tab. 2).

Ladestrom	1C ± 10%
Ladespannung pro Zelle	4.2V, +0 -40mV
DC Entladestrom:	
„10C-Zellen“	7C
„12C-Zellen“	8C
„15C-Zellen“	10C
„20C-Zellen“	12C
„>20C-Zellen“	15C
	Toleranz ± 1%
Min. Entladespannung pro Zelle Vcutoff	2.9V, +0 -50mV

Tab. 2

Prüfanweisung	Lebensdauerprüfung von Lithium Polymer Akku-Packs	N°: PA06002-v2
20.05.2006	Nur für internen Gebrauch	Seite 2 von 6

3. Lebensdauerversuch

Der Lebensdauerversuch führe ich nach folgendem Muster durch:

Laden – entladen – pause – laden – entladen – usw.

Das Entladen erfolgt mit einem Entladestrom, der die unterschiedlichen Belastungsphasen im Flugbetrieb möglichst gut nachbilden soll (Fig. 1). Je nach Zellentyp werden folgende Prüfbedingungen eingestellt:

Ladestrom	1C \pm 10%	
Ladespannung pro Zelle	4.2V, +0 -30mV	
Entladeströme Toleranz \pm 1%	Mittelwert I_m	Spitzenwert I_p
„10C-Zellen“	4C	10C
„12C-Zellen“	5C	12C
„15C-Zellen“	5C	15C
„20C-Zellen“	6C	20C
„>20C-Zellen“	6C	25C
Min. Entladespannung pro Zelle V_{cutoff}	2.9V, +0 -50mV	
Pause	15 Minuten	

Tab. 3

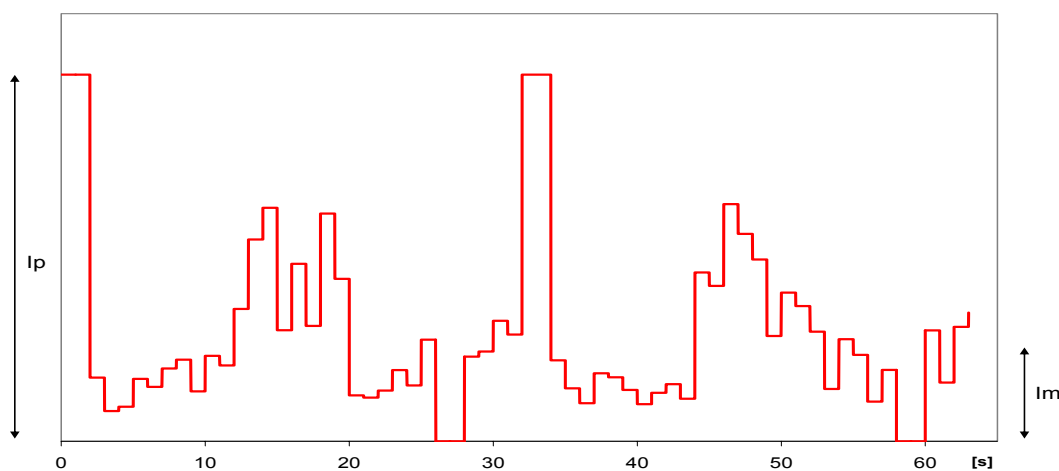


Fig. 1 Typische Form des Entladestromes, die Werte für den Spitzenstrom I_p und den Mittelwert I_m werden gemäss Tab. 3 an den Typ des Akkus angepasst.

Die Form des Entladestromes wird ständig variiert, lediglich die Spitzenwerte I_p und der Mittelwert I_m bleiben konstant. Kein Entladezyklus gleicht also exakt dem anderen, wie im Flugbetrieb auch. Je nach gerade herrschendem Strom wird die Abschaltbedingung (V_{cutoff}) etwas früher oder später erreicht, dadurch streut die Entladetiefe geringfügig. Nach dem Abschalten beträgt die (Leerlauf-)Zellenspannung um 3.4V...3.45V, sie hat damit noch um 10% Restkapazität.

Prüfanweisung	Lebensdauerprüfung von Lithium Polymer Akku-Packs	N°: PA06002-v2
20.05.2006	Nur für internen Gebrauch	Seite 3 von 6

4. Zwischenmessungen

Der Lebensdauerersuch wird alle 25 Zyklen unterbrochen und eine Zwischenprüfung mit Konstantstrom analog zu Pkt 2 (Tab. 2) durchgeführt. Dies ermöglicht ein besserer Vergleich zu Entladekurven, die von Herstellern oder anderer Seite im Internet publiziert wurden.

5. Testende

Der Zyklusbetrieb wird solange aufrecht erhalten bis das Verhalten der Zellen genügend genau abgeschätzt werden kann. Typischerweise wird der Test gestoppt wenn eines der folgenden Abbruchkriterien erfüllt ist.

- Kapazität \leq 80% der Initialkapazität
- Energiemenge \leq 80% des Initialwertes
- Erwärmung \geq 60K
- Sichtbare Schäden, z.B. aufblähen der Zellen.

Abschliessende Arbeiten:

- a) Schlussmessung: Entladung mit Konstantstrom analog zu Pkt 2, Tab.2.
- b) Öffnen des Packs und Inspektion der Zellen.
- c) Datenauswertung, Testbericht.

Prüfanweisung	Lebensdauerprüfung von Lithium Polymer Akku-Packs	N°: PA06002-v2
20.05.2006	Nur für internen Gebrauch	Seite 4 von 6

Anhang A

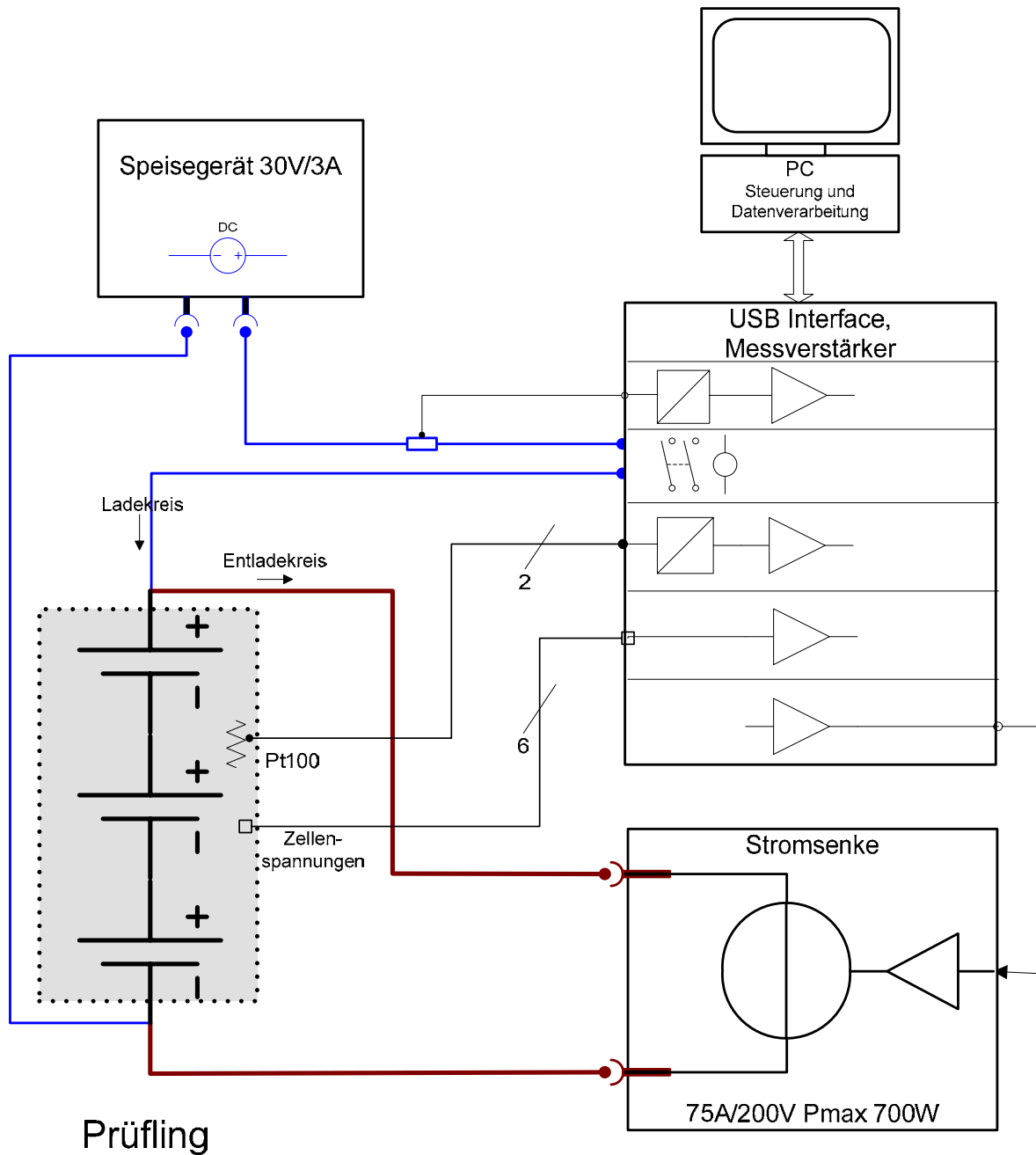


Fig. 2 Blockschema der Prüfanlage

Prüfanweisung	Lebensdauerprüfung von Lithium Polymer Akku-Packs	N°: PA06002-v2
20.05.2006	Nur für internen Gebrauch	Seite 5 von 6

Anhang B

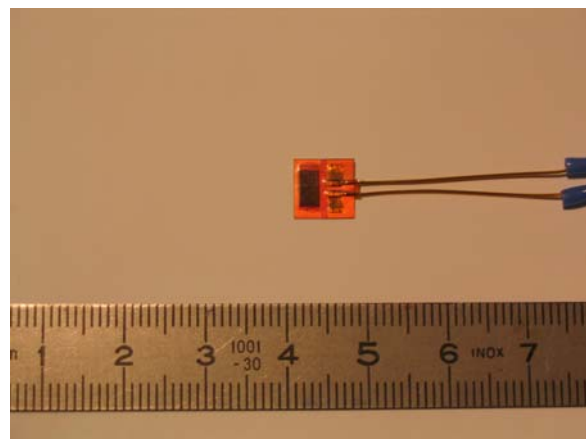
Temperaturmessung

Die Arbeitstemperatur der Zellen hat einen entscheidenden Einfluss, nicht zuletzt auch auf die Lebensdauer. Je nach Packgrösse und Art des Einbandes entstehen unterschiedliche Temperaturdifferenzen zwischen Oberflächen- und Kerntemperatur. Mit der verwendeten Methode kommt man der Kerntemperatur schon recht nahe, vor allem in Phasen in der die zeitliche Temperaturänderung nicht allzu gross ist.

Der Pt100 Fühler ist weniger als 0.5mm dick, hat eine sehr kleine thermische Zeitkonstante und kann meist auch problemlos zwischen die Zellen eines Packs geschoben werden.



Montage des Temperaturfühlers



PT100 Temperaturfühler

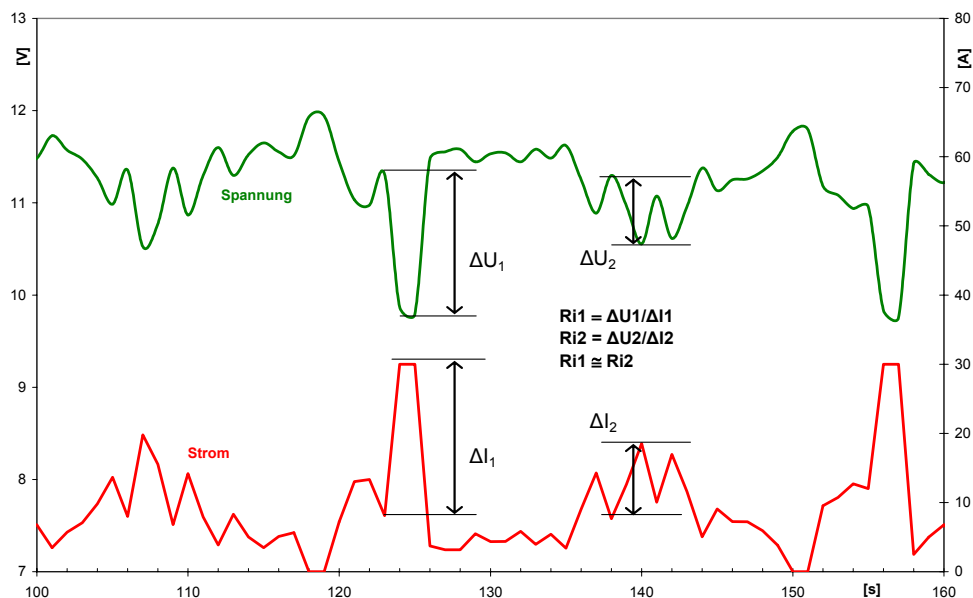
Prüfanweisung	Lebensdauerprüfung von Lithium Polymer Akku-Packs	N°: PA06002-v2
20.05.2006	Nur für internen Gebrauch	Seite 6 von 6

Anhang C

Innenwiderstand Ri

Bei einem bestimmten Zellentyp ist der Innenwiderstand abhängig von der Temperatur, dem Ladezustand, dem Alter (Vorgeschichte), der Frequenz etc. Genau genommen gibt es also den Innenwiderstand gar nicht, es ist vielmehr eine Impedanz, die von verschiedenen Faktoren und vom Messverfahren abhängig ist.

Verschiedene Werte können nur dann verglichen werden, wenn das Messverfahren bekannt, resp. ungefähr gleich ist.



Zum Vergleich bei Lebensdaueruntersuchungen bestimme ich R_i immer in der Mitte der Entladekurve durch den Mittelwert von mehreren zeitlich nah beieinander liegenden Messwerten R_{i1}, R_{i2}, \dots