

Aktuell eingesetzte Akkus

Lithium - Ionen

Nichtssagender Überbegriff

Lithium - Polymer

Überbegriff /
Trennmembran aus PE oder PP

Lithium - Kobalt Mangan

Erprobt : Exotherm

Lithium - Eisenphosphat

Erprobt: Endotherm und sicher

Lithium - Kobaltoxid

Höchste Energiedichte.
Eingesetzt u.a. bei Boeing;
Thermal Runaway

Lithium - Kobalt Nickel

Erprobt: Stark Exotherm

Lithium - Manganoxid

Erprobt: Exotherm

Blei Gel

Traktionsbatterie für
Nebenverbraucher

Blei - Vlies

Traktionsbatterie vor
allem für das Militär

Zebra Batterie

Zero Emission Battery Research Activity
Natrium - Nickelchlorid Batterie im Einsatz
z.B. im Think (Norwegen)

Nickel Metallhydrid

H Ionen zersetzen sich und werden reversibel
von einer Metalllegierung gebunden. Im
Einsatz bei einigen Hybridfahrzeugen

Elektrodenmaterial im Vergleich

Material	Gewicht g/mol	Ladungsdichte Ah/kg	Elektroden- potential V	Batterie
Pb Blei	207,2	259	-0,13	Blei Gel Blei Vlies
Cd Cadmium	112,4	477	-0,4	AA Nickel Cadmium
LaNi ₅ H ₆	438,4	367	0,0	Nickel Metallhydrid
Lithium	6,94	3862	-3,05	Li FePO Li MnO ₂
Na Ni Cl ₂	22,9	1168	-2,71	Zebra

Aufbau einer Lithium Eisenphosphat Zelle

Anodenmaterial: Graphit / Kohlenstoff / Andere

Eingesetzt wird LiC_6 , Durchschnittsspannung 0,15 V C = 372 mAh/g

Lithium Titanoxid kommt nur auf C= 160 mAh/g

Lithium Germanium hätte C=1624mAh/g, ist aber zu teuer

Kathodenmaterial:

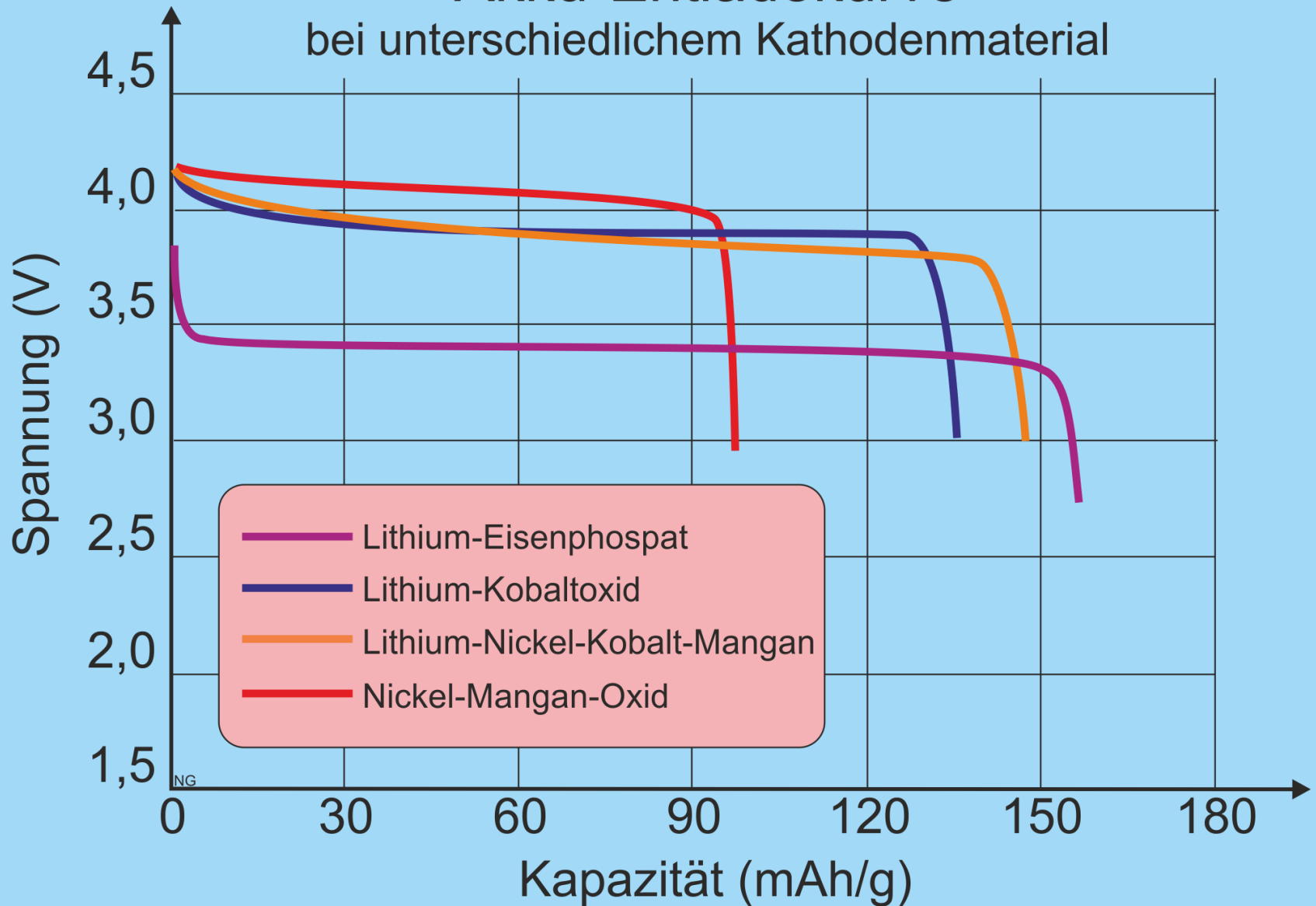
Eisenphosphat/Kobaltoxid/Manganoxid

Eingesetzt werden

LiFePO_4 :	ca. 3,3 V; 150 mAh/g;	Sichere Technik
LiCoO_2 :	ca. 3,7 V; 140 mAh/g;	Thermal Runaway ab 200° C
LiMn_2O_4 :	ca. 4,0 V; 100 mAh/g;	Thermal Runaway ab 260° C

Akku-Entladekurve

bei unterschiedlichem Kathodenmaterial

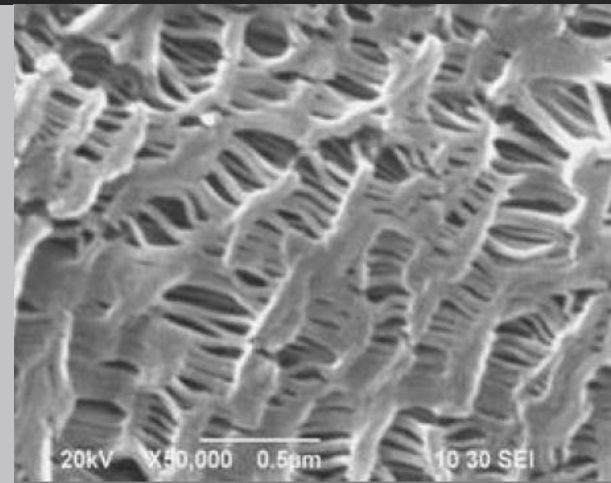


Elektrolyt: organic solvent, non aqueous
Organische Lösung, pastös (aprotische
Lösungsmittel ohne funktionelle Gruppe,
Polyfluorierte Boran Cluster Anionen)

Elektrodenmaterial: Kupfer, Aluminiumfolie

Separator: PE / PP / PE

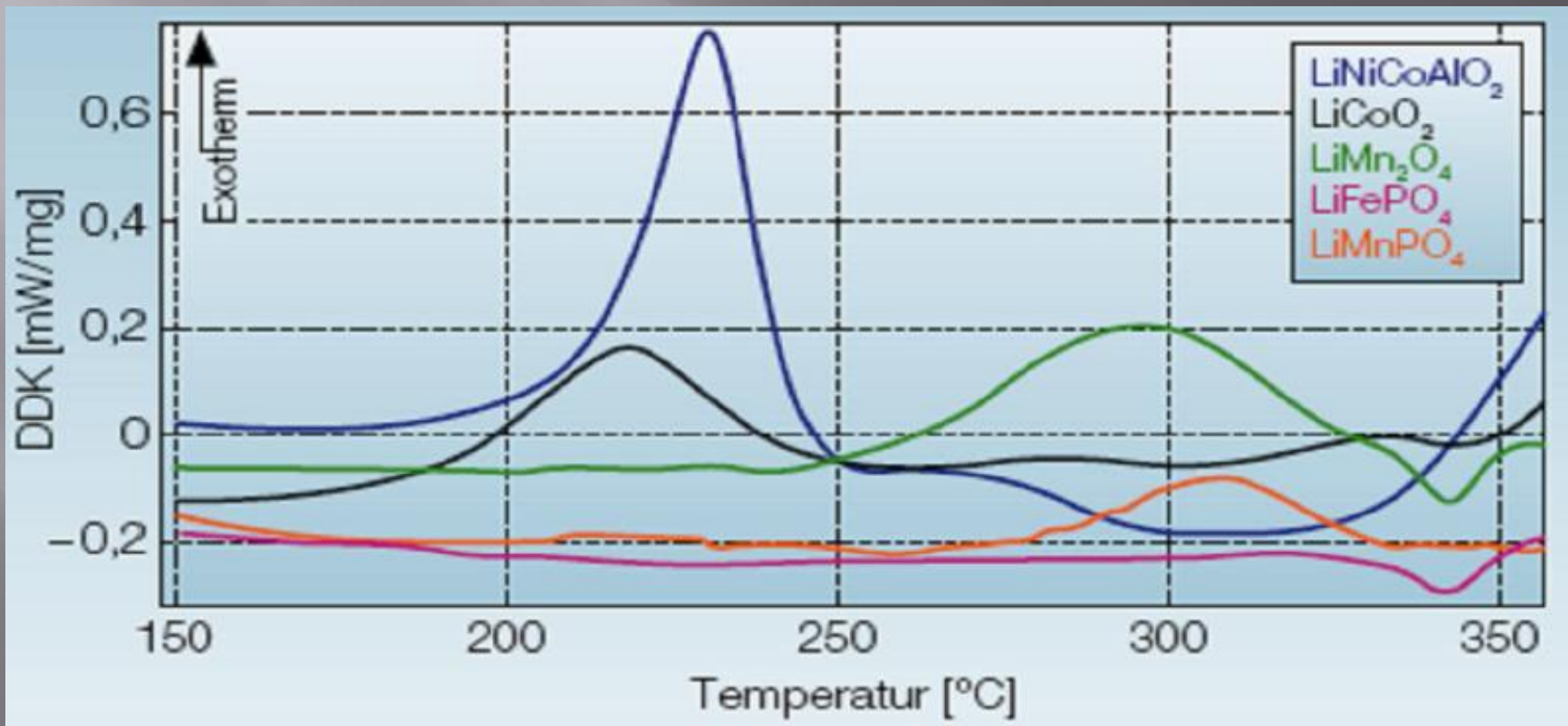
Der Separator ist ein wichtiges Element in der Batteriezelle. Er verhindert einen Kurzschluss zwischen Anode und Kathode. Gleichzeitig muss er für den Ionenfluss durchlässig sein. Als Sicherheitselement wird er bei steigender Zelltemperatur für Ionen undurchlässig



**Separatoren auf Keramikbasis sind in der
Entwicklung und sollen sicherer sein als die
Polymerseparatoren**

Sicherheit von LiFePO Zellen

Interessant ist das thermische Verhalten der gängigen Zellentypen
Li Kobaltoxid (schwarz)
Li Manganoxid (grün) und
Li Eisenphosphat (lila)



Vergleich von LiCoO und LiFePO Zellen

Li Kobaltoxid Zellen verfügen über eine etwas höhere Zellenspannung als Li Eisenphosphat Zellen.

Bei gleicher Batteriegröße ist die LiCo Batterie deshalb leistungsfähiger.

Da sich die Batterie im Betrieb erwärmt und ab ca. 200° C „brandgefährlich“ wird, ist eine Batteriekühlung notwendig.

Li Eisenphosphat Zellen haben eine geringere Zellenspannung, gelten aber als sicher (Versuche wurden durchgeführt)

Eisen und Phosphat sind billiger und weniger aufwändig zu fördern und deshalb auch umweltverträglicher als Kobalt.

Nach ca. einem Jahr Lebensdauer hat die LiFePO Zelle in etwa die gleiche Energiedichte wie die LiCo Zelle. Mit zunehmender Lebensdauer wird die LiFePO Zelle sogar besser.

Beim derzeitigen Entwicklungsstand kann deshalb die Lithium Eisenphosphat Batterie als die ideale Batterie bezeichnet werden.

Testreihen an LiFePO Akkus

Lagerfähigkeit/ Selbstentladung

Akkus zu 80% geladen, dann 30 Tage bzw. 180 Tage im Regal

Lagerungsduer		C vor Lagerung Ah	C vor Lagerung Ah	C nach Lagerung Ah	C nach Lagerung Ah
		C Ladung	C Entnahme	bleibend	reversibel
30 Tage	B1	182,8	244,0	176,9	238,0
30 Tage	B2	183,0	248,0	175,1	242,3
30 Tage	B3	183,0	237,9	177,8	234,5
180 Tage	B1	179,9	211,5	166,6	205,8
180 Tage	B2	183,7	242,5	176,8	233,5
180 Tage	B3	179,6	248,2	166,0	214,7

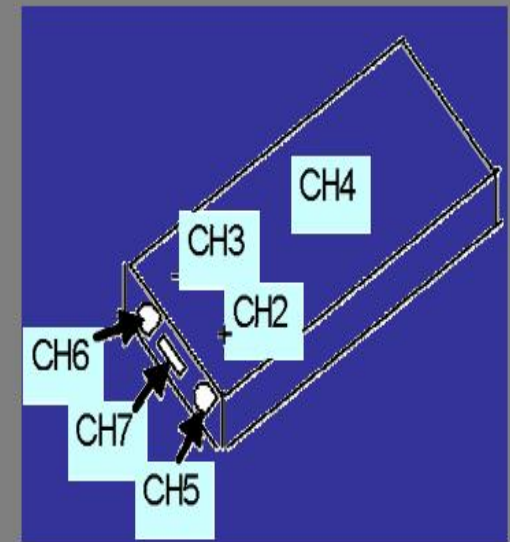
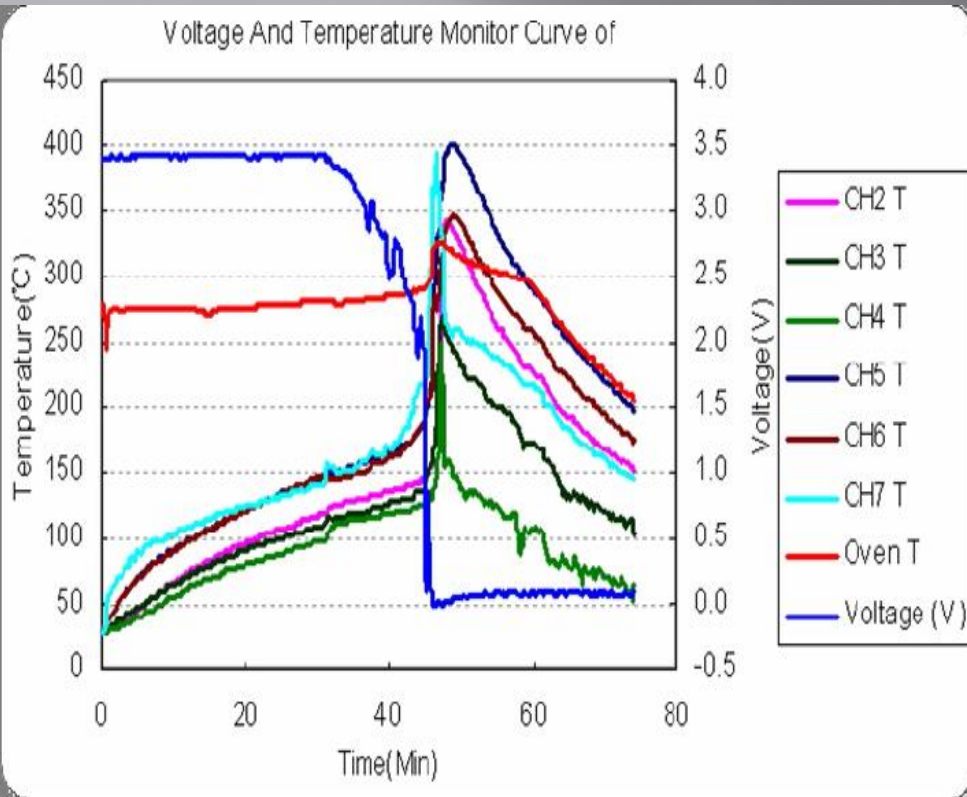
Nagel – Einschlag Prüfung



Ergebnis: 5 von 5 Bestanden,
Temperatur Maximal: 110° C
Kein Kurzschluss
Kein Brand



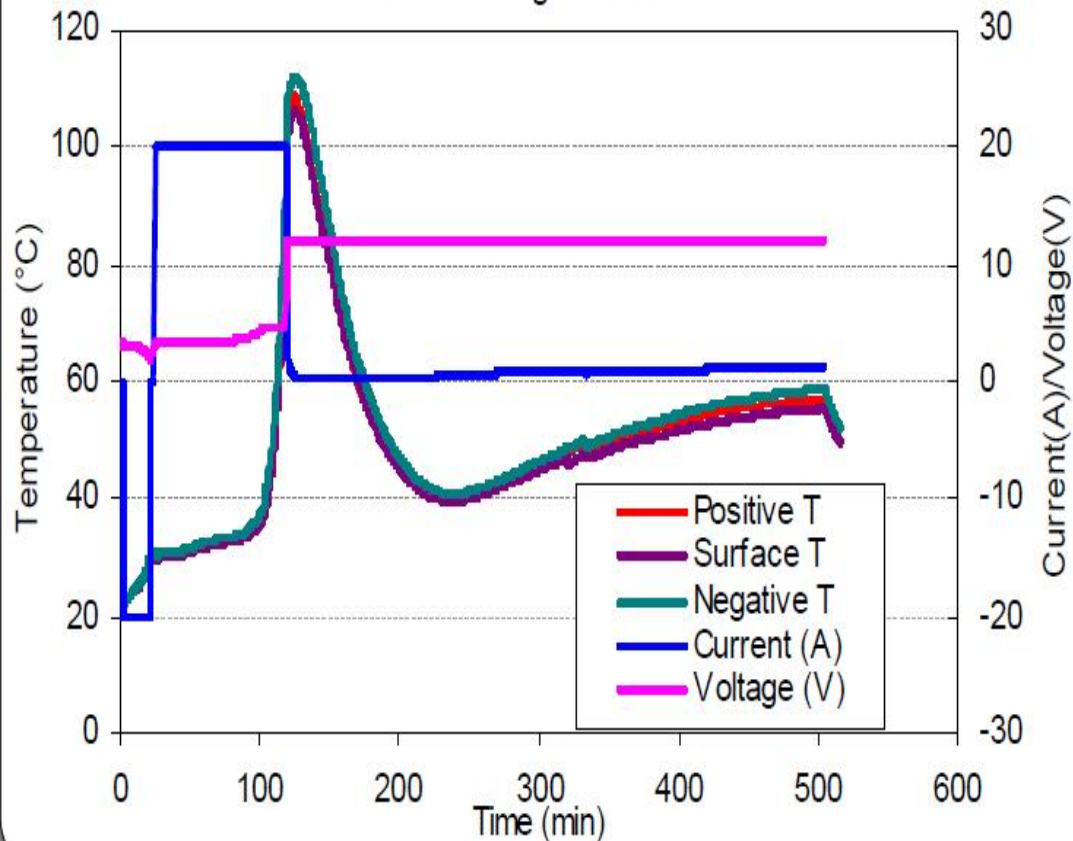
280° C Herdplattentest



Result: PASS 2/2 - NO FIRE / EXPLOSION!
Max Temp: 400 degree centigrade

Überladung um 100%

1C/12V overcharge of B97850200024

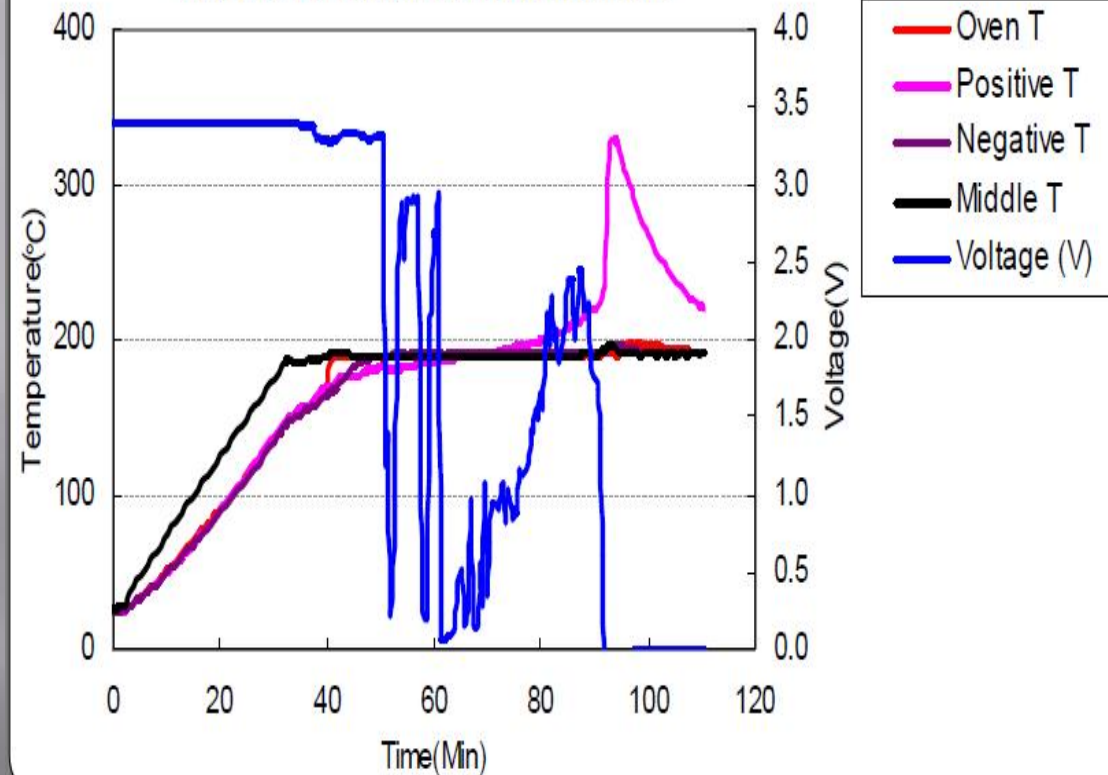


Vent opened

Result: PASS 2/2 - NO FIRE / EXPLOSION!
Max Temp: 110 degree centigrade

1 Stunde 180° C Backofentest

Voltage And Temperature Monitor Curve

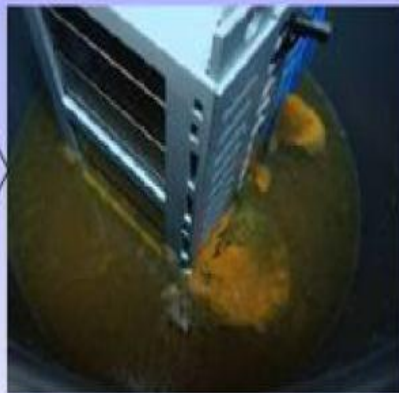
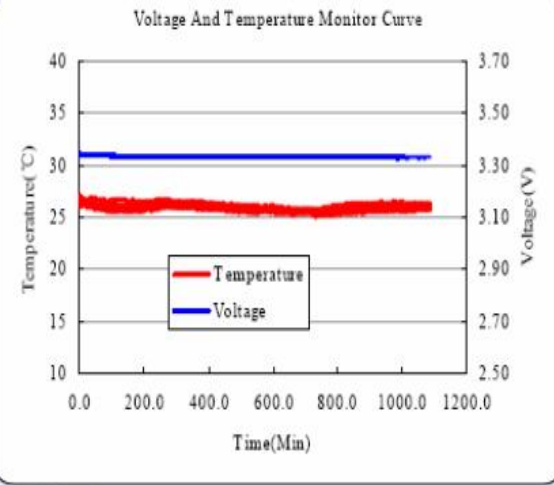


Vent opened

Result: PASS 2/2 - NO FIRE / EXPLOSION!
Max Temp: 324 degree centigrade

16 Stunden Schwefelsäure Tauchbad

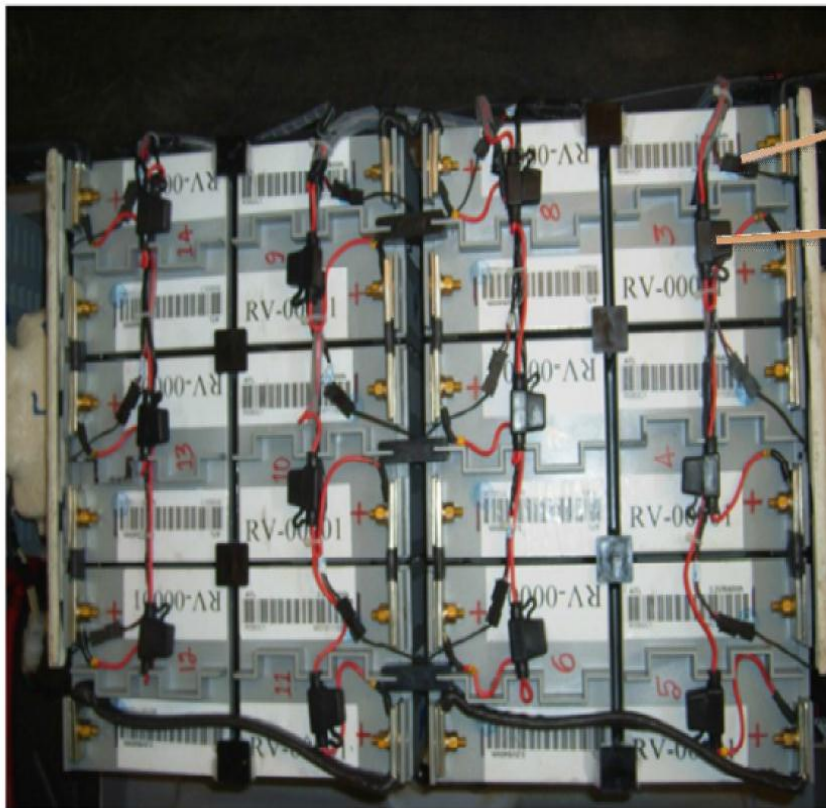
- Mix 35g of table salt into 1 liter of tap water.
- Adjust the pH using dilute sodium hydroxide solution powder to pH 8 +/- 0.2pH units
- Immersing one 200Ah box into the water for 16Hrs.



No heat / fumes generated
Al & Fe terminals corroded

Und trotzdem: Jede Zelle im Fahrzeug überwacht und einzeln abgesichert.

... wir sind ja nicht bei Boeing



Temperature sensor connector

Voltage sensing fuses
3A each

Each module will have 1 fuse
There are 17 fuses in the pack,
16 for individual batteries and
1 for common ground