ACCU-24.de
BATTERIEN & SYSTEME GmbH

$LiFePO_4$ Akkumulatoren in Motor- und Segelflugzeugen

Thomas Menzel

Agenda

1. Kurze Firmenvorstellung ACCU-24 GmbH
2. Einsatzgebiete von Lithium Batterien
3. Aufbau von Lithium Zellen
4. Die $LiFePO_4$ Batterie
5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP
6. Die $LiFePO_4$ Batterie im Segelflugzeug
7. Tipps und Tricks für ein langes Batterieleben
8. Zeit für Fragen

1. Firmenvorstellung ACCU-24 GmbH

ACCU-24.de
BATTERIEN & SYSTEME GmbH

Geschäftsführer: Thomas Menzel
- Elektromeister
- Inhaber PPL, A, C, SPL
- Motorwart M1 und M2, Funkmodul

- Feb 2004: Gründung (in Nebentätigkeit)
- Mär 2010: Eintragung der Marke AIRBATT im Register des Patent- und Markenamtes
- Jan 2015: Gründung der GmbH
- Erstausrüster mit Lithium-Eisen-Phosphat Batterien für
  - Alexander Schleicher
  - Schempp-Hirth
  - DG Flugzeugbau

SCHEMPP-HIRTH

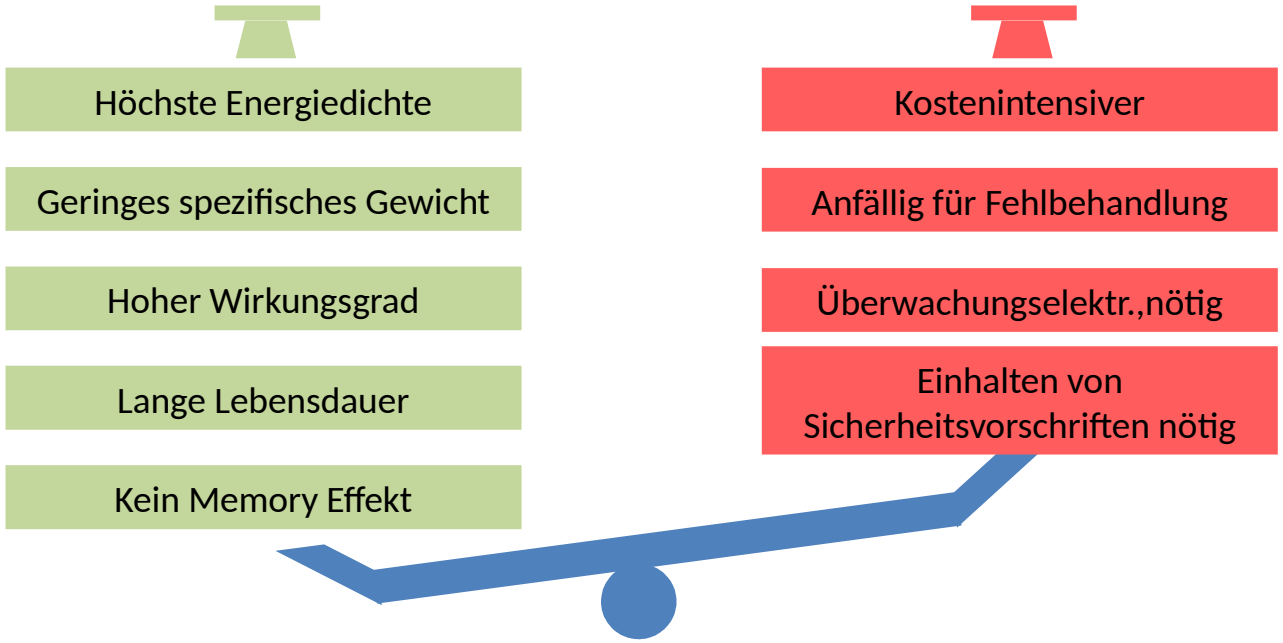
DG Flugzeugbau

Agenda

1. Kurze Firmenvorstellung ACCU-24 GmbH
2. Einsatzgebiete von Lithium Batterien
3. Aufbau von Lithium Zellen
4. Die $LiFePO_4$ Batterie
5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP
6. Die $LiFePO_4$ Batterie im Segelflugzeug
7. Tipps und Tricks für ein langes Batterieleben
8. Zeit für Fragen

2. Einsatzgebiete von Lithium Batterien

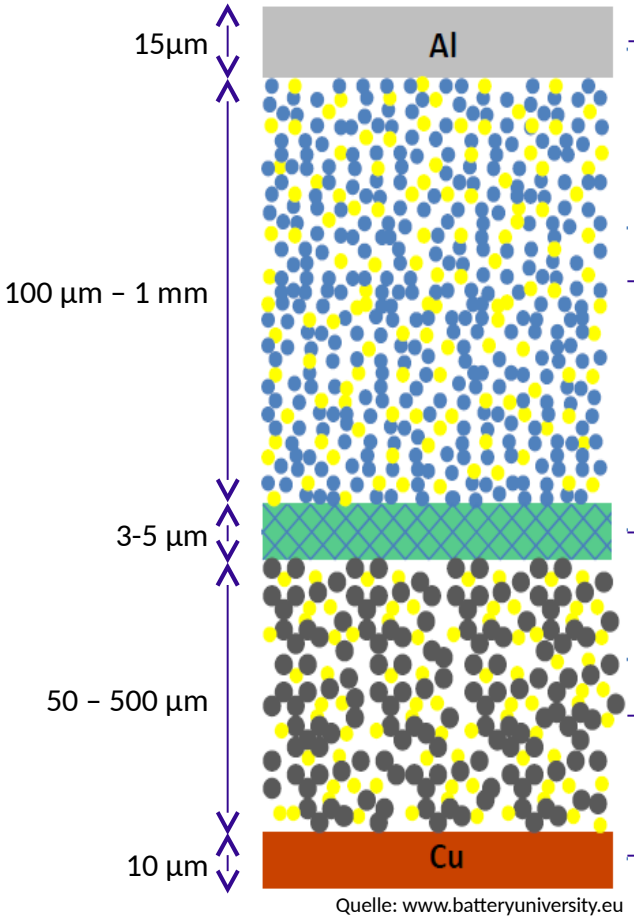
- Flugbranche (LiFePO4): Start- und Bordstromversorgung
- Elektroflugantrieb FES ($LiCoO_2$)
- Tragbare Geräte mit geringem Gewicht und geringem Volumen mit hohem Energiebedarf (z.B. Mobiltelefone, Digitalkameras, Laptops, Elektro- und Hybridfahrzeuge)



Agenda

1. Kurze Firmenvorstellung ACCU-24 GmbH
2. Einsatzgebiete von Lithium Batterien
3. Aufbau von Lithium Zellen
4. Die $LiFePO_4$ Batterie
5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP
6. Die $LiFePO_4$ Batterie im Segelflugzeug
7. Tipps und Tricks für ein langes Batterieleben
8. Zeit für Fragen

3. Aufbau von Lithium Zellen



Quelle: www.batteryuniversity.eu

Aluminiumfolie
Elektrisch leitende Folie für Kathode

Kathodenaktivmaterial

- $LiCoO_2$ (meistverwendet)
- $LiMn_2O_4$
- $LiNi_xMn_yCo_zO_2$
- ~~$LiNi_xCo_yAl_zO_2$~~
- $LiFePO_4$

Separator
Elektrisch isolierend, aber durchlässig für Li-Ionen

Anodenaktivmaterial

- Graphit (= Standard)
- Li-Si-Legierung
- Lithium-Titanat ($Li_4Ti_5O_{12}$)

Kupferfolie
Elektrisch leitende Folie für Anode

Agenda

1. Kurze Firmenvorstellung ACCU-24 GmbH
2. Einsatzgebiete von Lithium Batterien
3. Aufbau von Lithium Zellen
4. Die $LiFePO_4$ Batterie
5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP
6. Die $LiFePO_4$ Batterie im Segelflugzeug
7. Tipps und Tricks für ein langes Batterieleben
8. Zeit für Fragen

4. Die $LiFePO_4$ Batterie

• Basieren auf potenziell günstigen Kathodenmaterial, das kein Oxid enthält		
• Sehr hohe thermische Stabilität o Kein Freisetzen von reinem Sauerstoff bei Zersetzung o Kein thermisches Durchgehen selbst bei mechanischen Beschädigungen	➡	Keine Brandgefahr (Kathodenaktivmaterial bis 450 °C stabil)
• Ca. 50% des Gewichtes von Blei bei gleicher Kapazität		
• Lange Lebensdauer	➡	Fast 10-fach höhere Zyklenzahl als Bleibatterien
• Vollladung nicht zwingend notwendig	➡	Blei-Ladegeräte mit IU_0U Ladekennlinie können verwendet werden (> 14,4 V)
• Höhere Entnahmekapazität	➡	Fast 100% der eingespeisten Energie können entnommen werden (bei Blei nur ca. 65%, danach Tiefstentladungsbereich)
• Geringer Innenwiderstand, so kann viel Energie in kurzer Zeit abgegeben werden	➡	Hohe Entladeströme
• Geringer Innenwiderstand, so kann viel Energie in kurzer Zeit aufgenommen werden	➡	Kurze Ladezeiten (wichtig: zulässigen Ladestrom beachten!)

Agenda

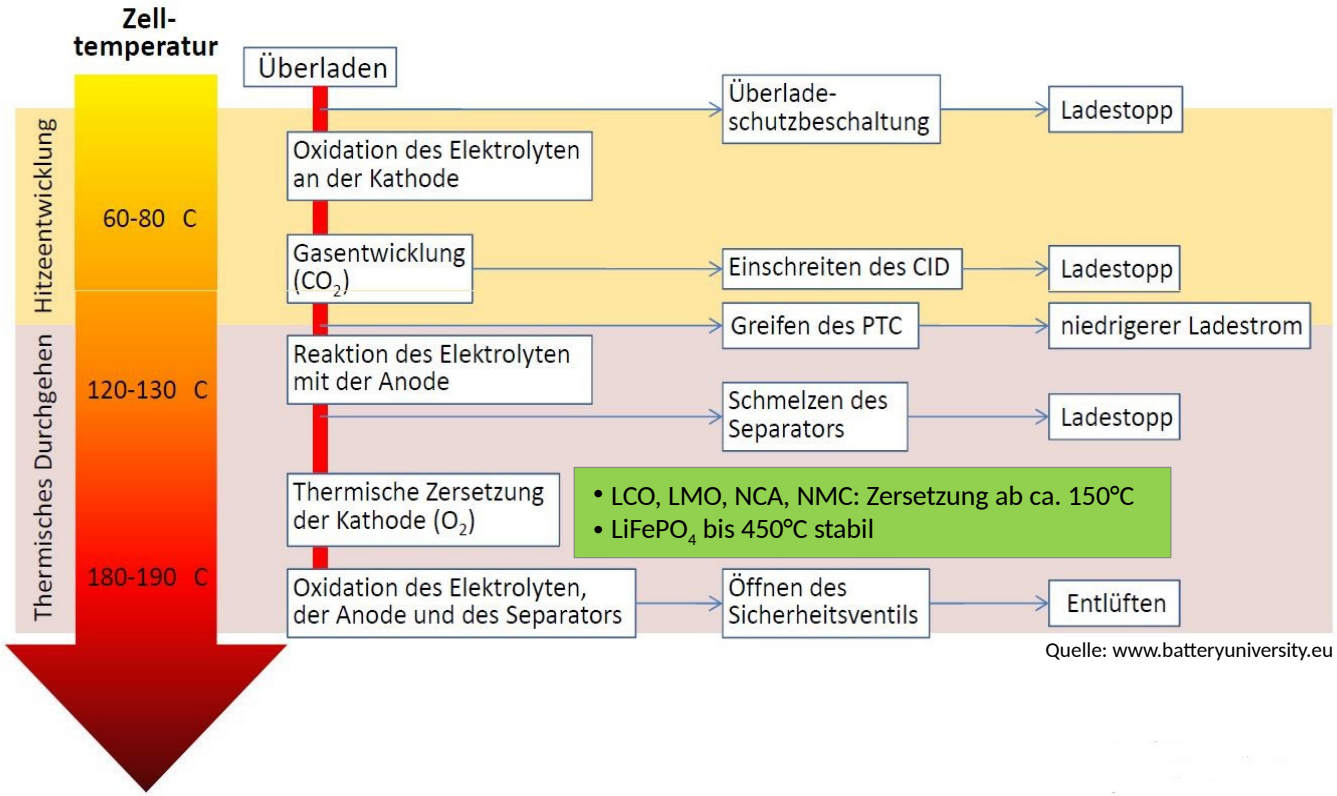
1. Kurze Firmenvorstellung ACCU-24 GmbH
2. Einsatzgebiete von Lithium Batterien
3. Aufbau von Lithium Zellen
4. Die $LiFePO_4$ Batterie
5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP
6. Die LiFePO4 Batterie im Segelflugzeug
7. Tipps und Tricks für ein langes Batterieleben
8. Zeit für Fragen

5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP

5.1 Sicherheitsmechanismen von Lithium-Ionen Zellen

Ziel aller Sicherheitsmechanismen: - Verhindern des Überladens
- Schutz vor äußeren Kurzschlüssen

Fehlfunktion / Überladung / Defekt → Wärme / Hitze → Schäden und erhöhte Unfallgefahr



Quelle: www.batteryuniversity.eu

CID:
Current **I**nterrupt **D**evice:
Sicherheitsventil, das bei erhöhtem Druck durch beim Überladen entstandenes Gas den Stromfluss unterbricht

PTC:
Positive **T**emperature **C**oefficient:
Reduziert den max. fließenden Strom, schlechtere Stromleitung bei erhöhter Temperatur

5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP

5.1 Sicherheitsmechanismus: $LiMn_2O_4$ nach Überladung

Ladegerät defekt

↓

Überladung

↓

Aktivieren der Sicherheitsventile

↓

Feuer

Akku-Brand 10.08.17 Parham-Airfied/Sussex in Großbritannien, in einem ***HPH Glasflügel 304eS/Shark Eigenstarter mit FES-Antrieb***

Quelle: http://ul-segelflug.de/blog/623-akku-brand-in-segelflugzeugen-mit-fes-system-und-lipo-akkupacks.html

5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP

5.1 Sicherheitsmechanismus: Blei nach Überladung

Laderegler defekt

↓

Schaltung der vollen Ladespannung des Rotax Generators (120 V 20 A) auf Batterie

↓

Überladung

↓

Aktivieren der Sicherheitsventile

↓

Knallgas entsteht, Explosionsgefahr

Quelle: https://automotivesbattery.wordpress.com/2015/08/28/why-do-car-batteries-explode/

5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP

5.1 Sicherheitsmechanismus: $LiFePo_4$ nach Überladung

Laderegler defekt

↓

Schaltung der vollen Ladespannung des Rotax Generators (120 V 20 A) auf Batterie

↓

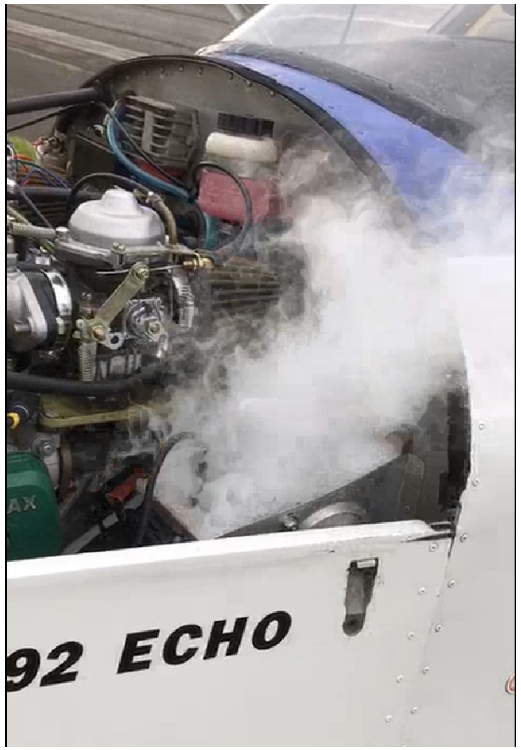
Überladung

↓

Aktivieren der Sicherheitsventile

↓

Starke Rauchentwicklung



Quelle: Kundenfoto

Keine offene Flamme, „nur“ ein Abblasen

Aber: Brandgase sind giftig erstickend, krebserregend wie bei jedem Brand
Beeinträchtigung, Verziehen, ggf. Verfärben des Materials im Flugzeug durch Hitze

5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP
5.2 PCB, Balancer, BMS

Printed Circuit Board (PCB):

- Zusätzliche Schutzschaltung
- Verhindert Überladen und zu niedrige Spannung beim Entladen
- Ist nicht einstellbar, Verbraucher muss selbst auf korrekte Spannungen achten

Balancer

- Sorgt für gleiche Ladekapazität der einzelnen Zellen
- Volle Kapazität der Batterie kann genutzt werden

Batterie Management System

Funktionen:

- Schutzfunktion (Überladen, Tiefentladen, Überstrom, Kurzschluss, Temperatur)
- Balancing

} BMS vereint Vorteile von PCB und Balancer

Optionale Zusatzfunktionen:

- Gas Gauging (Anzeige der Restkapazität)
- Kommunikationsschnittstelle zu Ladegerät o. Applikation

} BMS gibt zusätzlich Auskunft

Over Voltage Protection

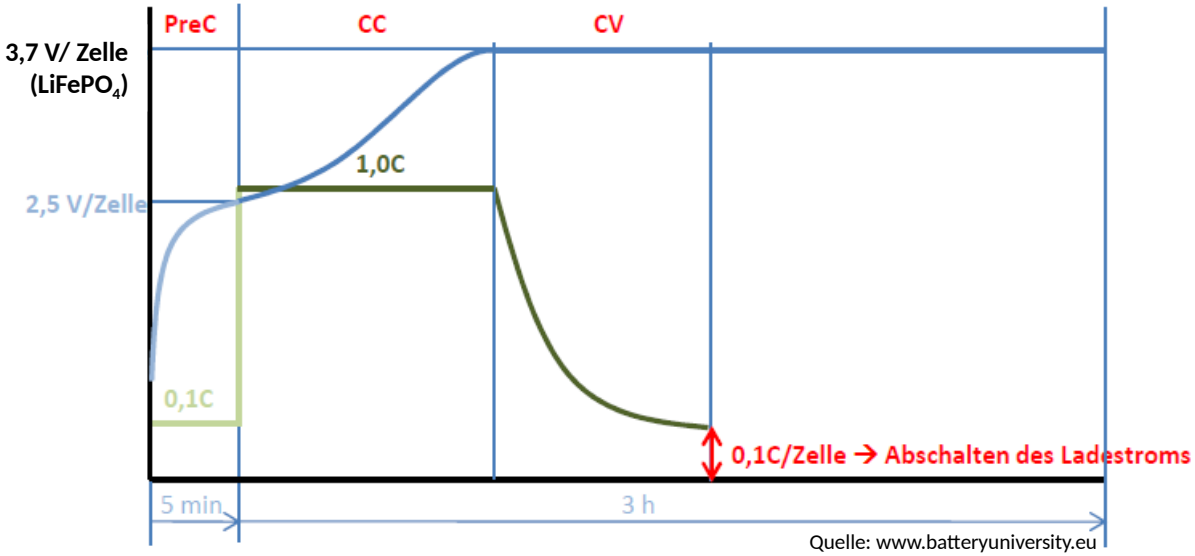
- Zusätzlicher Schutz bei Starterbatterien
- Abschaltung bei Überspannung von mehr als 15,2 V
- Schützt die Starterbatterie beim Versagen des Generatorreglers

Starterbatterien:
- Geringer Innenwiderstand → hoher Kaltstartstrom → OVP verwenden

Versorgerbatterien:
- Höherer Innenwiderstand → Zyklenfester (abh. von Stressoren)

5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP

5.4 Sicherheit: Ladegerät



Laden nach der constant current constant voltage Methode

- Laden bis zur vorgeregelten Spannung mit konstanten Strom
- Anschließend weiteres Laden mit konstanter Spannung und langsam sinkendem Strom
- Beenden des Ladevorgangs sobald festgelegter minimaler Ladestrom unterschritten wird

Wichtig: Ladespannung und insbesondere Ladestrom müssen zur jeweiligen Batterie passen!

Agenda

1. Kurze Firmenvorstellung ACCU-24 GmbH
2. Einsatzgebiete von Lithium Batterien
3. Aufbau von Lithium Zellen
4. Die $LiFePO_4$ Batterie
5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP
6. Die $LiFePO_4$ Batterie im Segelflugzeug
7. Tipps und Tricks für ein langes Batterieleben
8. Zeit für Fragen

6. Die $LiFePO_4$ Batterie im Segelflugzeug

Kapazitätsbedarfsanalyse: Beispiel Überlandflug (ca. 7h)

	Einsitzer	Zusatzbedarf bei Doppelsitzer (Zweitgeräte)
Funkgerät (z.B. AR6201)	Ø 400 mA	20 mA (z.B. RCU)
Transponder (z.B. BXP6401 Level 2)	Ø 450 mA	
Rechner z.B. LX 9070 (max. Helligkeit)	680 mA	570 mA
Vario z.B. V80	180 mA	180 mA
Flarm	20 mA	
Diverse Verbraucher, z.B. Wölbklappensensor, Fernbedienung, Kompassmodul, ...	200 mA	
ACL	200 mA	
Gesamt	**2130 mA**	**770 mA = 2900 mA für Doppelsitzer gesamt**
Überlandflug (7 Stunden)	**14,9 Ah**	**20,3 Ah**

6. Die $LiFePO_4$ Batterie im Segelflugzeug

Kapazitätsbedarfsanalyse: Beispiel Überlandflug (ca. 7h)

	2x Panasonic 12 V 17 Ah	2x AIRBATT $LiFePO_4$ 12 V 10 Ah
Gesamt Kapazität	34 Ah	20 Ah
Verfügbare Kapazität	22 Ah (= 65%)	20 Ah
Zyklenzahl	300	2000 – 5000
Gewicht	12 kg	2,6 kg

Durch $LiFePO_4$:

- 9,4 kg Gewichtsersparnis
- Höhere Zyklenzahl
- Benutzerfreundlicher

Agenda

1. Kurze Firmenvorstellung ACCU-24 GmbH
2. Einsatzgebiete von Lithium Batterien
3. Aufbau von Lithium Zellen
4. Die $LiFePO_4$ Batterie
5. Sicherheit, PCB, Balancer, BMS, OVP
6. Die $LiFePO_4$ Batterie im Segelflugzeug
7. Tipps und Tricks für ein langes Batterieleben
8. Zeit für Fragen

7. Tipps und Tricks für ein langes Batterieleben

$LiFePO_4$

- ✓ Komplett Entladen mindert die Zyklenzahl (Beenden des Entladens bei 20-10% der Kapazität)
- ✓ Komplett voll Laden mindert die Zyklenzahl (Beenden des Ladevorgangs bei 90% der Kapazität)
- ➡ Hohe Zyklenzahl bei geringem Zellenstress

Lagerung: kühl und trocken, keine direkte Sonneneinstrahlung

Überwinterung: Laden, abklemmen, an kühlem Ort stehen lassen

Lange Standzeiten (> 2 Jahre): Batterie auf 50% entladen, abklemmen, stehen lassen, Ladezustand jährlich prüfen

Zulassung (z.B. von AIRBATT Energiepower $LiFePO_4$ 12 V 10 Ah) in Segelflugzeugen über Cs-Stan (CS-SC034a) möglich, gilt nicht für:

- Batterien für elektrischen oder hybrid Antrieb
- Starterbatterien
- Batterien ohne integriertes BMS
- Batterien mit Kapazität von mehr als 160 Wh

Zeit für Fragen