

Deutscher Hochseesportverband HANSA e.V.



SEGLERTREFF HANNOVER

SEGELN UNTER FREUNDEN

SAILPARTNER

MARITIME CONSULTANTS & TRAINER



AHROI

LITHIUM VS. BLEI-SÄURE BATTERIEN

Die Zukunft des Energiemanagements an Bord?

WIND FÜR DEINE SEGEL

LITHIUM-BATTERIEN



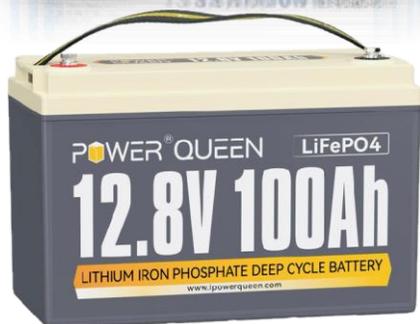
„Auf Yachten geht kein Weg mehr
an Lithium-Batterien vorbei“

LITHIUM-BATTERIEN



SEGLERTREFF
HANNOVER

LiFePO4, der ideale Energiespeicher für Boote?





SEGLERTREFF
HANNOVER

BLEI-SÄURE BATTERIEN

Technologie bisher

BLEI-SÄURE BATTERIEN

Die herkömmlichen Batterien auf Yachten besitzen eine Zellchemie basierend auf Blei und Schwefelsäure.

Starter-Batterie

- zum Anlassen eines Dieselmotors.
- Kurzzeitig sehr hoher Strombedarf, relativ selten erforderlich.
- Immer voll, wenige Ladezyklen.

Service-Batterie

- zur Versorgung des 12V Bordnetzes für Kühlschrank, Navigeräte, Licht, etc.
- Permanenter, jedoch geringerer Strombedarf
- Speicher leert sich oft, viel Ladezyklen

BLEI-SÄURE BATTERIEN

Energieverbrauch bei einem Startvorgang

STARTER-BATTERIE

- Startvorgang dauert 6 Sekunden, Anlasser hat ca. 2 PS (hohe Annahme)
- 2,17 PS = 1600 W
- $1600\text{W} / 12\text{V} = 133\text{A}$. (*Es fließen 6 sec lang 133A*)
- Eine Stunde lang würde dies 133Ah einer Batterie verbrauchen.
- Hier jedoch nur 6 sec. $1\text{h} = 60\text{ min} \rightarrow 60\text{ sec} = 3600\text{ sec}$
- $133\text{Ah} / 3600\text{sec} * 6\text{sec} = 0,22\text{Ah}$
- Wieder aufgeladen mit Lichtmaschine mit 60A: Weniger als 15 sec !

BLEI-SÄURE BATTERIEN

	NASS-BATTERIE	GEL-BATTERIE	AGM-BATTERIE
Elektrolyt Schwefelsäure	flüssig	geliert	in Glasfasermatten gebunden
Verwendung	Starter	Service	Starter + Service
Zahl Ladezyklen	ca. 200 - 300	bis 3.000	ca.1.000
Aufladen	0,1C - 0,4C (10A bei 100Ah)	0,2C max. (20A bei 100Ah)	0,1-0,4C (bis 40A bei 100Ah)
Preis	sehr niedrig	hoch	niedrig



SEGLERTREFF
HANNOVER

WER BRAUCHT LITHIUM?

Entscheidungshilfe

WER BRAUCHT LITHIUM?

- Sind die Vorteile der Lithium-Batterien für jeden nutzbar?
- Sind die Kosten und der Umbauaufwand wirklich erforderlich?
- Reichen Blei-Säure Batterien nicht doch aus?
- Wie nutzt Du Dein Boot?
- Welcher Segel-Typ bist Du?

„Hafenliegeplatz“

„Ankerlieger“

„Blauwassersegler“

WER BRAUCHT LITHIUM?

Welche elektrischen Verbraucher habe ich an Bord?

Welchen Strombedarf haben die Geräte?

- Plotter, Navigation, Funk, GPS
- Licht, Kühlschrank, Autopilot
- Akkus von Handy, Laptop, Kameras, Stereo, TV, Starlink
- Kaffeemaschine, Wasserkocher, Föhn,
- Wassermacher, Ventilatoren, Alarmanlage
- El. Kochplatte, Waschmaschine, Geschirrspüler
- Tiefkühltruhe, Eiswürfelmaschine, Klimaanlage,
- Ankerwisch, El. Schotwischen, Rollsegel, Bugstrahlruder,
- Akkuladen für Dinghi und Fahrrad, ...

WER BRAUCHT LITHIUM?

„Hafenlieger“

- **Tagesetappen von Marina zu Marina**
- **230V-Landstromversorgung jede Nacht verfügbar**
- **Komfortverbraucher am 230V-Netz**
Ladegerät, Kaffeemaschine, Föhn, Warmwasser, TV, ..
- **Reviere mit vielen Marinas:**
z.B. Ostsee, Kroatische Küste, Italien, Türkei ...



WER BRAUCHT LITHIUM?

„Ankerlieger“

- Mehrere Tage ohne Landstrom
- Möglichkeit des Nachladens der Batterie über Solar, Wind, ..
- Einige Komfortverbraucher über Inverter 12V/230V
Kaffemaschine, Warmwasser, Föhn, Starlink, ...
- **Reviere mit Buchten und Inseln für die Nacht:**
z.B. Ostsee, Mittelmeerküsten, Kroatien, Griechenland, Türkei



WER BRAUCHT LITHIUM?

„Blauwassersegler“

- **Mehrwöchige Passagen**
- **Nachladen der Batterie über Solar, Generator, ... zwingend!**
- **Hohe Akku-Kapazität erforderlich**
- **Viele Komfortverbraucher:**
Wassermacher, el. Kochen, Waschmaschine, Eiswürfel, Tiefkühler, ...
- **Reviere mit Ozeanpassagen, keine Marinas:**
z.B. Atlantik, Karibik, Pazifik, Indischer Ocean





SEGLERTREFF
HANNOVER

VORTEILE - NACHTEILE

Blei-Säure vs. Lithium (LiFePO_4)

VORTEILE

BLEI-SÄURE

- Niedriger Preis
- Weltweite Verfügbarkeit
- Robuste bekannte Technologie
- Einfache Ladegeräte-Peripherie
- Hohe Spitzenströme (Anlasser)
- Funktioniert im Notfall auch bei Unterspannung
- Etabliertes Entsorgungssystem
- ...

LITHIUM (LiFePO₄)

- Hohe Energiedichte
 - Geringeres Gewicht als Blei-Säure
 - Kleinere Abmessungen als Blei-Säure
- Hohe Zyklenzahl (Laden und Entladen)
- Konstante Spannung über weiten SOC Bereich
- Kapazität fast vollständig nutzbar
- Hohe konstante Lade- und Entladeströme
- Quasi wartungsfrei
- ...

BLEI-SÄURE

- Geringere Energiedichte als LiFePO₄
 - Höheres Gewicht
 - Größere Dimension
- Geringere Zyklenfestigkeit
- Tiefentladung reduziert Lebenszeit massiv
- Spannung schwankt über Ladezustand
- Sulfatkristallbildung (Kristalle aus Schwefelsäure)
- ...

LITHIUM (LiFePO₄)

- Hoher Preis
- Aufwändigere Ladeperipherie
- Mehr Elektronik an Bord (BMS)
- Empfindlich bei Über- und Unterspannung
- Plötzlicher Black-Out möglich (BMS)
- Balancing der Zellen erforderlich
- Laden nicht unter 0°C
- Temperaturempfindlich (0° - 50°C)
- Extrem hohe Kurzschlußströme
- ...

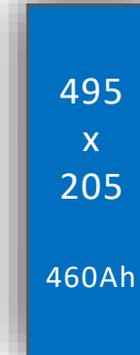
VORTEILE

Bei **50% mehr Kapazität**,
wird ein **¼ der Grundfläche**
benötigt und das Gewicht um
70% reduziert.

BLEI-SÄURE Batterie 4 Stück



LiFePO4



Grundfläche, Bauhöhe gleich, ohne BMS	3,8 : 1	3.878 cm ²	1.015 cm ²
Nutzbare Kapazität	1 : 1,56	560Ah x 50% = 280Ah	460Ah x 95% = 437Ah
Gewicht	1 : 3,6	4 x 36,2kg = 145kg	39,8kg

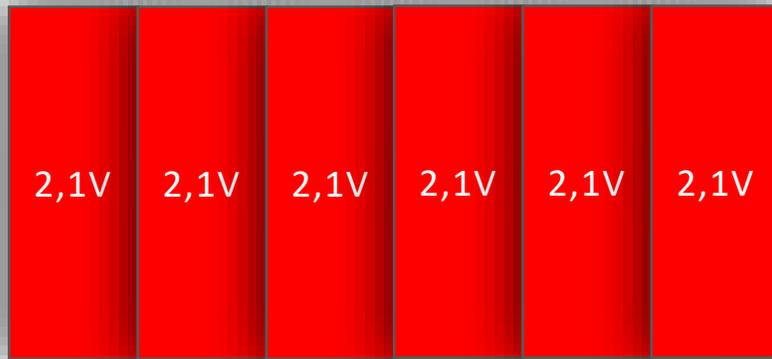
Umbau der SY Skokie von Blei-Säure auf Lithium Batterie

VERGLEICH



SEGLERTREFF
HANNOVER

BLEI-SÄURE



**6 Zellen x 2,1V =
12,6V**

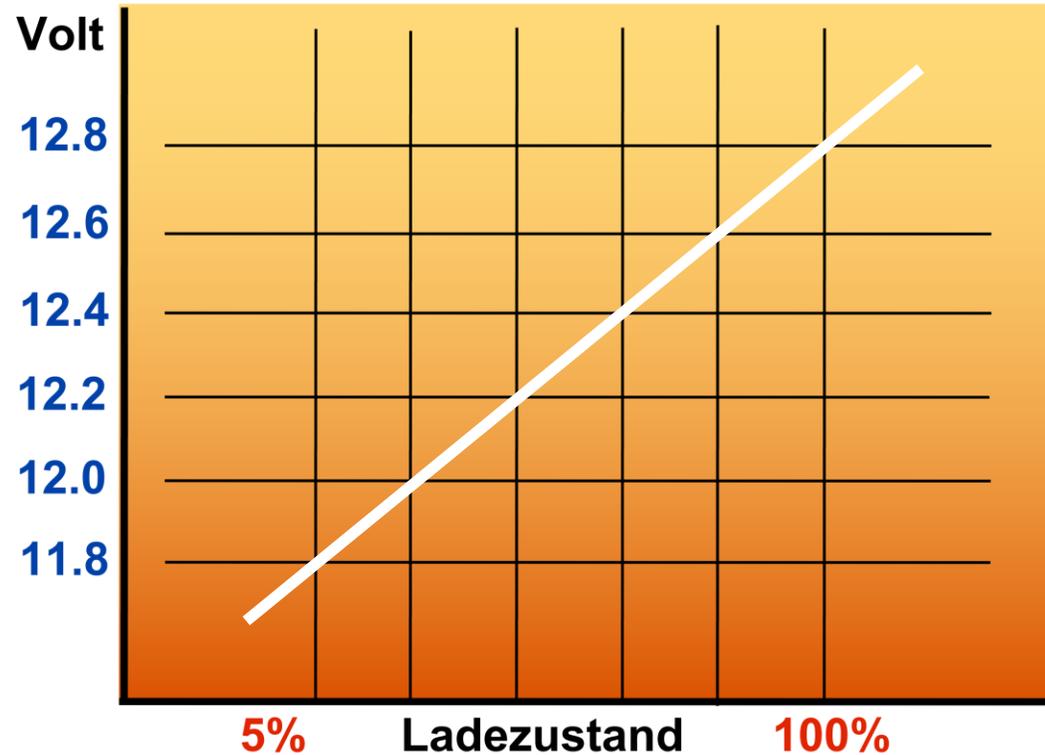
LITHIUM (LiFePO4)



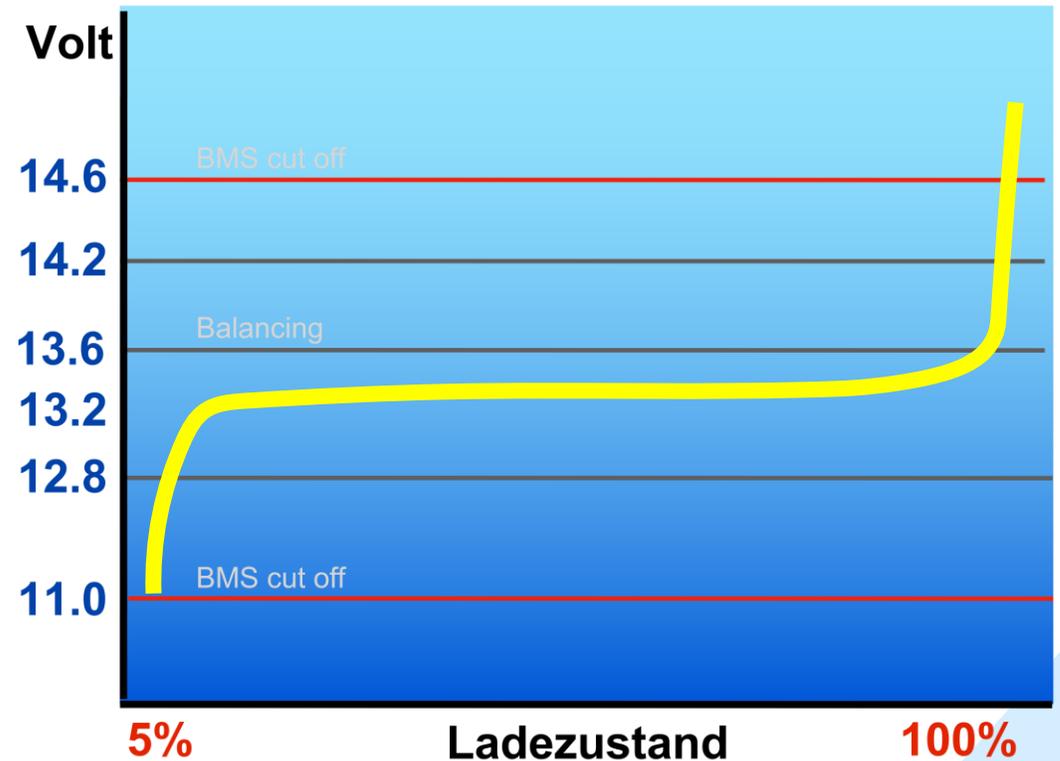
**4 Zellen x 3,2V =
12,8V**

SPANNUNG ÜBER LADUNG

BLEI-SÄURE



LITHIUM (LiFePO4)

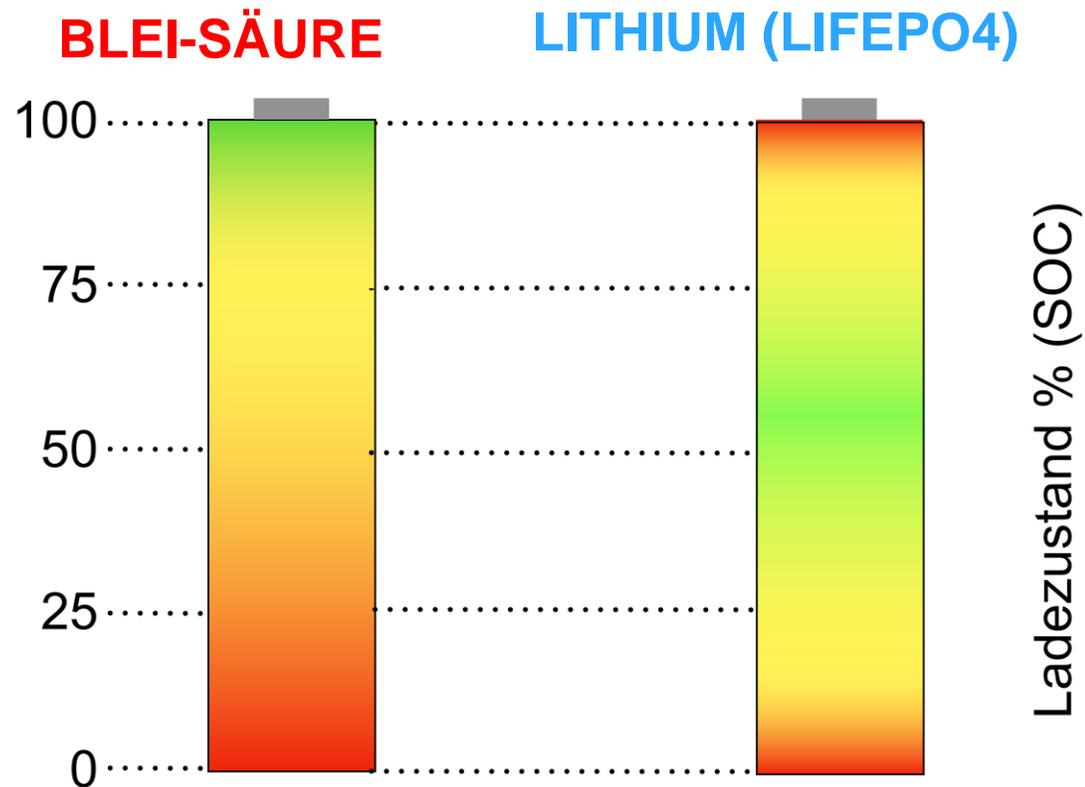


LADEZUSTAND (SOC = STATE OF CHARGE)

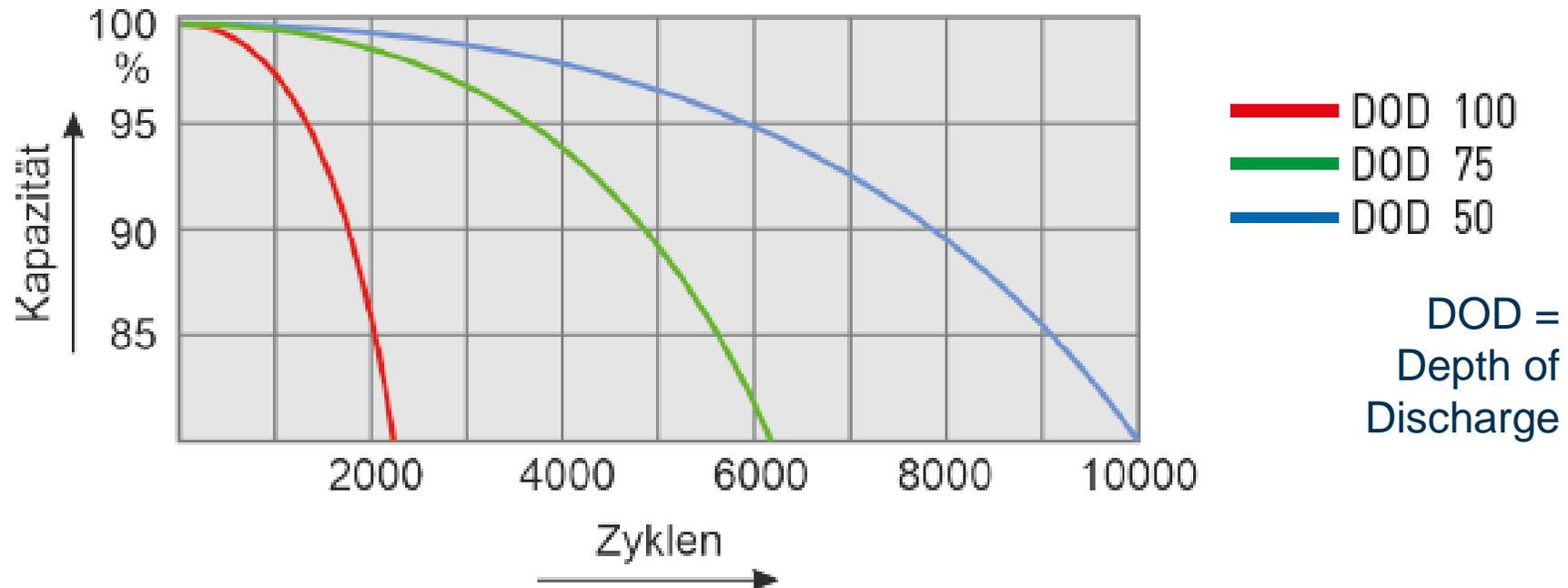
„WOHLFÜHL-ZONEN“

Im **grünen Bereich** befindet sich die Batteriezelle in einem günstigen Ladezustand, der für eine lange Lebensdauer gut ist.

Rote Bereiche verkürzen die Haltbarkeit, wenn sich die Zelle oft und dauerhaft in diesem Zustand befindet.



ENTLADETIEFE UND HALTBARKEIT



Anzahl der Lade-Entladezyklen von LiFePO-Batterien in Abhängigkeit von der Entladetiefe.

Gilt auch für Blei-Säure Batterien, jedoch erreichen diese nur etwa 10% der Zyklen



SEGLERTREFF
HANNOVER

BRANDGEFAHR

BRANDGEFAHR?



- LiFePO4 sind von allen Lithium-Batterien die sichersten !
- Verformung und giftiges Ausgasen ist möglich.
- Ein thermisches Durchgehen (Thermal Runaway) entsteht nicht durch Überladung oder elektrische Einfluss.
- Die größte Gefahr entsteht durch unsachgemäße Installation (Kabel, Kontakte, Dimensionierung)



SEGLERTREFF
HANNOVER

BRANDGEFAHR?

LiFePO4 sind von allen Lithium-Batterien die sichersten !

Lithium Zellchemie	Kathode	Kurzbezeichnung	Spez. Energiedichte Wh/kg	Thermal Runaway	Bemerkung Einsatz	
Lithium-Cobaltdioxid	Lithium Cobalt					
	Lithium-Ionen-Cobalt	LiCoO2	LCO	113 bis 190	X	Handys, Tablets und Kameras.
Lithium-Manganoxid	Lithium-Mangan					
	Lithium-Ionen-Mangan	LiMn2O4	LMO	110 bis 130	X	Allgemein höhere spezifische Leistung und bessere Lebensdauer.
Lithium-Eisenphosphat		LiFePO4	LFP	90 bis 120	-	Keine exotherme Reaktion in den Elektroden möglich. Zellenspannung 3,2 Volt niedriger als andere Zellchemien. Sehr sicher.
Lithium-Mangan-Nickel Cobaltoxid	Lithium-Mangan-Cobaltoxid	LiNiCoO2	NMC	90 bis 150	X	Hohe spez. Energiedichte. Fahrzeugantriebe („Teslabatterie“). Niedrige Eigenerwärmung.
Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminiumoxid		LiNiCoAlO2	NCA	110 bis 160	X	Hohe Energiedichte. Teuer und aufwändige Absicherung.



SEGLERTREFF
HANNOVER

AUFBAU LITHIUM -BATTERIEN

AUFBAU VON LITHIUM-BATTERIEN

ZELLEN

Welche Bauarten von LiFePO₄ Zellen gibt es?

- 1. Prisma Zellen:** Große quaderförmige Zellen
- 2. Rundzellen:** Zylinderförmige Zellen, die zu Zellpaketen verbunden werden
- 3. Pouchzellen:** Kissenförmige flache Zellen, „Beutel“

BATTERIEN

Welche Bauarten von LiFePO₄ Batterien gibt es?

- 1. Drop-In:** Alles in einem Gehäuse: Zellen, BMS, Schalter, zwei Polanschlüsse (+, -), Blei-Austauschbatterie
- 2. DIY:** Selbstbau mit separatem Batterie Management System (BMS)
- 3. (One Off: Auftragsbau)**

AUFBAU VON LITHIUM-BATTERIEN



Prismazellen



Rundzellen



Pouch (Kissen)
Zellen

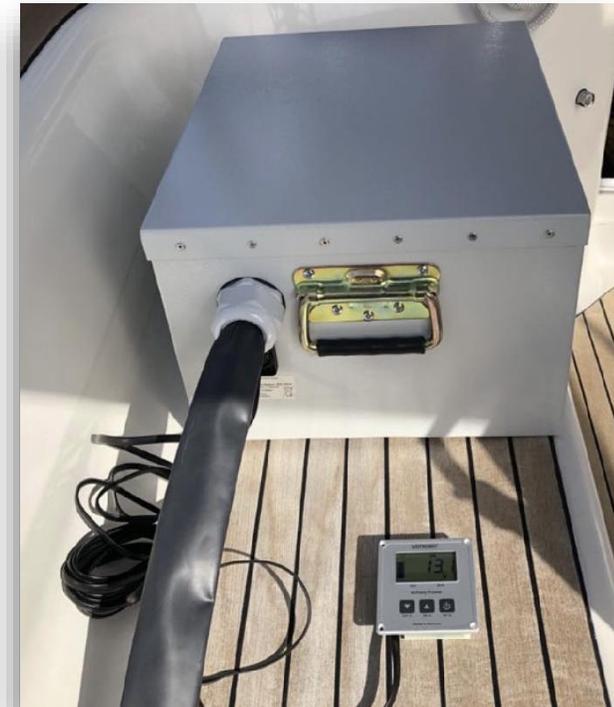
AUFBAU VON LITHIUM-BATTERIEN

BATTERIEN

- **Drop-In:** Alles in einem Gehäuse, zwei Anschlüsse (+, -)
- **DIY:** Mit separatem Batterie Management System
- **One Off:** Bau im Auftrag



Credit: Flybatt



Credit: F. Reinecke, yachtgutachten.eu



SEGLERTREFF
HANNOVER

BMS

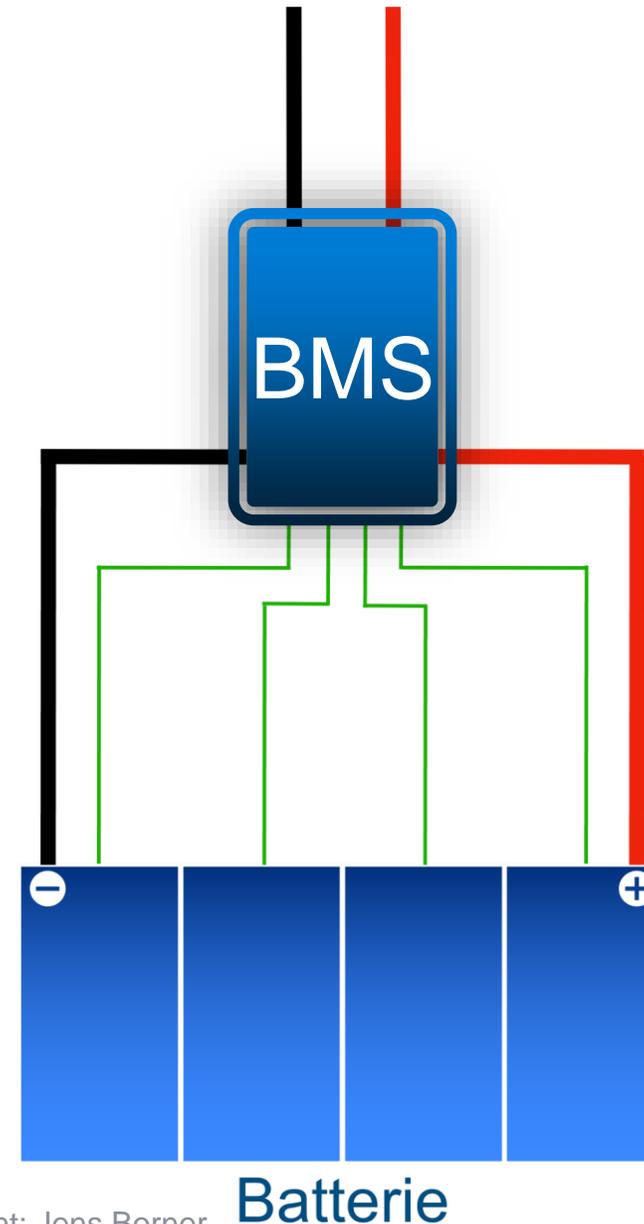
Battery Management System

BMS

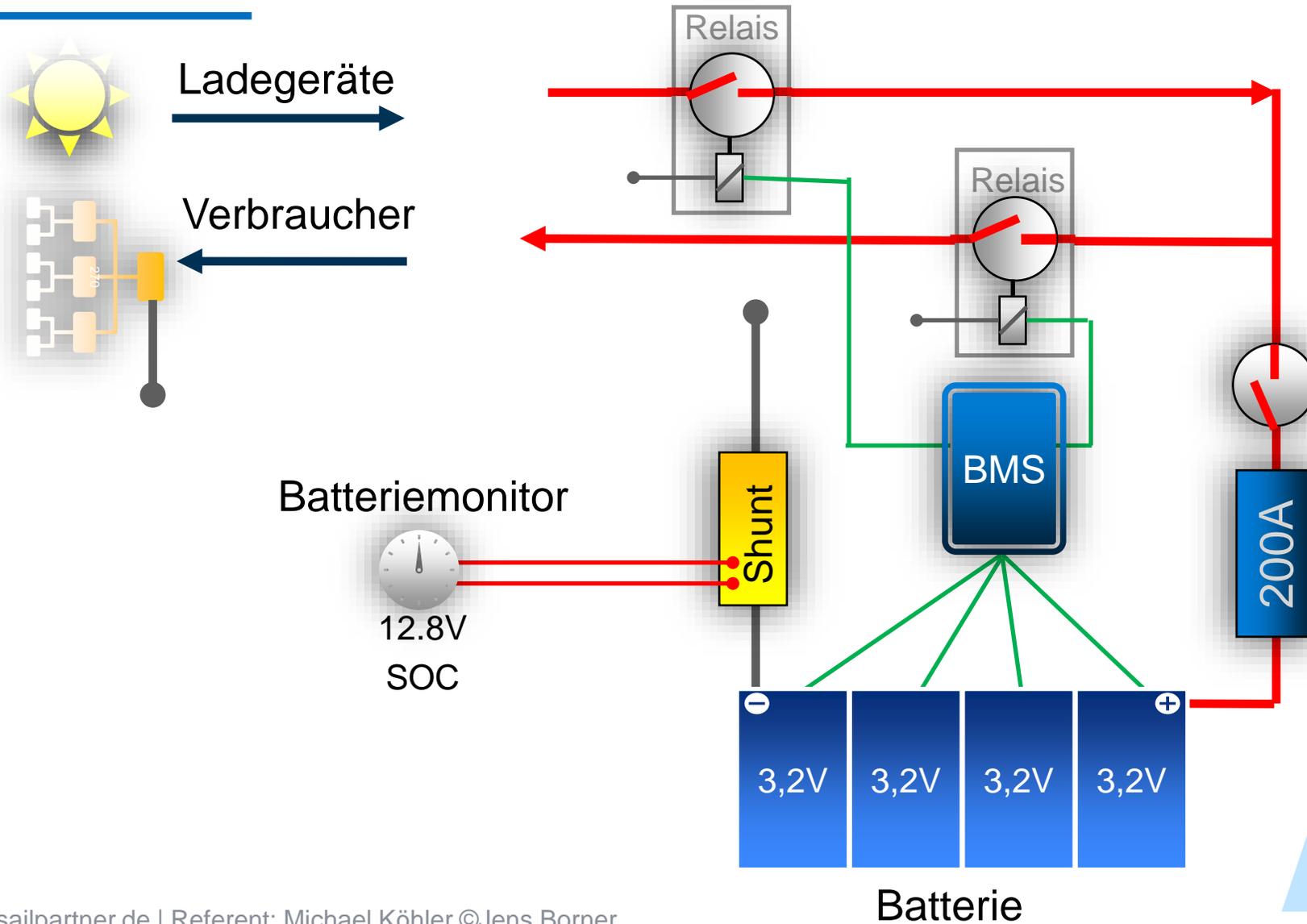
Battery Management System

Das BMS mißt den Zustand der Zellen (Spannung V , Temperatur T) und schützt die Zellen durch Abschalten bei Über- oder Unterschreiten von bestimmten Werten.

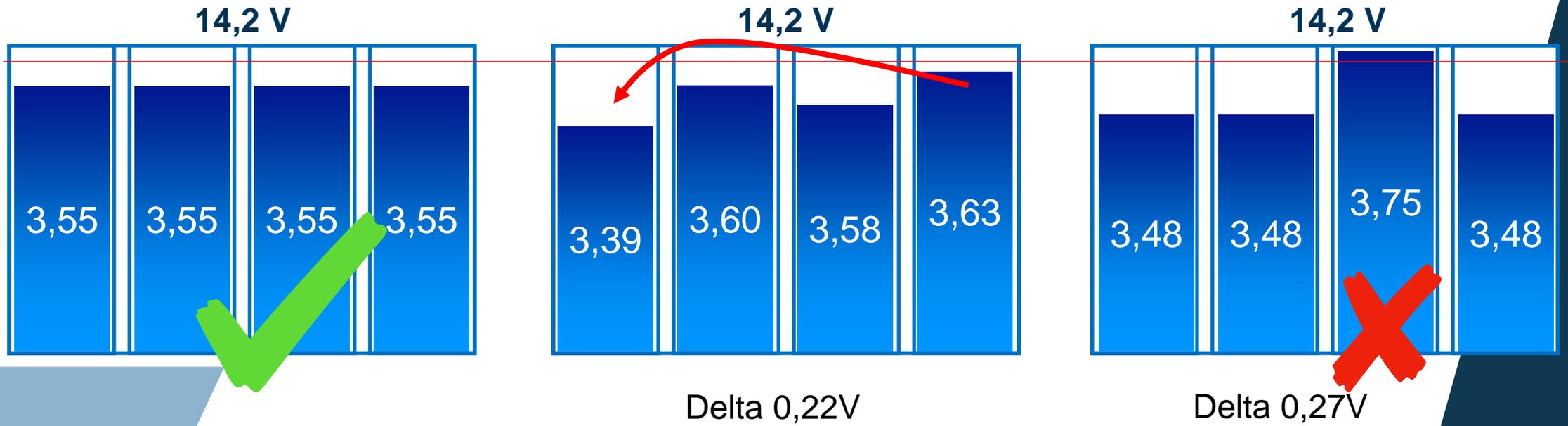
- Überspannung
- Unterspannung
- Differenz der Zellspannungen
- Zu hohe Temperatur
- Zu niedrige Temperatur
- Tlw. Überstrom



BMS ÜBERWACHT UND SCHÜTZT DIE BATTERIE



BALANCING DER ZELLEN



UMGANG MIT LITHIUM-BATTERIEN

- Batterie nicht ständig vollgeladen halten!
- Große Wärme reduziert die Lebenszeit!
- Balance der Zellen prüfen!
- Nicht unter 2°C aufladen!
- Die Spannung liefert keine Aussage über den Ladezustand!
- Der SOC 100% wird subjektiv definiert über Ladespannung, Reststrom, Batteriekapazität.
- SOC lässt sich nicht messen, nur errechnen aus dem Strom der durch den Shunt in und aus der Batterie fließt und den o.g. Parametern
- Der SOC 100% sollte 1x im Monat kalibriert werden.
- Voll Aufladen gibt dem BMS die Chance zu balancieren (>3.4V)
- Fehlendes Balancieren der Zellen reduziert die Kapazität

Leinen LOS

SAILPARTNER 
MARITIME CONSULTANTS & TRAINER