

# Vollendung der Elektrifizierung des Eisenbahnsystems

Ueli Kramer, [ueli.kramer@sbb.ch](mailto:ueli.kramer@sbb.ch)

Leiter Team und CoC Energiespeicher & alternative Antriebssysteme SBB

Luzern, 10. November 2022





# Agenda.



**eTool und  
Energieversorgung**  
Kurze Übersicht



**eFahrzeuge**  
Eine  
Einordnung



**Ladeinfrastruktur**  
Klarstellung  
Sicht SBB /  
Schweiz



**Batterien und  
Alternativen /  
Instandhaltung**



**Fragen /  
Diskussion**

*Begrifflichkeit: nachfolgend «Batterie» als einheitlicher Sammelbegriff zu Akkumulatoren, Sekundärzellen, Traktionsbatterien, etc.*



# Umbruch der Energieversorgung & Baugeräte auf Baustellen





## eTools sind da

- Performance ist gegeben.
- Akzeptanz erhöht sich durch eine betreute Einführung.
- Testen, testen, testen, ...
- Einführungsplan ist zentral.
- Fragen im Bereich Lagerun, Sicherheit und Langlebigkeit.



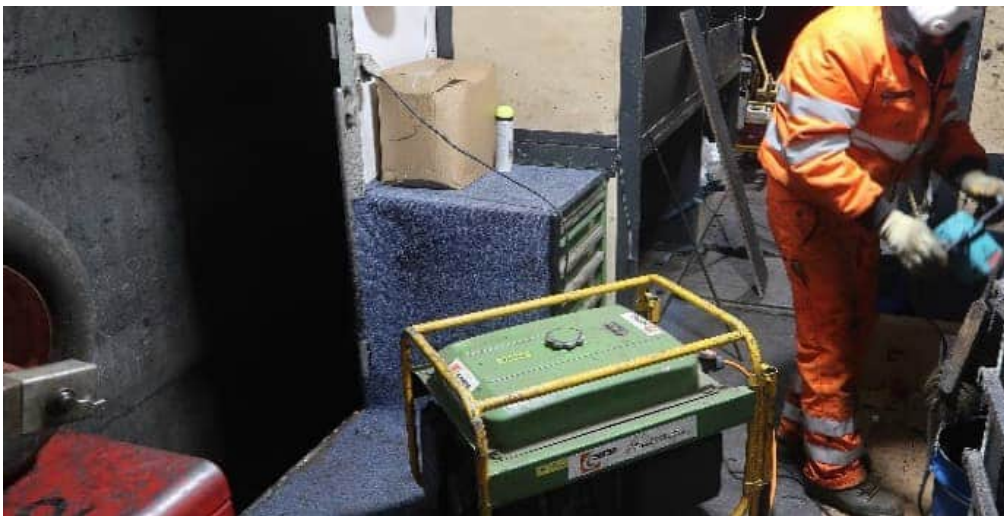


## eVersorgung

- Im oberen (>15kVA und unteren <2kVA) Bereich zahlreiche Ersatzprodukte verfügbar.
- Frage der Energienachführung resp. Ladung.







## Was läuft bei der SBB

Wir haben seit 2018 sehr viele Erfahrungen gesammelt. Dank vielen Versuchen haben wir eine wertvolle Verbindung zwischen Anwender («Büetzer») und Produkte / Technologie.

- Ab Q3 2022 sind zwei Fahrbahnteams «maximal elektrisch» am arbeiten.
- Ladeinfrastruktur wird ausgebaut.
- Schulungen in Vorbereitung.
- Sicherheitsthemen adressiert und Lösungen bekannt.
- Technologiewahl abgeschlossen: Batterien für die meisten Anwendungen. Für sehr, sehr hohe Energieautarkiebedürfnisse Wasserstoff-Brennstoffzellen-Systeme in Validierung.



Am 843



Vossloh DE 18

# Neue Fahrzeugkonzepte



Tm 234



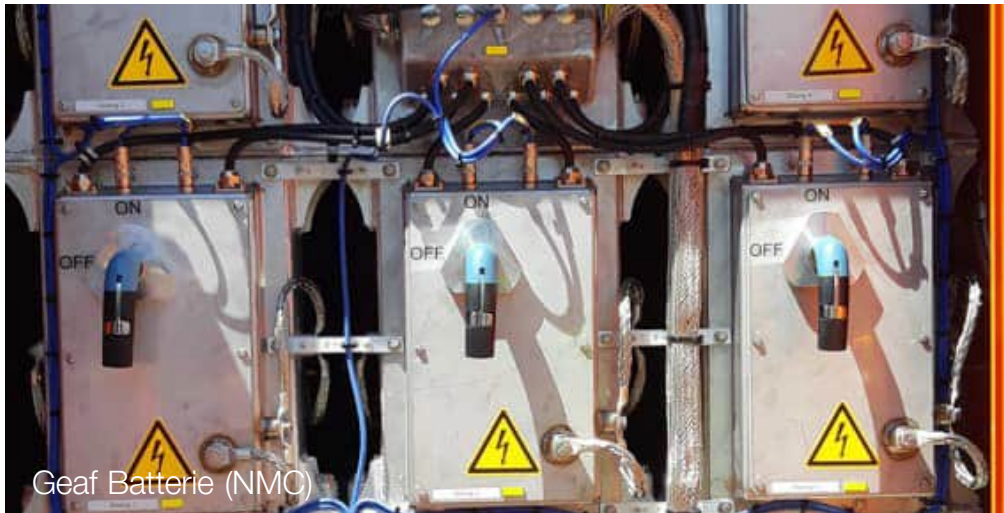
P&T Multicrafter 15.4 E3 Typ 3

## Neue Fahrzeuge kommen

- Vor allem im Bereich  
Personenverkehr (interessiert SBB  
nicht) starkes aufkommen von  
Batterie- oder  
Wasserstofffahrzeugen.
- Im Rangier- und  
Baustellenbereich eher noch  
verhaltene Bewegungen.







## Aktueller Stand und Niveau batterieelektrischer Schienenfahrzeuge

- Know-how zu Batteriesystemen ist im Eisenbahnbereich mindestens 5 Jahre im Vergleich zu anderen Branchen hintendrein.
- Integration gleicht mehr eines «Implantates» anstatt einer sauberen Systemintegration.
- Kaum Überlegungen im Bereich «Betreuung über die Lebensdauer» à la Asset-Management.
- Kosten insbesondere auch wegen kleinen Stückzahlen und «Eisenbahnvorgaben» 3-5x teurere als im Automobilbereich.

Phase OUT: fossile Energieträger  
Phase IN: Energiespeicher

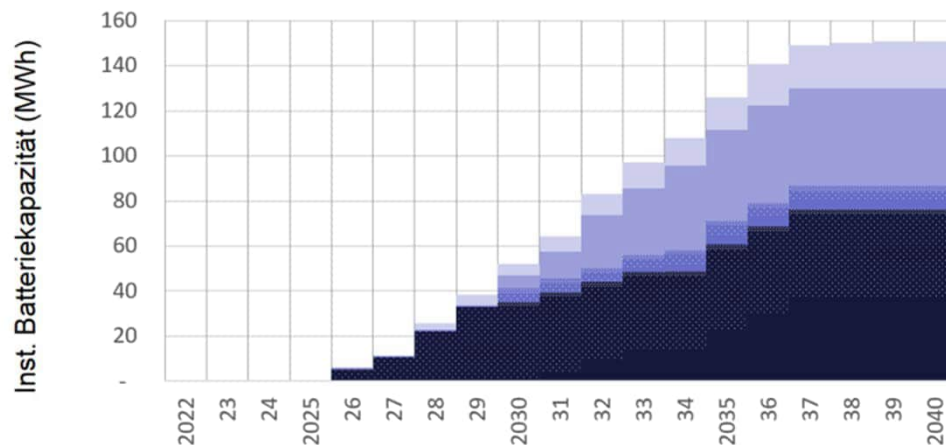
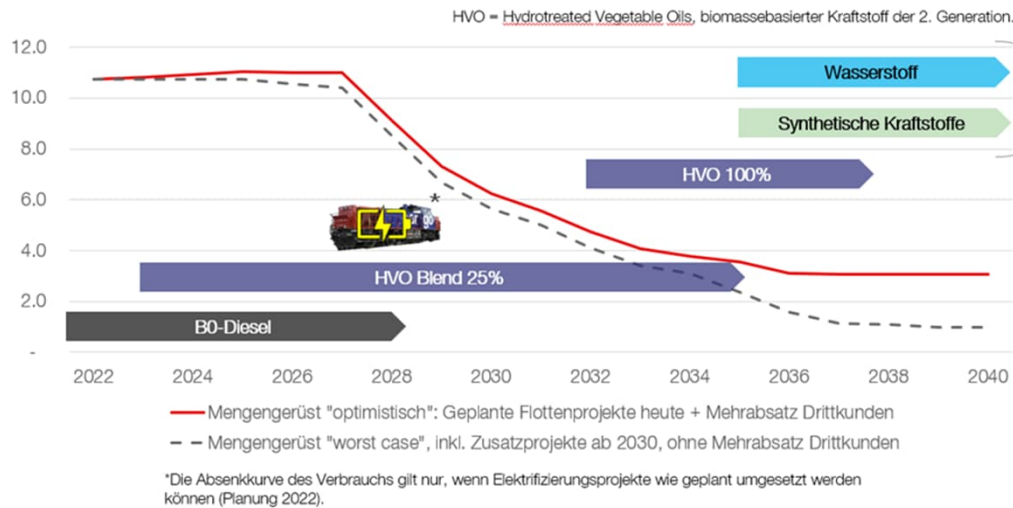


Abbildung 6: Prognostizierte Zunahme der installierten Batteriespeicherkapazität durch die Elektrifizierung der Diesel-  
flotte SBB-weit bis 2040. Legende siehe Abbildung 3.

- Knapp 50% der SBB-CO<sub>2</sub> Emissionen stammen von der Dieseltraktion und Baustellenenergieversorgung.
- Alternative Kraftstoffe als Übergangslösung und für Spezial- sowie Sonderanwendungen.

## Klimaneutrale SBB – der übergreifende Treiber und als Reaktion auf einen unaufhaltbaren Wandel







# Flotten SBB Infrastruktur, es bleibt «bunt» und gibt zu tun







# Ladeinfrastruktur



## Fremdeinspeisung

Sofern möglich, ist bevorzugt via Oberleitung zu laden ABER viele Fahrzeuge werden diese Möglichkeit nicht haben.

- Es «wuchert» bei der Bahn.  
Standard ist nötig! → RTE bereiten wir vor; [EuroSpec \(Link\)](#) bereits veröffentlicht.
- Wichtig: bestehende Infrastruktur mitzuberücksichtigen.



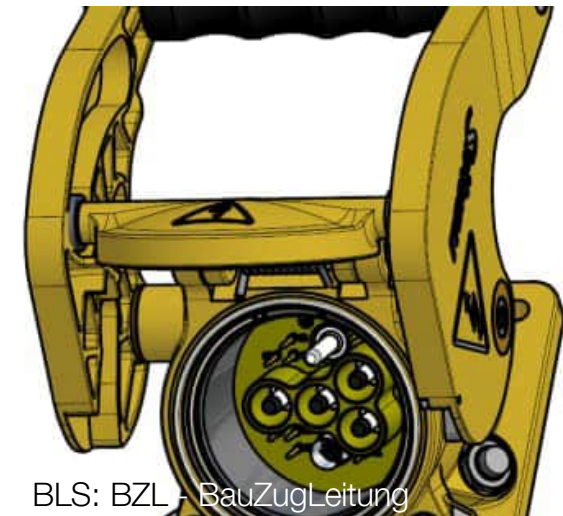
Typ 2 CCS



IEC 60309 - Industrie-Stecker (CEE Standard)



UIC 552



BLS: BZL - BauZugLeitung



# Batterien und Alternativen / Instandhaltung



# Batteriesysteme werden sich durchsetzen

## Batteriesysteme, konkret:

- Wo möglich, Batterie-Panto-Hybrid.
- Wo dies nicht möglich: reines Batteriefahrzeug mit Fremdeinspeisung.

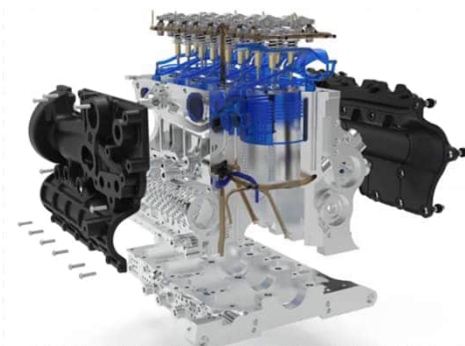
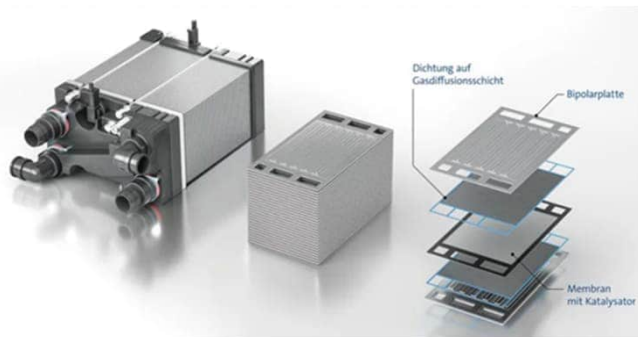
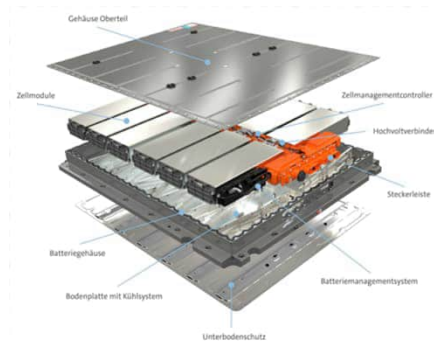
## Warum nicht Wasserstoff (H<sub>2</sub>):

H<sub>2</sub>-Brennstoffzellensysteme werden ihre Nische einnehmen ABER:

- Schweiz: hoher Elektrifizierungsgrad (100% bei P).
- Wirkungsgrad von knapp 40% treibt die Energiekosten hoch.
- Grüner H<sub>2</sub> wird auf Langzeit (>10 Jahre) Mangelware sein.
- Systemkomplexität: ist höher als bei einem reinen Batteriesystem (Unterhalt!).
- Wartungsaufwand Tanksystem, Brennstoffzellensystem, etc. ist hoch.
- Kostenintensive Logistik und Verteilinfrastruktur ist inexistent (Eintrittshürde).

## Warum nicht alternative Kraftstoffe (konkret: paraffinischer Diesel / HVO):

- Als Übergangstechnologie bei moderneren Fahrzeugen möglich (EN 15940).
- Lokale Emissionen wie z.B. NO<sub>x</sub> bleiben (anstehende Verbote bestehen als Gefahr; -20% Schadstoffe und Partikel mit 100% HVO).
- Nachfrage wird Preise steigen lassen.
- LCC von reinen elektrischen Batterie-Systemen teils heute schon tiefer.



## GEFAHR

### Gefahr durch Stromschlag oder Verbrennungen



Freischalten der Maschine durch eine Elektrofachkraft vor sämtlichen Arbeiten am elektrischen Hochvoltsystem!

Arbeiten am elektrischen Hochvoltsystem der Maschine dürfen nur von einer Elektrofachkraft (EFK) oder von einer elektrotechnisch unterwiesenen Person (EuP) unter Aufsicht einer EFK durchgeführt werden.

## GEFAHR



### Gefahr von Stromschlag und Verbrennungen!

Vor dem Arbeiten am HV System des elektrischen Antriebs muss sichergestellt werden, dass das komplette System freigeschaltet ist!

## GEFAHR



### Gefahr von Stromschlag und Verbrennungen!

Die orangenen HV Batteriestecker müssen zwingend gegen den Kontakt mit Metallflächen gesichert werden (z.B. Stecker komplett abkleben).

## ACHTUNG

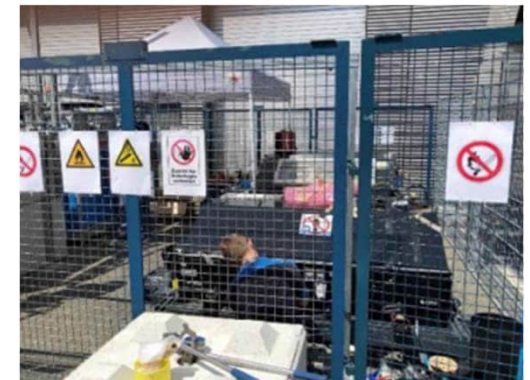


- Kühlmittelschläuche abklemmen vor dem Trennen der Anschlüsse an der Batterie, damit keine Flüssigkeit in die Umwelt gelangt.
- Die offenen Kühlschlauch Enden an die Batterie verschliessen.

# Der Unterhalt von Batteriesystemen

Definition: ein ESS ist ein Energie-Speicher-System und umfasst:

- DC / DC-Wandler
- Traktionsbatterie (ESU: Energy-Storage-System)
- Batterie-Konditionierungssystem (BTMS: Battery-Thermal-Management-System)
- Ausbildung im Bereich wie z.B. als Hochvolt-TechnikerIn zwingend nötig.





## Instandhaltungs Fokus: Systemwahl

- Nichts tun ist die Antwort auf «was zu tun ist?».
- Allenfalls Lüfter der Kühlsysteme reinigen.
- Fokus auf die richtige Technologie für die richtige Anwendung von qualitativ hochstehenden Systementwicklern.
- Bei Problemen höchstens Ausbauen (gem. Anleitung) und dann Kontakt zu Systemlieferant (Verträge!).

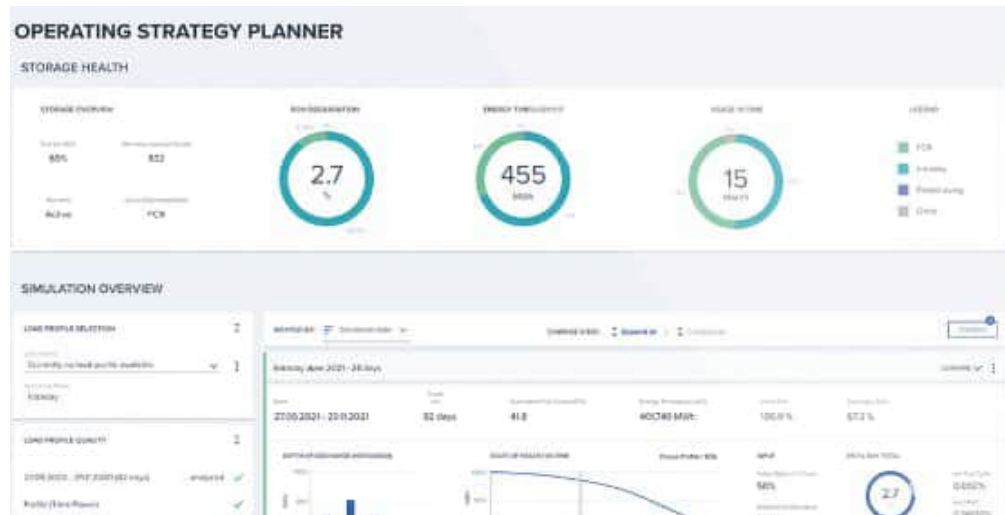
ABB Bordline



Akasol OEM







## TWICE

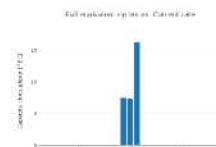
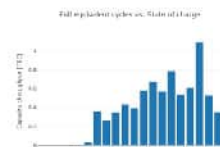
Hebebühne 1: Battery 1

Type	240V/400V 15kVA/10kVA
Capacity	150kWh
Last tested	27.09.2021 10:00
Date of birth	1970
Remaining useful life	120 days
Current state of charge	85%
Voltage	71.40V
Temperature	18.3°C



## Events

Timestamp	Severity	Message	ACK
27.09.2021 10:00	Warning	Battery 1: 1st battery module of substation 1 (240V/400V 15kVA/10kVA) is not connected for more than 100 days. Last connected on 27.09.2021 10:00.	NO
27.09.2021 10:00	Error	Battery 1: 1st battery module of substation 1 (240V/400V 15kVA/10kVA) is not connected for more than 100 days. Last connected on 27.09.2021 10:00.	NO

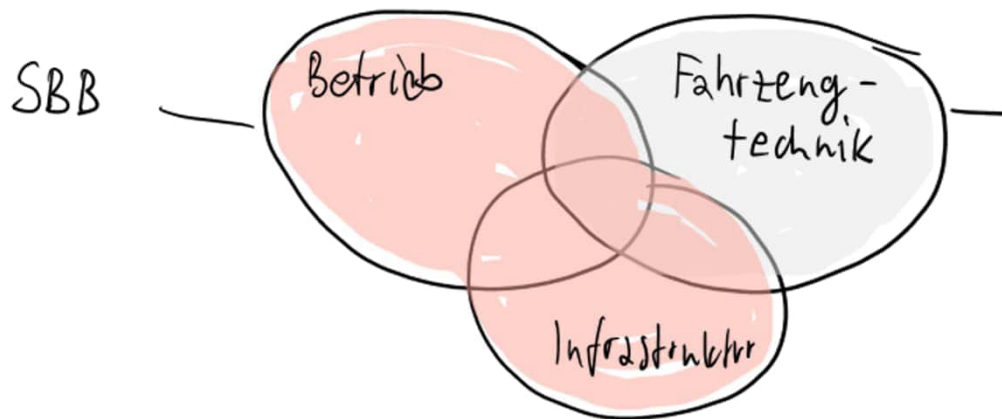


SBB-Lösung

## Instandhaltungs Fokus: Monitoring

- Jedes (!) moderne System verfügt schon nur aus Technologiegründen über abgreifbare Daten.
- Ein Batteriesystem kündigt Probleme an.
- Wahl der richtigen Daten:
  - Temperatur
  - Zyklen
  - Spannungen und Ladezustand (SoC)
  - Gesundheitszustand (SoH)
  - System-Architektur
  - Etc.

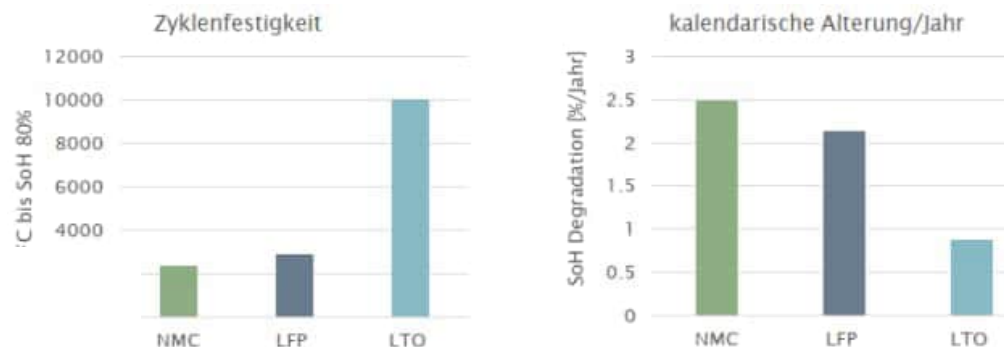
*Es ist nicht die Menge der Daten, die die Qualität ausmacht.*



## Instandhaltungs Fokus: Systemwahl und Integration

- Sobald bekannt ist **was man will**, kommt direkt die Optimierung: Einsatzkonzept, Fahrzeugkonzept, Referenzprofile (nicht worst-case!).
- Nur so haben wir die passende Technologie für das passende System (keine Überdimensionierung!).
- Ladestrategien sowie die abgestimmte Definition von Betriebszustände haben einen markanten Einfluss auf die Lebensdauer.
- Bei falscher Auslegung kann nach zwei Jahren das «böse» erwachen kommen.
- Ein System lebt (SoH > 80%) bei richtiger Auslegung länger als 10 Jahre.
- D.h. System wird mindestens 1x/Lebensdauer-Fahrzeug gewechselt → Modularität & Schnittstellen!

Wissen was man will ...



Effekte am Beispiel Am 843



- Brandschutzsicherheit
- Abluftsystem gegen giftige Rauchgase
- Bildung von Überdruck möglich



*Lagern bei  
20-60 %*



*Tiefentladung  
(unter Minimalspannung)*

## Lagerung von Batteriesystemen

- Keine kritischen oder beschädigten Akkus lagern.
- In Temperaturbereich von 10-30°C lagern.
- Trockene Lagerung, nicht der Sonne oder dem Regen ausgesetzt.
- In speziellen Sicherheitsschränken lagern.
- Alle möglichen Verbraucher entfernen. Power OFF.
- Ladezustand des Akkus sollte bei Lagerung zwischen 20 und 60 % liegen.
- Ladezustand ist monatlich zu überprüfen, ggf. ein Ladevorgang durchzuführen, um **Tiefentladung** zu vermeiden.
- Selbstentladung üblicherweise unter 2 % pro Monat, kann temperatur- und systemabhängig aber auch bis zu 5 % sein.



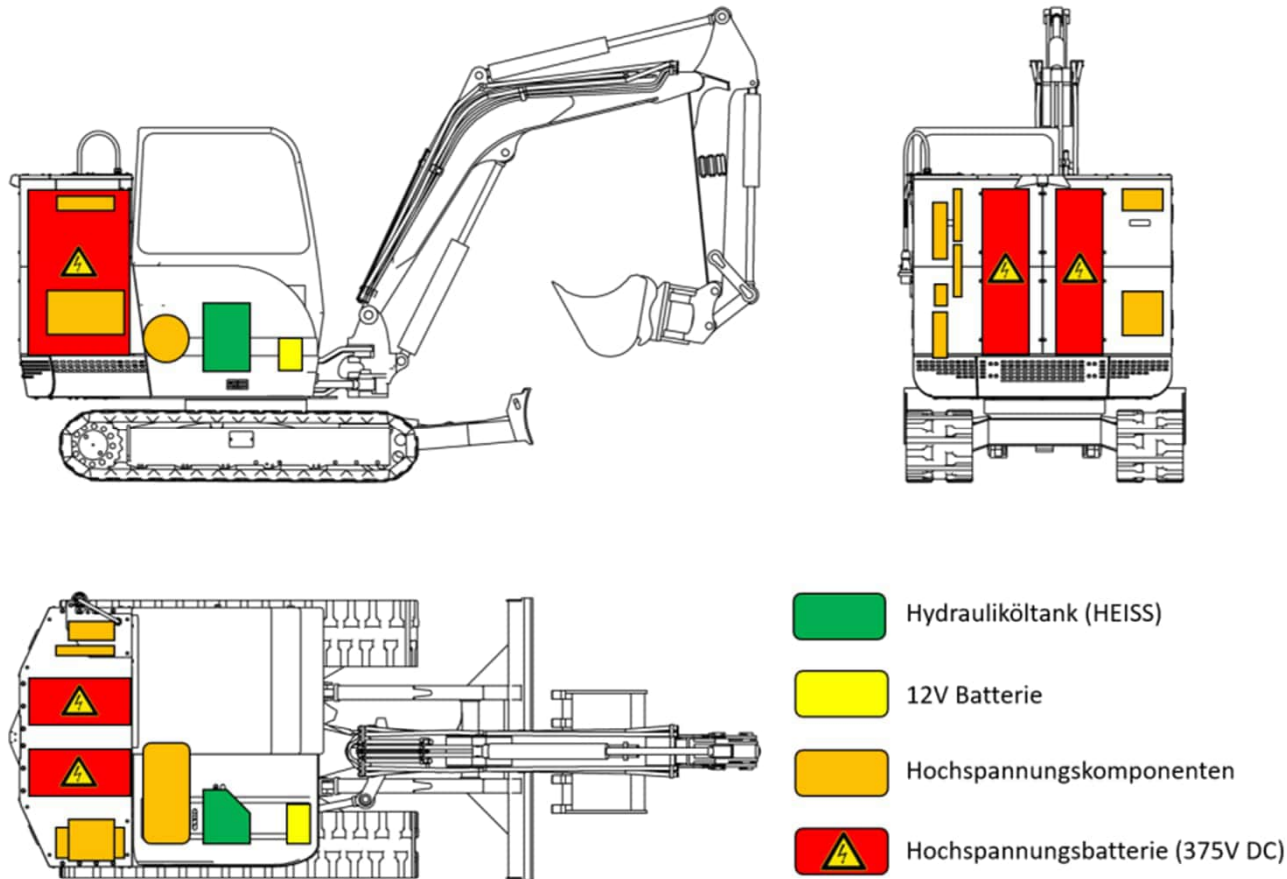
## Allgemeine Hinweise zum Umgang

Eine Batterie ist zu behandeln wie ein Mensch, den wir mögen.



- Den Batteriespeicher nur in der dafür definierten Anwendung nutzen.
- Nur mit dem dafür vorgesehenen Ladegeräten laden/entladen.
- Vorsichtiger Umgang zum Schutz vor mechanischen Beschädigungen. Sturz, Druck, Kollision oder starke Vibrationen.
- Nicht unmittelbar und dauerhaft hohen Temperaturen oder externen Wärmequellen aussetzen (d.h. nicht höher als 40°C; dazu gehört auch die Vermeidung von direkter Sonneneinstrahlung).
- Im Optimalfall zwischen 0 und 40 °C betreiben (Ideal: 20°C).
- Sofortiges Entfernen von beschädigten oder defekten Batterien.
- Insbesondere bei Batteriezellen: externen Kurzschluss über Pole vermeiden.
- Für Transport, langfristige Lagerung oder Entsorgung sind Vorgaben zugänglich aufzubereiten.
- (Nur unter Aufsicht aufladen oder in Sicherheitsschränken.)

# Rettungskarte hilft der Intervention





## Fazit und Abschluss

- Die Elektrifizierung schreitet voran.
- Der Wandel hat einen Einfluss auf alles und muss mit diversesten nötigen Aktivitäten geführt werden.
- Die Elektrifizierung bietet Chancen aber auch Risiken.

Es braucht Lösungen die funktionieren, akzeptiert sind einen Mehrwert bringen. Die Ansprüche sind hoch!



ueli.kramer@sbb.ch

SBB CFF FFS

# Danke