

Unsere Energie für Ihren Erfolg



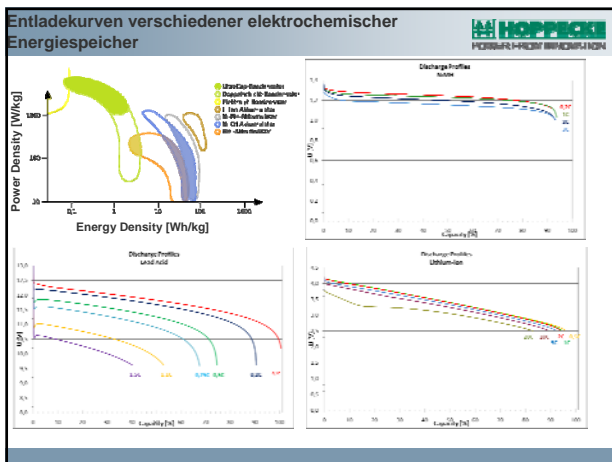
**Elektrochemische Energiespeichersysteme für Elektrobusse**

Accumulatorenwerke HOPPECKE  
Carl Zeissler & Sohn GmbH  
Borkenheimer Straße 1  
D-59529 Brilon-Hoppecke  
www.hoppecke.com

Motive Power Systems   Reserve Power Systems   Special Power Systems   Service

**Inhalt**

- 1 Batterietechnologien für Busantriebe
- 2 Elektrifizierungsgrade in Busse
- 3 Beispiele an realisierten Projekten und ausgewählten Beispielen
- 4 Ladeverfahren
- 5 Zusammenfassung und Ausblick



**Wichtigste Batterietechnologien**

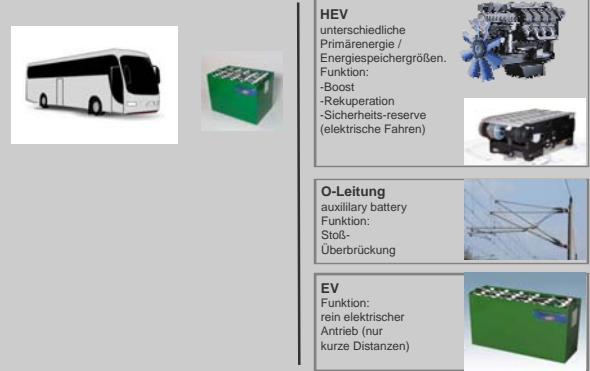
	NiMH	Li-Ion	Lead Acid	NiCd
Energiedichte [Wh/kg]	40 - 80	100 - 200	30 - 40	40 - 60
Leistungsdichte [W/kg]	200 - 1.000	1.500 - 2.000	200 - 700	200
Lebensdauer (Jahre)	10	10	5 - 10	10
Zykluslebensdauer	2.000 - 3.000 (100% DOD)	2.000 - 8.000 (100% DOD)	750 - 1.500 (80% DOD)	2.000 - 3.000 (100% DOD)
Wiederaufladbarkeit	0,5h up 80% SOC <10min@10C	1h up to 80% SOC; 10s up to 30C depending on SOC	1h up to 80% SOC up to 6C depending on SOC	0,5h up 80% SOC 10min@10C
Wirkungsgrad [%]	90	90 - 95	80 - 95	90
Temperaturbereich [°C]	-20 / +50	-20 / +50	-20 / +50	-40 / +60
Kosten [€/kWh] heute	800	700 - 1.500 (Kleinserie)	50 - 150	160 - 500
Zielkosten [€/kWh]	300 - 500	300 - 700	50 - 150	150 - 300

*Nach 2020 werden zwei Technologien den Markt dominieren:*  
 Blei-Säure (Kosten)      Lithium-Ionen (Leistung)

**Inhalt**

- 1 Batterietechnologien für Busantriebe
- 2 Elektrifizierungsgrade in Busse
- 3 Beispiele an realisierten Projekten und ausgewählten Beispielen
- 4 Ladeverfahren
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

**Elektrifizierungsgrade für Busantriebssysteme**



**HEV**  
 unterschiedliche Primärenergie / Energiespeichergrößen.  
 Funktion:  
 -Boost  
 -Rekuperation  
 -Sicherheits-reserve (elektrische Fahren)



**O-Leitung**  
 auxiliary battery  
 Funktion:  
 Stoß-Überbrückung

**EV**  
 Funktion:  
 rein elektrischer Antrieb (nur kurze Distanzen)



**Inhalt**

- 1 Batterietechnologien für Busantriebe
- 2 Elektrifizierungsgrade in Busse
- 3 Beispiele an realisierten Projekten und ausgewählten Beispielen
- 4 Ladeverfahren
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

**Elektrifizierungsgrade für Busantriebssysteme**

**HEV**  
 unterschiedliche Primärenergie / Energiespeichergrößen.  
 Funktion:  
 -Boost  
 -Rekuperation  
 -Sicherheits-reserve (elektrische Fahren)

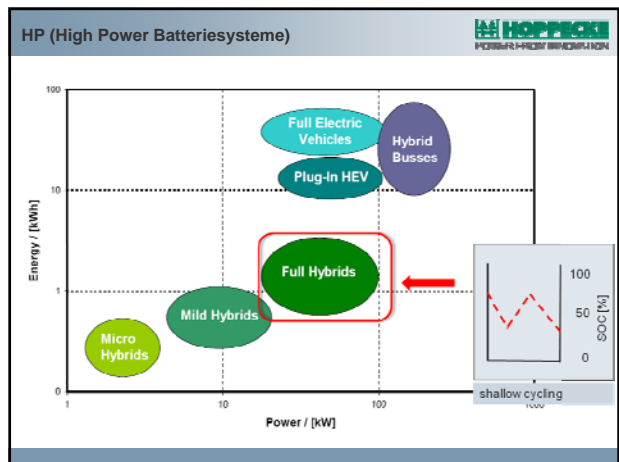



**Solaris Urbino 18 Hybrid**

**Technische Daten des Solaris Urbino 18 Hybrid**

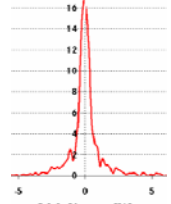

Länge:	18.000 mm
Breite:	2.550 mm
Höhe:	3.225 mm
Motor:	Cummins ISLe4 340hp
Hybridantriebssystem:	GM Hybrid Allison E 50
Antriebseinheit:	Allison E 50 Energiespeicher: NiMH-Batterie





**Solaris Urbino 18 Hybrid mit Allison Transmission**

**Energiespeicher**  
 Hybridbatterie: NiMH  
 Funktion: Boost und Rekuperation  
 Einbauort: Dach

Toyota Prius NiMH Battery,  
 6,5 Ah, 288V  
 (3 Module parallel),  
 luftgekühlt

Ladezustandsänderung während(SOC) Stadtzyklus

**Elektrifizierungsgrade für Busantriebssysteme**




**HEV**  
 unterschiedliche Primärenergie / Energiespeichergrößen.  
 Funktion:  
 -Boost  
 -Rekuperation  
 -Sicherheits-reserve (elektrische Fahren)




## Hydrogenics Midi-Bus



Brennstoffzelle : HyPM 10 mit 14 kW Brutto- und 10kW Nettoleistung  
 Batteriesystem: NiCd (72V, 9,5kWh)  
 Gesamtsystemleistung: 25kW  
 Drehmoment: 235 Nm  
 Geschwindigkeit: 33 km/h  
 Wasserstofftanks: Dachmontage, 2 Stück, Volumen 5,8kg H2  
 Reichweite: 200 km (mit einer Tankfüllung)  
 Bustyp: Tecnobus  
 Anzahl: 3 Busse (in 2005)

## Batterien für Midi-Bus BZ-Batterie Hybrid Projekt



Batterie besteht aus 60 Zellen des Typs FNC T 211 H ( $C_{nom} = 125Ah$ ) im 2 Batterietrögen  
 9,5 kWh

Batterie Ladung und Entladung wird Überwacht mit einem Batteriemanagementsystem



14

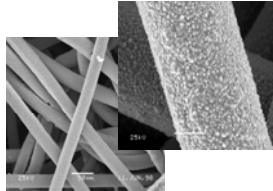
## Alkalische Batterien in FNC®-Technologie



Hohe Zyklen- und kalendarische Lebensdauer  
 Erhöhter Einsatztemperaturbereich  
 Erhöhte Energiedichte  
 Keine Säurenebel  
 Schnellladbarkeit  
 Betriebssicherheit (Misshandlung / Tiefentladung/ Umpolung voltage reversal)  
 Geringer Wartungsaufwand



- Optimiertes Aktivmaterial
- Beste Performance
- Höchste Lebensdauer
- Hoher Ladewirkungsgrad



## Hybridbatterientwicklung für HEV Bus



Projektbeschreibung: Entwicklung eines Energieversorgungssystems für Hybridbussysteme (400V, ca. 75Ah) in NiMH- und Lithiumionen-Technologie

Förderung: NRW-EU Ziel 2-Programm

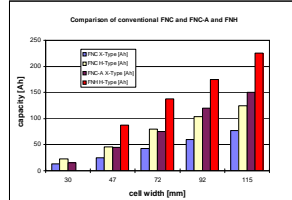
Partner: HOPPECKE, Kiepe-Vossloh, APTS, BZ-Hersteller



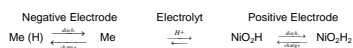
## NiMH Technologie



Vorteile:  
 -Entladespannung vergleichbar mit FNC®  
 - Erhöhte Energiedichte (Volumen, Grundfläche, Gewicht)  
 - Erniedrigte Ladespannung  
 - höchste Lebensdauer  
 - Sealed Design



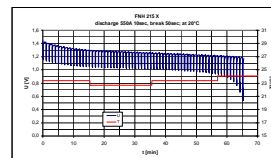
Elektrochemische Reaktionen



## NiMH Zellen für Industrielle Anwendungen



- Das Batteriesystem besteht aus industriellen NiMH Einzelzellen (1.2 V, 75 Ah)
- Klimatisiertes Containersystem (Aktive gesteuerte Luftkühlung).
- optimierte Betriebsdauer durch Einsatz von langlebigen Einzelkomponenten
- Intelligentes Batteriemanagementsystem



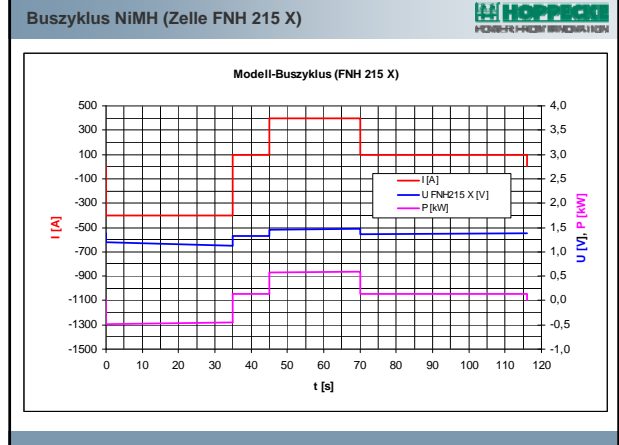
**BMS (Batteriemanagementsystem)**

**Batteriespannung:** 16-800V  
**Leistungsaufnahme:** ca. 6W in Betrieb  
**getrennte Strommessung:** 10mA bis 1500A mit Shunt 100 µhm  
**hohe Messgenauigkeit:** <1%  
**Kommunikation mit Fahrzeug:** über Relais, und CAN BUS.  
**Batterietechnologien:** geeignet für NiMH, Pb, Lion Zellen  
**Informationsübermittlung:** Ladezustand (SOC)

**Für Lithium:** Einzellzellenmessung Kommunikation mit Zentrale Genauigkeit 1mV

**Balancing:** während laden und entladen mit 100% Strom

**Aufbau:**  
 Modul-System :  
 Strommessung und Gesamtspannungsmessung getrennt von Auswerteeinheit (Shunt mit Elektronik und Busverbindung zur Auswertung)  
 Hauptmodul  
 Relaismodul  
 CAN BUS modul  
 Kommunikationsmodul für Datenübertragung zu externen Stellen. (GSM, Ethernet, Wlan)



**Elektrifizierungsgrade für Busantriebssysteme**

**O-Leitung**  
 auxiliary battery  
 Funktion:  
 Stoß-Überbrückung

**Trolley-Bus Vancouver mit Vossloh Kiepe**

**Kunde:** Vossloh Kiepe GmbH (Düsseldorf)

**Funktion:** Sicherheitsbatteriesystem bei Ausfall der Elektrizitätszuführung durch O-Leitung

**Anzahl:** 188 Batterien für Standard Trolley Bus  
 225,6V / 32Ah (Reichweite 2,2 km in der Ebene)  
 (Reichweite 180 m bei 10% Steigung)

40 Batterien für Gelenkbusse  
 225,6V / 48Ah (Reichweite 2,3 km in der Ebene)  
 (Reichweite 190 m bei 10% Steigung)

**Batteriesystem:** NiCd

**Realisierung:** Juni 2005 bis September 2007

**Endkunde:** Greater Vancouver Transportation Authority

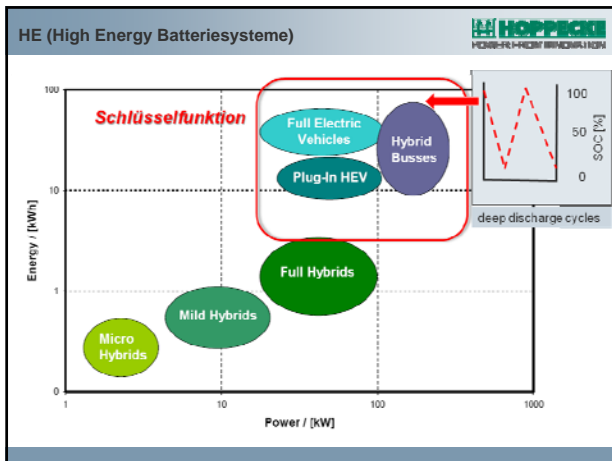
**Trolley-Bus Vancouver**

Das Batteriesystem besteht aus 2 Batterietröge, die im Heck des Busses eingebaut sind.

**Batterie Inbetriebnahme:**  
 94 cells type FNC A 32 XR  
 $C_{nom} = 32Ah$

**Elektrifizierungsgrade für Busantriebssysteme**

**EV**  
 Funktion:  
 rein elektrischer Antrieb (nur kurze Distanzen)

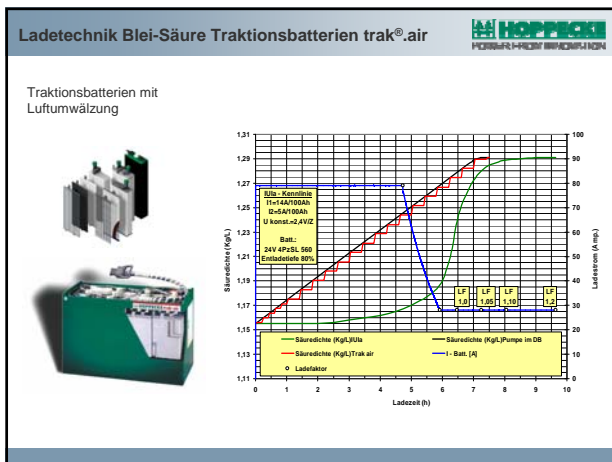


**Tecnobus mit Batteriewechselsystem**

Midi Bus mit einer Reichweite von 60 bis 80 km.

Batteriesystem: Blei-Säure Traction  
Batteriewechsel: Einschubsystem  
Wechselzeit: einige Minuten

Reichweite mit Advanced Batteries: 130 km



**Inhalt**

- 1 Batterietechnologien für Busantriebe
- 2 Elektrifizierungsgrade in Busse
- 3 Beispiele an realisierten Projekten und ausgewählten Beispielen
- 4 Ladeverfahren
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

**Schnellladestation HOPPECKE**

Ladeverfahren abhängig von verfügbarer Anschlussleistung.

Maximal sind 24KW Ladeleistung möglich. Abb. 15KW bestückt 80V Nennspannung (Maximal 120V) und 200A Ladestrom. Ladekennlinie Hoppecke.

**Schnellladekonzept Fraunhofer IVI**

Schnellladekonzept mit stationärem Zwischenspeicher:

Ladestation erfolgt die Energiespeicherung mittels Superkondensatoren. Gesamtenergieinhalt: >3 kWh (Nutzbar 2,3 kWh). Energieinhalt: 1536 BOOSTCAP 2600 F bei 2,5 V eingesetzt. (61 F bei 600 V.)

Für die Umwandlung der Wechselspannung des Versorgungsnetzes von 400 V in eine definierte Gleichspannung wird ein elektronisch geregeltes Netzteil mit DC/DC-Wandler eingesetzt. Durch eine Steuereinheit und unter Nutzung eines Bussystems werden die Kondensatoren mit niedriger Bezugsleistung innerhalb einiger Minuten auf ein gewünschtes Spannungsniveau aufgeladen.

Die Übertragung der in der Ladestation gespeicherten Energie in den elektrischen Energiespeicher des Fahrzeugs erfolgt über einen eigens dafür entwickelten Ladebordstein. Dieser Stein ist in das Haltestellensystem "Dresdner Combibord" integriert. Fahrzeugseitig erfolgt der Kontakt über ein hydraulisch steuerbares Koppelsystem mit ausfahrbaren Zylindern.

**Ergebnisse der Batterieanalyse für Blei-Säure im Opportunity Charging Betrieb**

Ermittelte Lebensdauer im Zwischenladungsbetrieb korreliert mit der Standardlebensdauererwartung

Vorteile liegen in der Erhöhung der Betriebszeit und der Reduzierung der Investitionskosten

Der Einsatz im PSOC- (Partial State of Charge) Zyklenbetrieb in einem DOD-Bereich zwischen 50 und 70% fördert die Sulfatierung der negativen Elektroden, die in diesem konkreten Fall die Kapazität der Batterie begrenzen

Der Grad der Sulfatierung hängt offensichtlich von der thermischen Belastung der Zellen ab

Die Temperaturbelastung führt zu einem Abbau wichtiger elektrochemisch aktiver organischer Komponenten der negativen Elektrode

Die Korrosion spielt in dem vorliegenden Fall eine untergeordnete Rolle, kann jedoch bei längeren Temperaturüberschreitungen über die 55°C Grenze ebenfalls zu einem lebensdauerbegrenzenden Faktor werden

**NiCd und NiMH Zellen beim Laden**

Ladung der Batterie ist auf Basis Ah-Bilanz zu überwachen !

Zellenausgleich in der Batterie durch Überladung möglich !

Modulare Batterieüberwachung

Moderate Umpflestigkeit

**Inhalt**

- 1 Batterietechnologien für Busantriebe
- 2 Elektrifizierungsgrade in Busse
- 3 Beispiele an realisierten Projekten und ausgewählten Beispielen
- 4 Ladeverfahren
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

**Anforderungen an Energiespeichersysteme**

Abwägung verschiedener Batterieigenschaften

**Einflussfaktoren auf das Performance von Speicher**

**Vergleich verschiedener Energiespeichersysteme**

Lead-Acid	Nickel Metal Hydride	Lithium-Ion
V = 2.12/cell 6 Cells = 12.7 V	V = 1.25/cell 10 cells = 12.5 V	V = 3.6/cell 4 cells = 14.4 V

- Li-Ion Requires Fewer Cells for the Same System's Voltage
- Substantially Higher (2-3x) Specific Energy than NiMH
- Approximately 80% Higher Energy Density than NiMH

Vergleich von 12V Batteriesystemen unterschiedlicher Technologie

**Vorteile**

- Hohe spezifische Lade- und Entladeleistung bis zu 3000 W/kg (on cell level)
- Li-Batterien zeigen die höchste spezifische energie (bis zu 200 Wh/kg)
- Hoher realisierbarer Energiedurchsatz (Abhängig von der Entladetiefe)
- Hohe Zellspannung, dadurch reduziert sich die Anzahl der Zellen beim Aufbau eines Batteriesystems
- Hohe Zyklenlebensdauern

**Herausforderungen**

- Störanfällig im Bezug auf Überladung und Kurzschlüssen
- Einzelzellüberwachung sowie Batteriemanagementsystem notwendig

Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit!

[www.hoppecke.com](http://www.hoppecke.com)



80 Jahre HOPPECKE - Jubiläumfeier 2007