

Moderne Batterietechnologien für den Einsatz in Elektrobussen des ÖPNV

Luzern, 30.11. – 01.12.2010

Dr. Gunter Schädlich



Motive Power Systems



Reserve Power Systems



Special Power Systems



Service

- 1** Umwelt- u. energiepolitische Zielsetzungen

- 2** Elektrifizierungsgrade bei Bussen

- 3** Anforderungen an Energiespeichersysteme

- 4** Beispiele für moderne Batteriesysteme in Fahrzeugen des ÖPNV

- 5** Zusammenfassung und Entwicklungstrends



- Kyoto Protokoll (5,2 % bis 2012)
Verpflichtung EU: Reduktion Emissionen von Treibhausgasen um 8% bis 2012
- Deutschland überproportionaler Anteil 20% bis 2012

- **Reduktion des Ausstoßes von CO₂ um 40% bis 2020 (Basis 1990)**

- Erhöhung des Anteils regenerativer Energiequellen bei der Elektroenergieerzeugung in Deutschland
 - auf 30% bis 2020
 - auf 50% bis 2030

Elektromobilität Umweltschonend und CO₂ frei



Lokale Reduktion
von CO₂ - Emissionen

Lärminderung in Ballungszonen

Reduzierung des Verbrauchs
fossiler Kraftstoffe

Modellregionen - Elektromobilität



E-Aix



Zielstellung: 1,0 Millionen Elektrofahrzeuge bis 2020

- 1 Umwelt- u. energiepolitische Zielsetzungen

- 2 **Elektrifizierungsgrade bei Bussen**

- 3 Anforderungen an Energiespeichersysteme

- 4 Beispiele für moderne Batteriesysteme in Fahrzeugen des ÖPNV

- 5 Zusammenfassung und Entwicklungstrends

Elektrifizierungsgrade für Busantriebssysteme



HEV



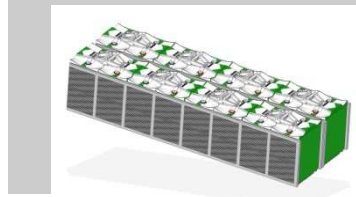
O-Leitung



EV



Elektrifizierungsgrade für Busantriebssysteme



Li-Ion



NiMH



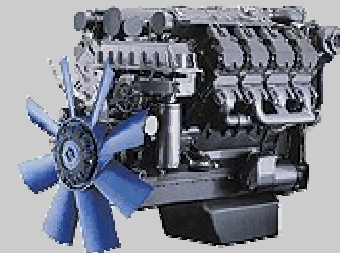
Bleibatterien

HEV

unterschiedliche
Primärenergie /
Energiespeichergrößen.

Funktion:

- Boost
- Rekuperation
- Sicherheitsreserve
(elektrisch Fahren)



O-Leitung

Bordnetzbatterie
Überbrückung
kurzer Distanzen
aus Energiespeicher



EV

Funktion:
rein elektrischer Antrieb
Brennstoffzelle, Batterie



- 1 Umwelt- u. energiepolitische Zielsetzungen

- 2 Elektrifizierungsgrade bei Bussen

- 3 Anforderungen an Energiespeichersysteme**

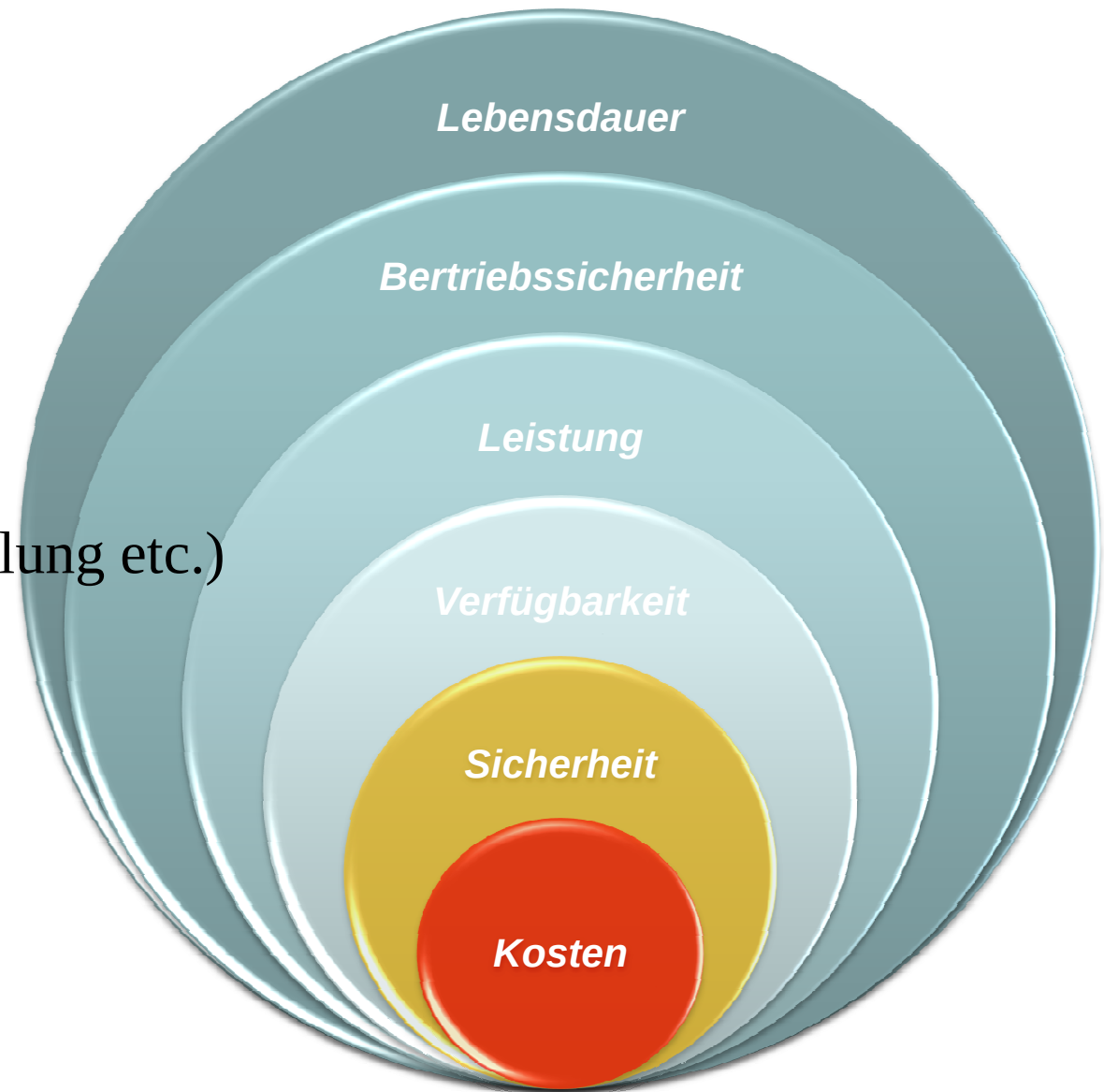
- 4 Beispiele für moderne Batteriesysteme in Fahrzeugen des ÖPNV

- 5 Zusammenfassung und Entwicklungstrends

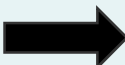
- Energieversorgung (Bordnetz) für Verbraucher
- Peakabdeckung für Beschleunigungsvorgänge
- Rekuperation bei Bremsvorgängen
- Einsatz zum Systemstart
- Mechanische Anforderungen
- Klimatische Anforderungen
- Kalendarische - bzw. Zyklen- Lebensdauer
- Kosten

Volumen u. Gewicht
Systemeinbindung (Kühlung etc.)

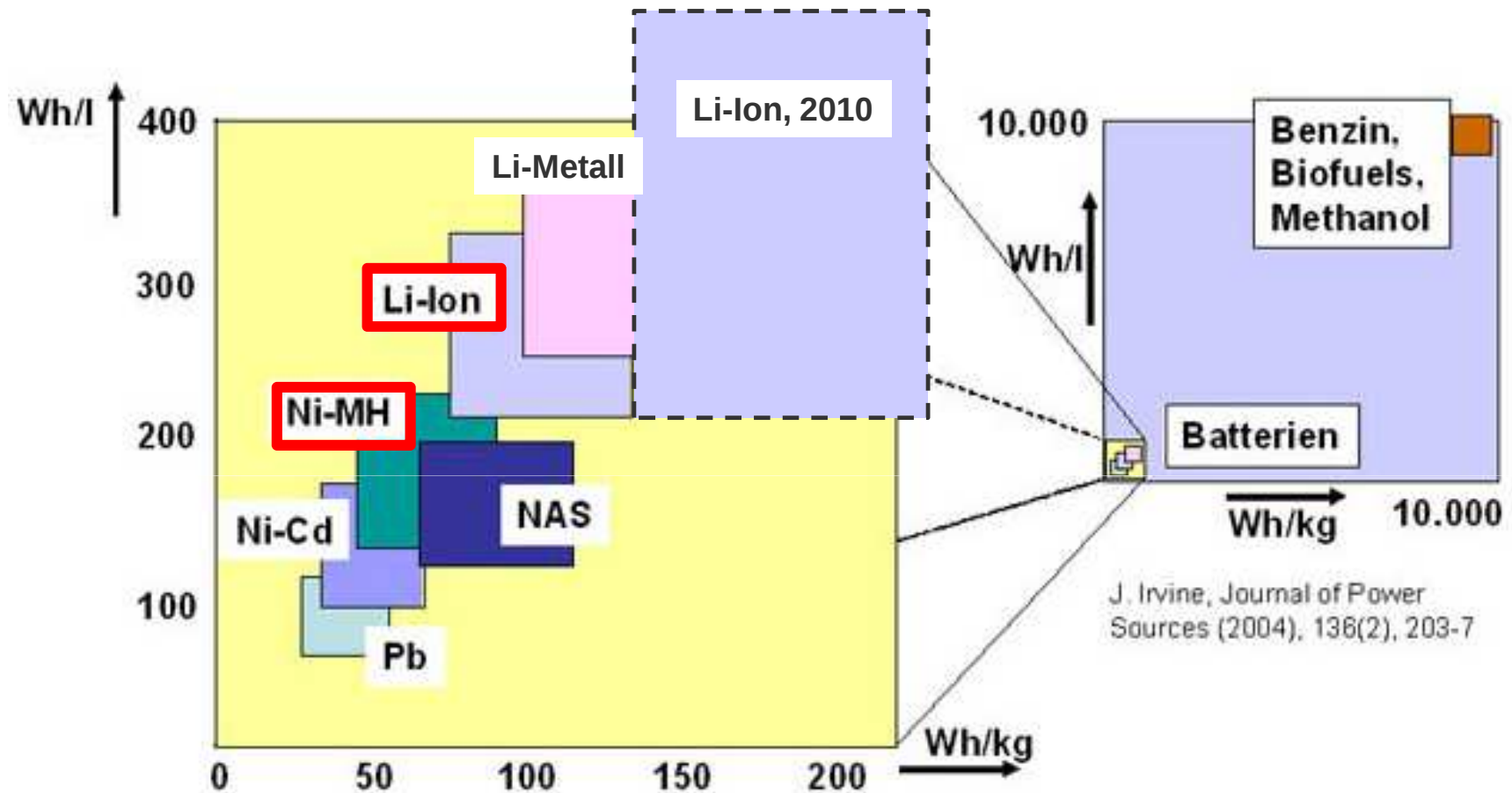
**Abwägung verschiedener
Batterieeigenschaften**



Anforderungen des ÖPNV an Batteriesysteme

	ÖPNV	PKW
Beschleunigen & Bremsen	1 Zyklus / min.	0,6 ... 0,9 Zyklen / min.
Betriebsstunden	3.000 pro Jahr	400 pro Jahr
	180.000 Zyklen / Jahr	14.400 ... 21.600 Zyklen / Jahr

Vergleich von Batterietechnologien



J. Garche, A. Jossen, H. Döring, VDI-Berichte Reihe 12,
Verkehrstechnik/Fahrzeugtechnik (2002) Band 484,
Hybridfahrzeuge und Energiemanagement, 101-118

Vergleich von Batterietechnologien

	NiMH	Li-Ion	Blei-Säure	NiCd
Energiedichte [Wh/kg]	60 - 80	100 – 150	30 – 35	50
Leistungsdichte [W/kg]	1.000 (HP System)	1.500 – 2.000	200 (700 TMF)	200
Lebensdauer (years)	10	10	5 – 10	10
Zykluslebens-dauer	3.000	3.000	750 – 1.500 (80%DOD)	2.000 – 3.000
Ladbarkeit	<10min@10C	1h bis 80% SOC bis 30C/10s abhängig vom SOC	1h bis 80% SOC bis 6C abhängig vom SOC	10min@10C
Effizienz [%]	90	90 – 95	80 – 85 %	90
Einsatztemp. [° C]	-20 / +50	-20 / +50	-30 / +50	-40 / +60
Kosten [€/kWh] heute	700	700 – 1.500 (Kleinserie Prototypen)	50 – 150	450 – 650
Zielkosten [€/kWh]	< 700	< 500	50 - 100	< 650

- 1 Umwelt- u. energiepolitische Zielsetzungen

- 2 Elektrifizierungsgrade bei Bussen

- 3 Anforderungen an Energiespeichersysteme

- 4 **Beispiele für moderne Batteriesysteme in Fahrzeugen des ÖPNV**

- 5 Zusammenfassung und Entwicklungstrends

Oberleitungsbusse

Trolley-Bus Vancouver

Sicherheitsbatterie
System bei Ausfall der
Elektrizitätszuführung durch
Oberleitung

NiCd Technologie



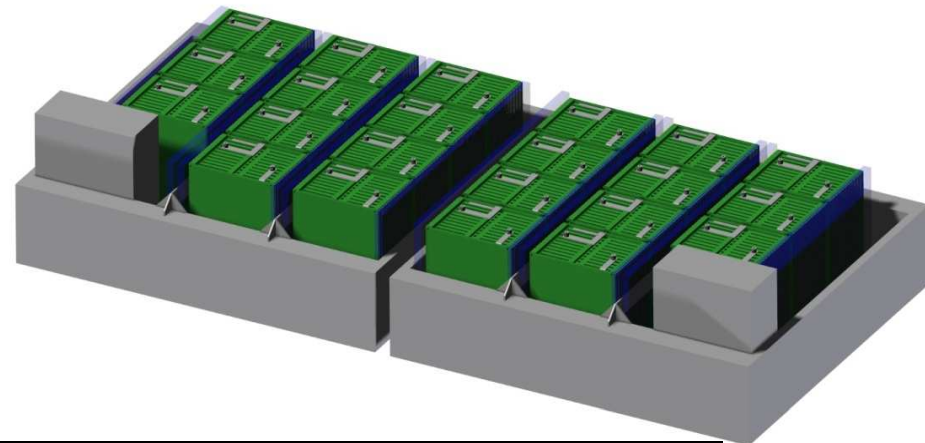
Oberleitungsbusse

Das Batteriesystem besteht aus zwei Batterietrögne, die im Heck des Busses eingebaut sind.



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

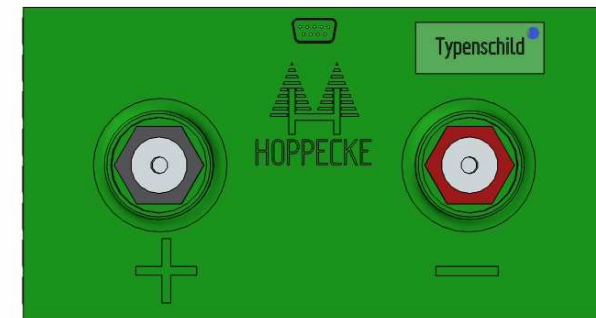
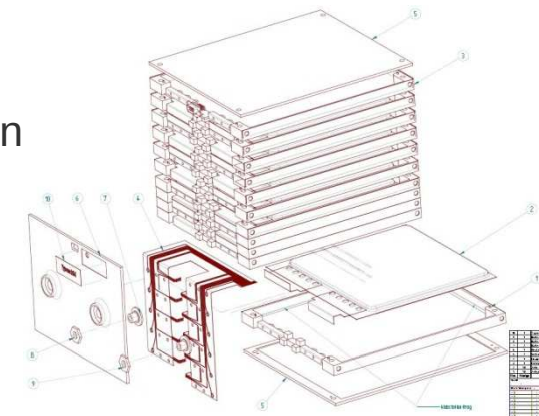
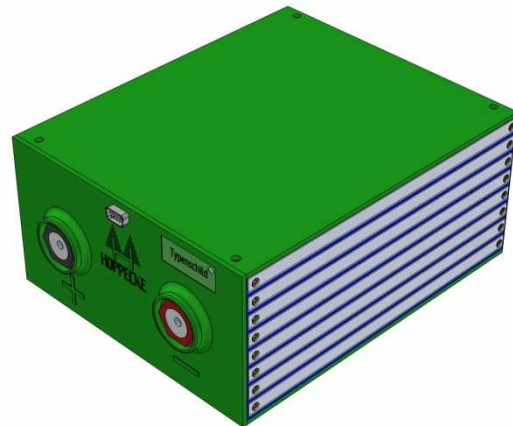
Auslegung Vancouver Projekt Li-Ion



	Li-Ion	Alkalisches System
Nennspannung [V]	407	226
Nennkapazität [Ah]	40	32
Nennenergie [kWh]	16,3	7,2
Zellen seriell	110	188
Zellen parallel	2	-
Zellkonfiguration	110s2p	
Systemgewicht [kg]	390	320 x 2

Lithium-Modul

- Varianten mit 7 Zellen(25,9V) und 10 Zellen (37,0V)
- Verschiedene Zelltypen einsetzbar -> HighEnergy und HighPower
- Beliebig parallel und seriell schaltbar um Einsatz in unterschiedlichen Anwendungen zu ermöglichen
- Integriertes Batteriemanagement mit Überwachung und Balancin
- Aktive Kühlung über Luft- oder Wasserkühlung möglich



Diesel Batterie 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:

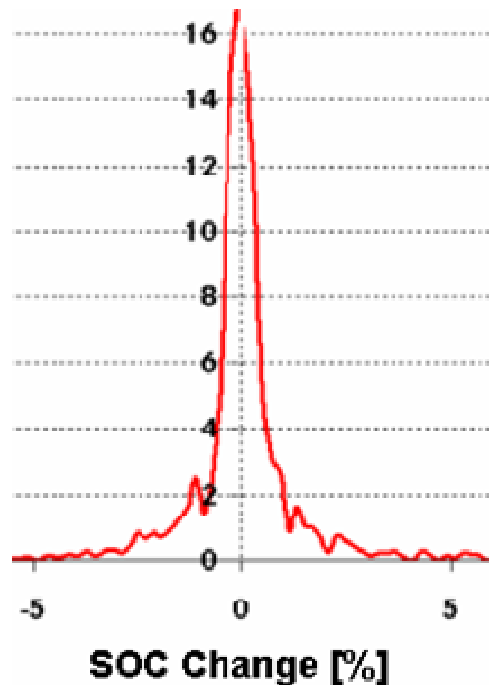
Funktion:

Einbauort:

NiMH

Boost und Rekuperation

Dach



Ladezustandsänderung während(SOC)
Stadtzyklus



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

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

Batterien für Midi-Bus BZ-Batterie Hybrid Projekt



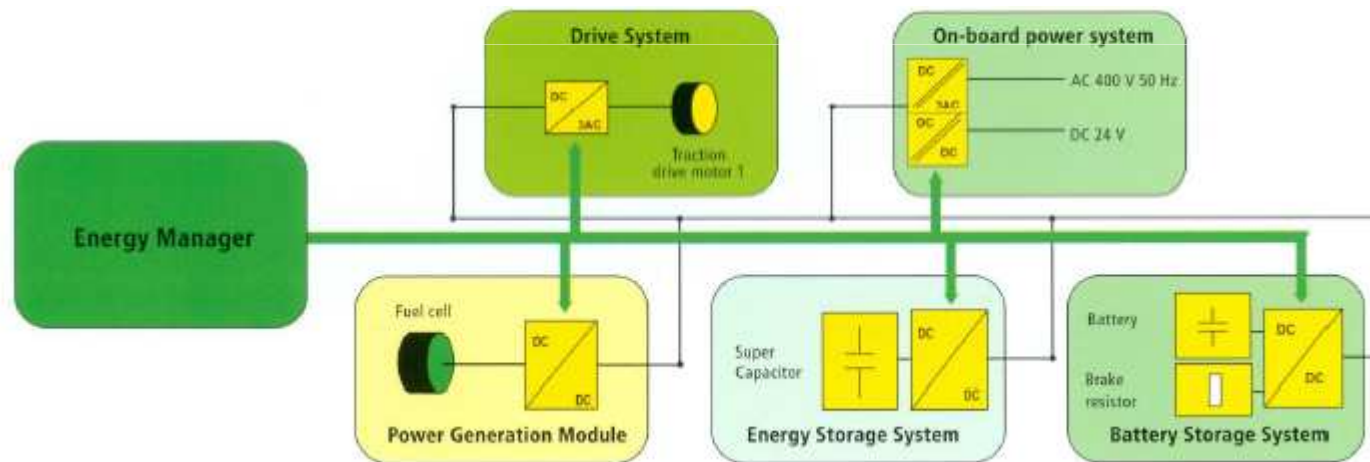
Batterie besteht aus 60
Zellen des Typs FNC T 211 H
(Cnom = 125Ah) im 2
Batterietrögen
9,5 kWh

Batterie Ladung und
Entladung wird überwacht
mit einem
Batteriemanagementsystem



Triple Hybrid H2-Bus

- Brennstoffzelle
- Super Cap
- NiMH Batterie



Partner: Vossloh Kiepe, APTS, Ballard, HOPPECKE

Entwicklung eines Energiespeichersystems für Hybridsysteme in NiMH Technologie (320V, 75Ah)

Hybridspeicher

- High Power SNH NiMH-Batterie
- DLC-System: 6HTM 125
- Batteriesystem: 940 kg

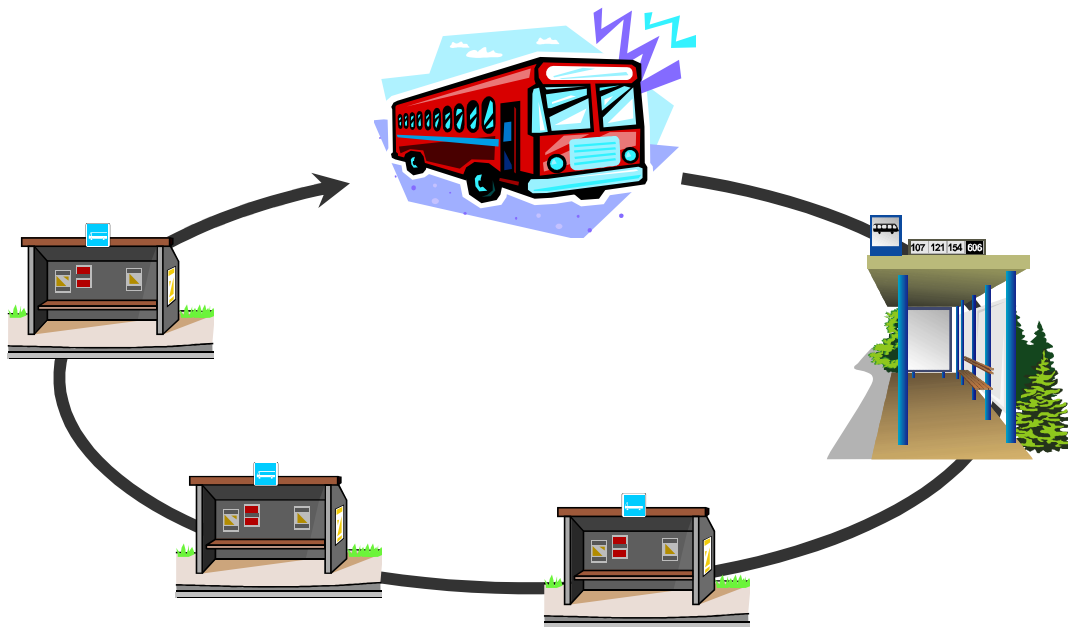
Batteriezelle

- 252 Zellen in einer Batterie
- 75Ah Zellen
- 24kWh



Partner: HOPPECKE, Kiepe-Vossloh, APTS, BALLARD

Szenarien für Speicherauslegungen



Ausgangsparameter

Energieverbrauch	2,5 kWh / km
------------------	--------------

Reichweite	300 – 400 km
------------	--------------

Haltestellenabstand	500 – 700 m
---------------------	-------------

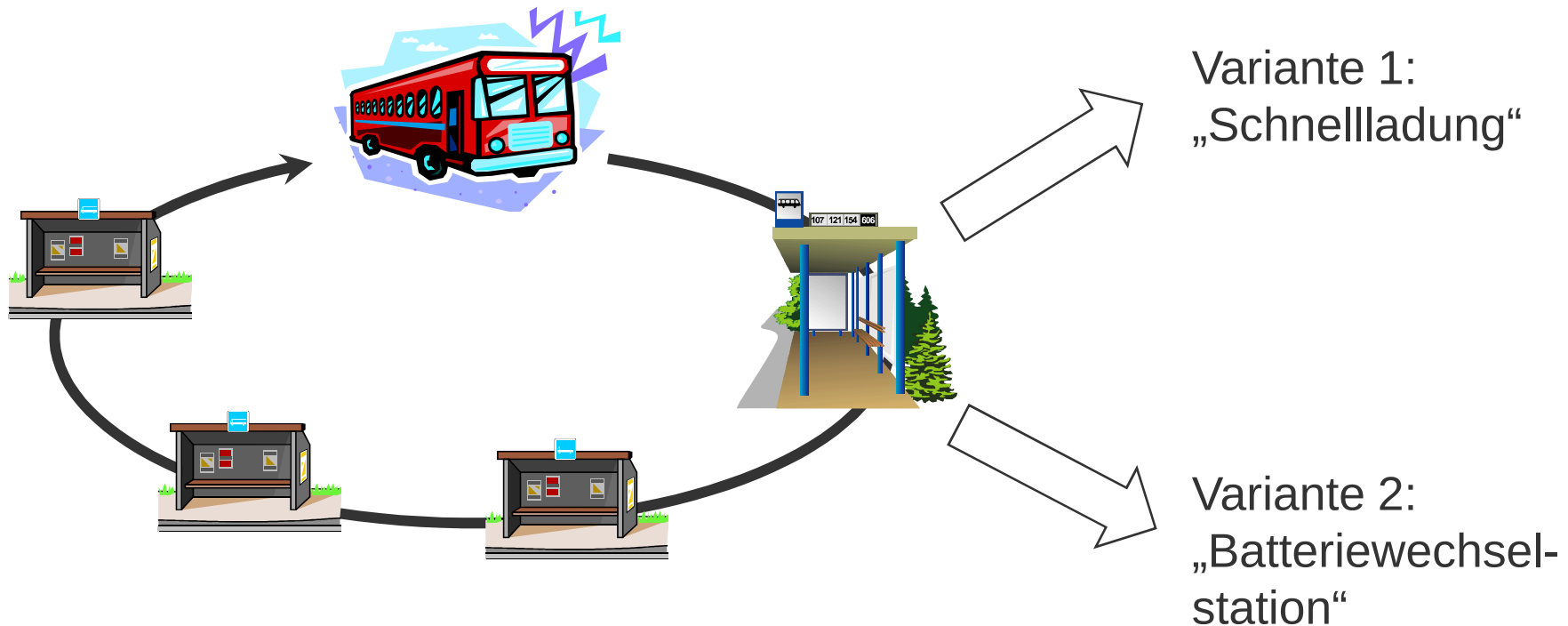
Länge einer Tour	10 km
------------------	-------

Ladepausen:

Jede 4. Haltestelle	20 – 25 s
---------------------	-----------

Endhaltestelle	5 – 10 min (besser 5 – 8)
----------------	------------------------------

Szenarien für Speicherauslegungen



Variante 1:

„Schnellladung“

- Batteriesystem wird so ausgelegt, dass die verbrauchte Energie am Ende der Tour wieder geladen wird
- Energieinhalt reicht aus, um verkürzte Ladezeiten, Umwege, etc. abzufangen

Variante 2:

„Batteriewechselstation“

- Batteriesystem wird so ausgelegt, dass der Energieinhalt für eine Tour + Reserve (Umwege, Stau, etc.) ausreicht.
- Batteriesystem wird nach jeder Tour automatisch gewechselt.

Auslegungsparameter

Energieverbrauch	2,5 kWh / km
------------------	--------------

Tagesfahrstrecke	300 – 400 km
------------------	--------------

Haltestellenabstand	500 – 700 m
---------------------	-------------

Länge einer Tour	10 km
------------------	-------

Ladepausen

Jede 4. Haltestelle	20 – 25 s
---------------------	-----------

Endhaltestelle	5 – 10 min (eher 5 – 8 min)
----------------	--------------------------------

Annahmen HOPPECKE

Spannungslage	Ca. 600 V
---------------	-----------

Max. Leistung	250 kW
---------------	--------

Energieverbrauch / Runde	25 kWh
-----------------------------	--------

Ladeleistung (25 kWh in 8 min)	187,5 kW
-----------------------------------	----------

Durchschnittsgesch windigkeit	20 km/h
----------------------------------	---------

Dauer einer Tour	30 min
------------------	--------

Touren pro Tag	30
----------------	----

- 1 Umwelt- u. energiepolitische Zielsetzungen

- 2 Elektrifizierungsgrade bei Bussen

- 3 Anforderungen an Energiespeichersysteme

- 4 Beispiele für moderne Batteriesysteme in Fahrzeugen des ÖPNV

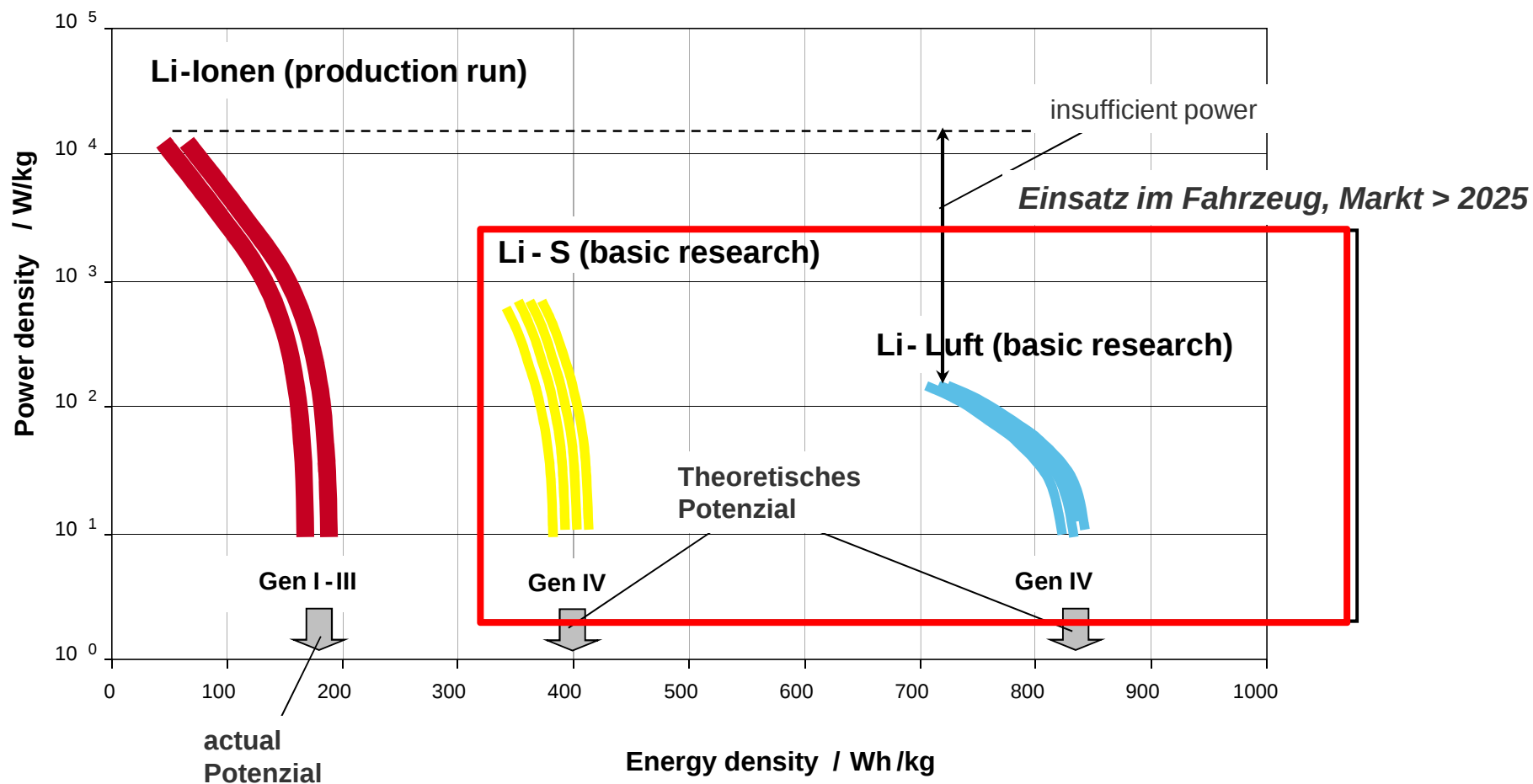
- 5 Zusammenfassung und Entwicklungstrends**

1.Diesel / Batterie Hybrid			NiMH	Li-Ion
2.BZ / Batteriehybrid	FNC		NiMH	Li-Ion
3.Trolleybusse	FNC	NiMH	Li-Ion	
4.Batteriebetriebene Busse	Bleisäure		NiMH	Li-Ion

Schnellladeverfahren

Neue Horizonte im Stadtverkehr

Mögliche zukünftige Li- Technologien Lithium-Schwefel and Lithium-Luft



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!