

Chancen der Elektromobilität im Stadtverkehr

Peter Kudlicza



Fotos: Solaris

Know how to achieve

Institute for International Research



IIR-Konferenz „**Elektromobilität**“ - 13. Oktober 2009





Die GSV- eine Public-Private-Partnership- Gesellschaft (I)

Mitglieder

- Ämter der Landesregierungen
- Verkehrs-bezogene Gesellschaften des Bundes (Asfnag, Schig, via donau, austro control)
- Technologiegesellschaften des Bundes (AIT, AustriaTech)
- Interessenvertretungen (IV, WKO, ÖAMTC...)
- Privatwirtschaft (Banken, Bauwirtschaft, Verkehrsträger, Medien...)



Die GSV- eine Public-Private-Partnership- Gesellschaft (II)

Arbeitsschwerpunkte:

- Infrastrukturfinanzierung
- Verkehrstelematik
- Intermodalität / Kombiniertes Verkehr
- Regionalisierung des SPNV
- Luftfahrt: Single European Sky
- Wasser: Umsetzung des NAP, Container-Linienverkehre auf der Donau
- Elektromobilität (ÖPNV, Individualverkehr)



Innerstädtische Emissionsregularien werden zunehmen





Inhalt

- **Oberleitungsgebundene Busse (Obusse/Trolleybusse)**
- Elektrobusse mit Batteriebetrieb
- Hybridbusse
- Brennstoffzellenbusse und Brennstoffzellen-Hybrid-Busse
- Taxis



Obus Wien ab 1908 Salmannsdorf - Pötzleinsdorf



© Wiener Linien



Hess 24m- Niederflurtrolleybus „lighTram“ (Zürich)



© Hess





Wirkungsgradvergleich Elektromotor <> Dieselmotor

- **Elektromotor: > 90%**
- Dieselmotor und DING-Motor
(Direct Injection Natural Gas): ~ 40%
wird nur in einem kleinen Bereich des Kennfelds erreicht

Wirkungsgrad im Stau (1. Gang, 9 km/h,
9,6l/100 km): ~ 5,3%



Wirkungsgrade und Klimarelevanz bei der Stromerzeugung

Primärenergieträger	Wirkungsgrad	CO2-Emission
Wasserkraft	> 90%	nein
Photovoltaik / Dünnschichtmodule	ca. 6%	nein
Photovoltaik / monokristalline Module	ca. 20%	nein
Windkraftmaschinen	ca. 50%	nein
Thermische Kraftwerke / Kernenergie	ca. 35%	nein
Biomassekraftwerke	25 – 35%	„CO2-neutral“
Thermische Kraftwerke / Kohle	38 – 43%	ja



Straßenbahn <> Obus

		Straßenbahn	Obus
Zeitfaktor	Planung	5-10 J	1-2 J
	Bau der Infrastruktur	5-10 J	1-2 J
Gesamt		10-20 J	2-4 J
Investition	Infrastruktur	x 10	
	Fuhrpark	x 3	
Gesamt		x 6,5	
Betriebskosten			weniger als 50%

Quelle: S2R Consulting



Fahrzeugkosten je gefahrenem Kilometer (in €)

Kostenart	Obus	Autobus
Fahrzeugkosten (K_{fix})	0,82	0,74
Kapitalkosten p.a.	0,74	0,66
Variable Kosten (K_{var})	0,59	0,83
Energie	0,16	0,43
Instandsetzung	0,43	0,40
Infrastruktur	0,23	0,01
Gesamt (inkl. Infrastruktur)	1,64	1,58
Gesamt (exkl. Infrastruktur)	1,41	1,57

Quelle: Salzburg AG / StadtBus



Monetäre externe Kosten (in Ct/Fzkm)

Kriterium	Obus	Dieselbus
Lärm	0,47	5,4
Unfälle	(56)	56
Gesundheitskosten	9,7	16
Gebäudeschäden	1,3	3,5
Vegetationsschäden	1,3	3,5
Summe	(69)	(84)

Quelle: Metron Verkehrsplanung AG,
Brugg/CH



Bilanz

Obus um ca. __% besser als

Kriterium	Diesibus	Straßenbahn
Energieverbrauch	40	-30
Klimagase (CH-Strommix)	75	+/- 0
Stickoxide (ohne/mit Euro-4)	90/80	40
CxHx (ohne/mit Euro-4)	70/55	75
Feinpartikel (ohne/mit Filter)	70/20	40
Grobpartikel	25	60
Lärm	90	25
Landverbrauch	-25	+/- 0
Unfälle	+/- 0	-65

Quelle: Metron Verkehrsplanung AG, Brugg/CH



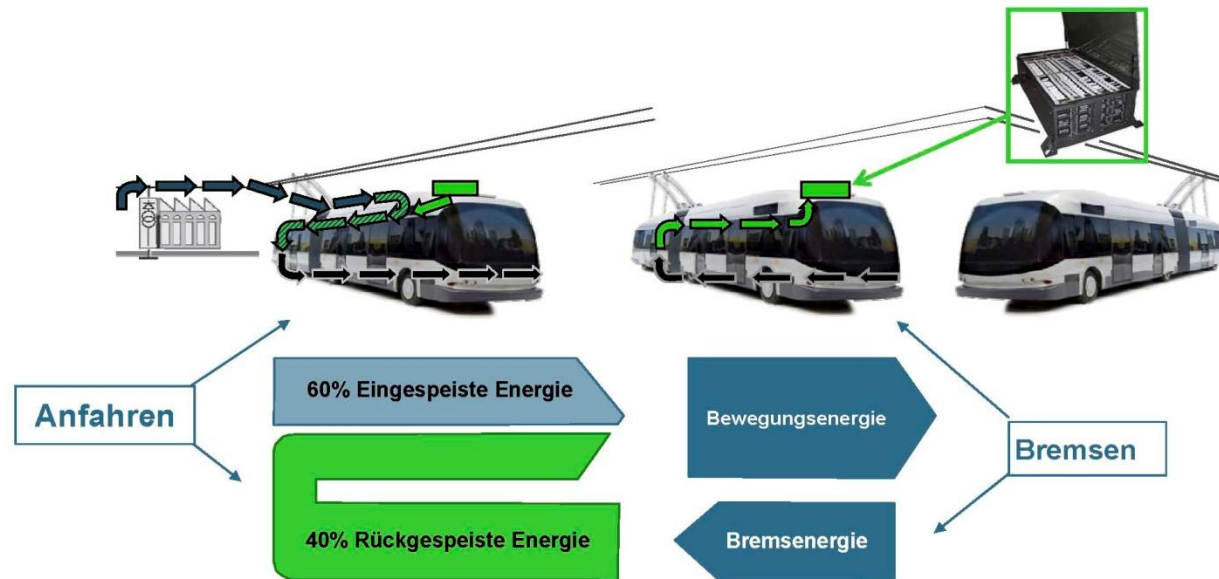
Oberleitungskomponenten Einlaufweiche und Streckentrenner



© Kummler + Matter



Fahrdrahtloser Betrieb MITRAC Energy Saver



Bremsenergiespeicherung auf dem Fahrzeug

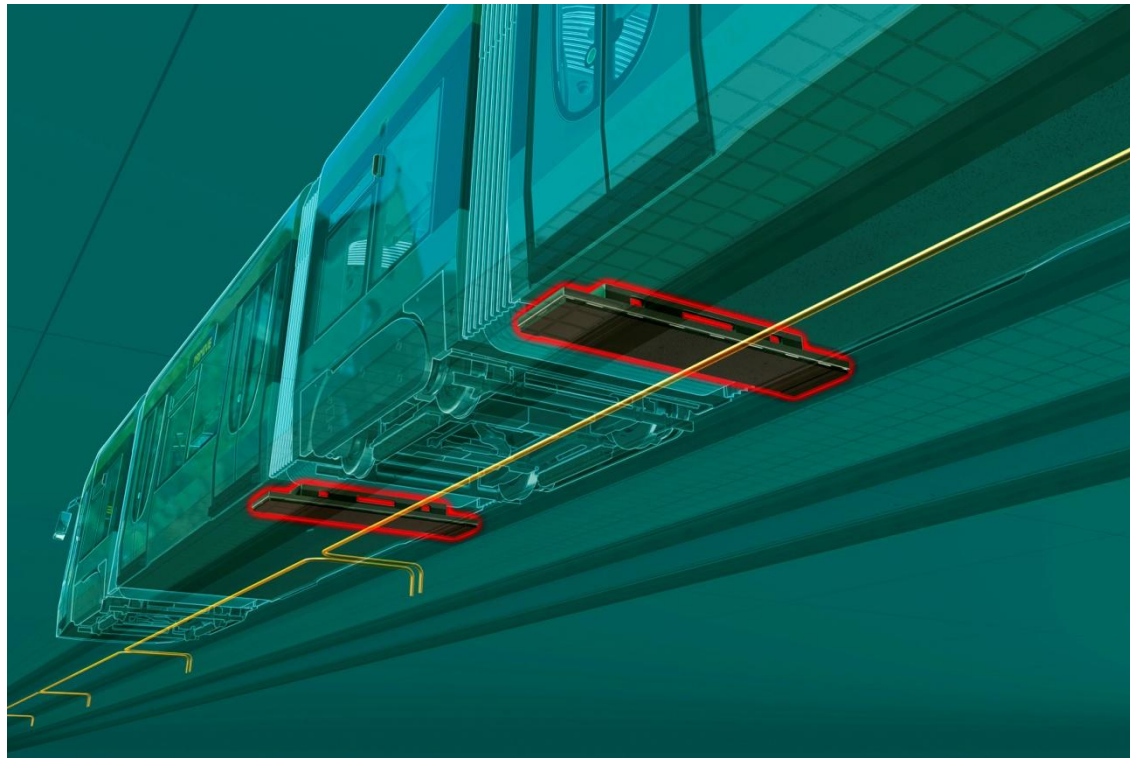
- ca. 40% der aufgenommenen Energie wird beim Bremsen zurückgewonnen und dem Energiespeicher zugeführt.
- beim nächsten Anfahren wird diese Energie wieder genutzt

BOMBARDIER





Fahrdrahtloser Betrieb PRIMOVE



© Bombardier



Inductive Power Transfer (IPT®) Turin (I)



Quelle: citytransport.info



Inductive Power Transfer (IPT®) Turin (II)



Quelle: citytransport.info



Inductive Power Transfer (IPT ®) Turin (III) - Beschreibung

- Nur für Zentrumslinien; Midi-Busse (Turin: 45 Pl.)
- 2 Buslinien à 7 km; insges. dzt. 23 Busse (ganz Italien: c. 60 Busse)
- An den Endstellen induktive Schnellaufladung (7 min)
- Ladung jeweils auf 80% (im Depot auf 100%; 200 V)
- Verbrauch: 1,25 kW/km
- Blei-Gel-Batterien; 4,5 Jahre Lebensdauer
- 10% Bremsenergie-Rückgewinnung (Rekuperation)



Inductive Power Transfer (IPT ®) Turin (IV) –LifeCycle Costs

- Anschaffungskosten Bus: 420.000 € (doppelt so teuer wie Dieselbus)
- Aufladestation an Endstelle: 70.000 €
- Gleichrichter: 10.000 €
- Lebensdauer: 20% länger als Dieselbus
- Unterhaltskosten: 20% niedriger als Dieselbus
- **LifeCycle-Kosten: etwa gleich, aber Umweltnutzen**



Inhalt

- Oberleitungsgebundene Busse (Obusse/Trolleybusse)
- **Elektrobusse mit Batteriebetrieb**
- Hybridbusse
- Brennstoffzellenbusse und Brennstoffzellen-Hybrid-Busse
- Taxis



Akkumulatorautobus Wien um 1907



© Wiener Linien



Finmeccanica ZEUS (Zero Emission Urban System)



© GSV



ZEUS – Zero Emission Urban System

The modern and friendly styling which pleasantly introduce this minibus in the heart of our historic city centres, fits today a traction module deeply updated. A new and more powerful AC water cooled electric motor, an IGBT inverter and new lithium batteries provide ZEUS with premium features on the electric minibus market.

Speed and acceleration performances also increase as a consequence of more than 500 kilos of weight saving and moreover the new lithium batteries allow a range of 120 km in a typical urban duty cycle. With the new batteries it is also possible to half the necessary time to recharge them completely and make short partial recharging too.

Quelle: Finmeccanica



Inhalt

- Oberleitungsgebundene Busse (Obusse/Trolleybusse)
- Elektrobusse mit Batteriebetrieb
- **Hybridbusse**
- Brennstoffzellenbusse und Brennstoffzellen-Hybrid-Busse
- Taxis



MAN Hybridbus



© GSV



Mercedes-Benz Citaro G BlueTec Hybrid

- Dieselmotor als Generator zur Stromerzeugung
- Antrieb von Mittel- und Hinterachse mit vier Radnabenmotoren (je 80 kW; insgesamt 320 kW)
- Auf Teilstrecken bzw. beim Beschleunigen aus der Haltestelle reiner Batteriebetrieb
- Li-Ion Batteriesystem: Gewicht < 350 kg / 180 kW
- Speisung durch Dieseldieselgenerator und Rekuperation
- Nebenaggregate elektrisch betrieben
- Auslieferung ab Ende 2009



Inhalt

- Oberleitungsgebundene Busse (Obusse/Trolleybusse)
- Elektrobusse mit Batteriebetrieb
- Hybridbusse
- **Brennstoffzellenbusse und Brennstoffzellen-Hybrid-Busse**
- Taxis



Mercedes-Benz Brennstoffzellen-Forschungsfahrzeug NEBUS (1997)



© Daimler Buses



Mercedes Benz Citaro FuelCELL-Hybrid (2009)



© GSV



Mercedes Benz Citaro FuelCELL-Hybrid (2009)

- Mindestens 6 Jahre oder 12.000 Dauerhaltbarkeit der Brennstoffzellen
- Wirkungsgrad 51 – 58%
- Verbrauch: 11 – 13 kg Wasserstoff / 100 km
- Reichweite mit 35 kg Wasserstoff: ca. 250 km
- Leistung der Asynchron-Radnabenmotoren: 120 kW (Dauerleistung), 160 kW (maximal)
- Li-Ion Batterien: Kapazität 27 kWh, Leistung 120 kW
- Reiner Batteriebetrieb: 2 – 3 km



Wasserstoffproduktion

Wasserstoffquelle	Anteil an der Welterzeugung
Öl	55%
Erdgas	32%
Kohle	10%
Chloralkali-Elektrolyse	2%
Wasserelektrolyse	< 0,5%
Sonstiges	Rest

Quelle: Wünschiers & Borzner, 1999

Energieverbrauch bei elektrolytischer Wasserstofferzeugung:
 ~ 4,5 kWh/m³ = 110% des Wasserstoffbrennwertes



Inhalt

- Oberleitungsgebundene Busse (Obusse/Trolleybusse)
- Elektrobusse mit Batteriebetrieb
- Hybridbusse
- Brennstoffzellenbusse und Brennstoffzellen-Hybrid-Busse
- **Taxis**



Elektrische bzw. teilelektrische Antriebssysteme für Taxis

- Innerstädtisch
 - Elektrofahrzeuge
 - Brennstoffzellenfahrzeuge

- Regional
 - Hybridfahrzeuge
 - E-Antrieb mit Range Extender
 - Brennstoffzellen-Hybrid (?)