Einsatz von Elektrobussen in kleinen Stadtverkehren

Erfahrungsbericht zum E-Busprojekt in Bad Langensalza / Thür.

Mario König, Salza Tours König OHG

Winterseminar 2018 – Landesverband Hessischer Omnibusunternehmer e.V.
Leipzig, 16. Februar 2018

1 Unternehmensvorstellung
2 Stadtverkehr in der Kur- & Rosenstadt Bad Langensalza
3 Unser Weg zum Elektrobus
4 Unsere Fahrzeuge
5 Fahrzeugbetrieb – Erfahrungen & Daten
6 Probleme, Fragen & Aufgaben
7 Fazit, Erwartungen & Forderungen

1 Unternehmensvorstellung

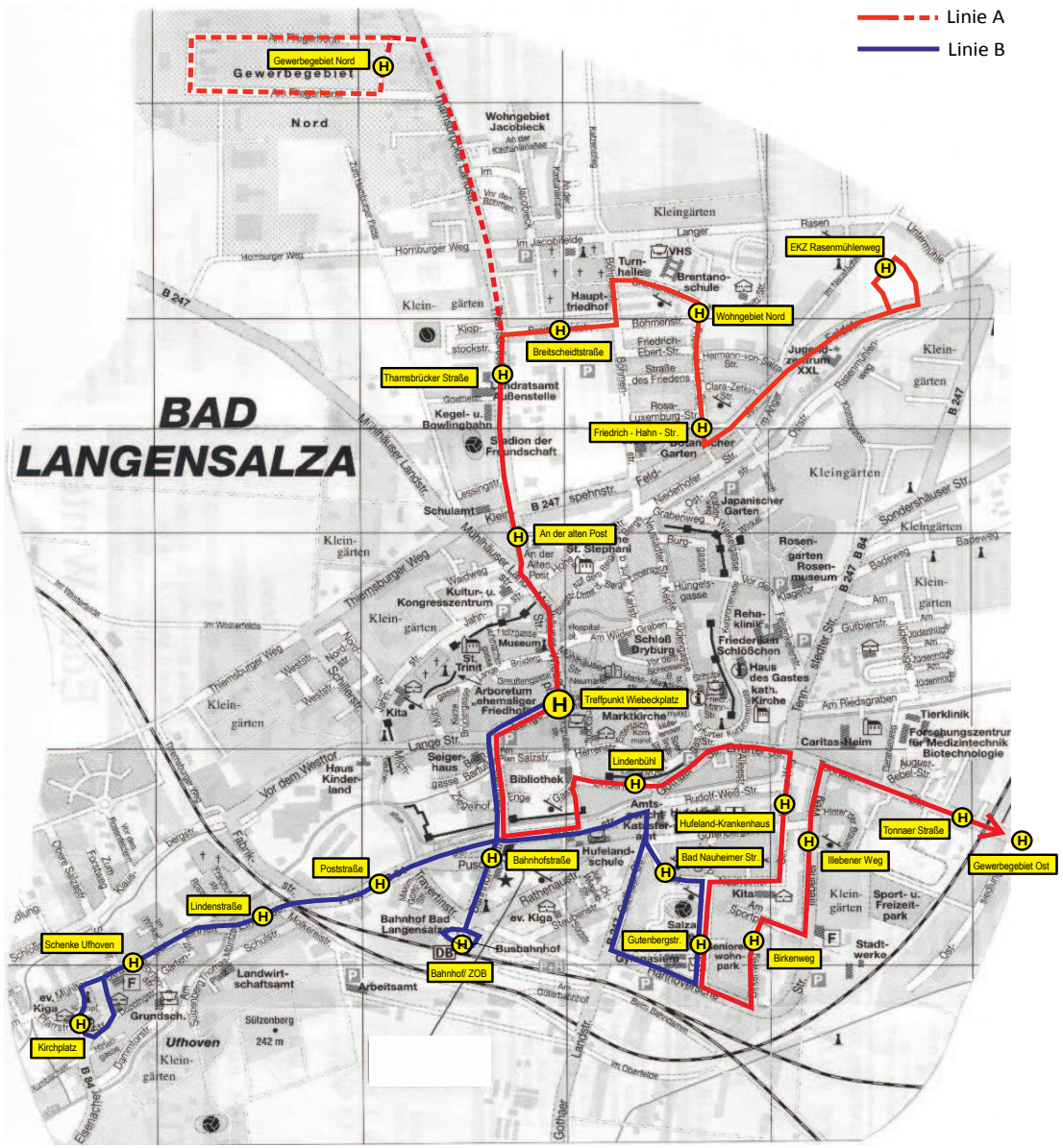
- **Firmensitz in Thüringen im Herzen Deutschlands**
- **Kur- und Rosenstadt**
- **etwa 16.000 Einwohner**
- **Unstrut Hainich Kreis**
- **am Rande des Nationalparks Hainich**

- **Anerkannter Kurort seit 2005**
- **Sole- und Mineralwasserquellen**
- **Kurklinik für Anschlussheilbehandlungen**
- **10 Themengärten & Parks**
- **Thermalbad**

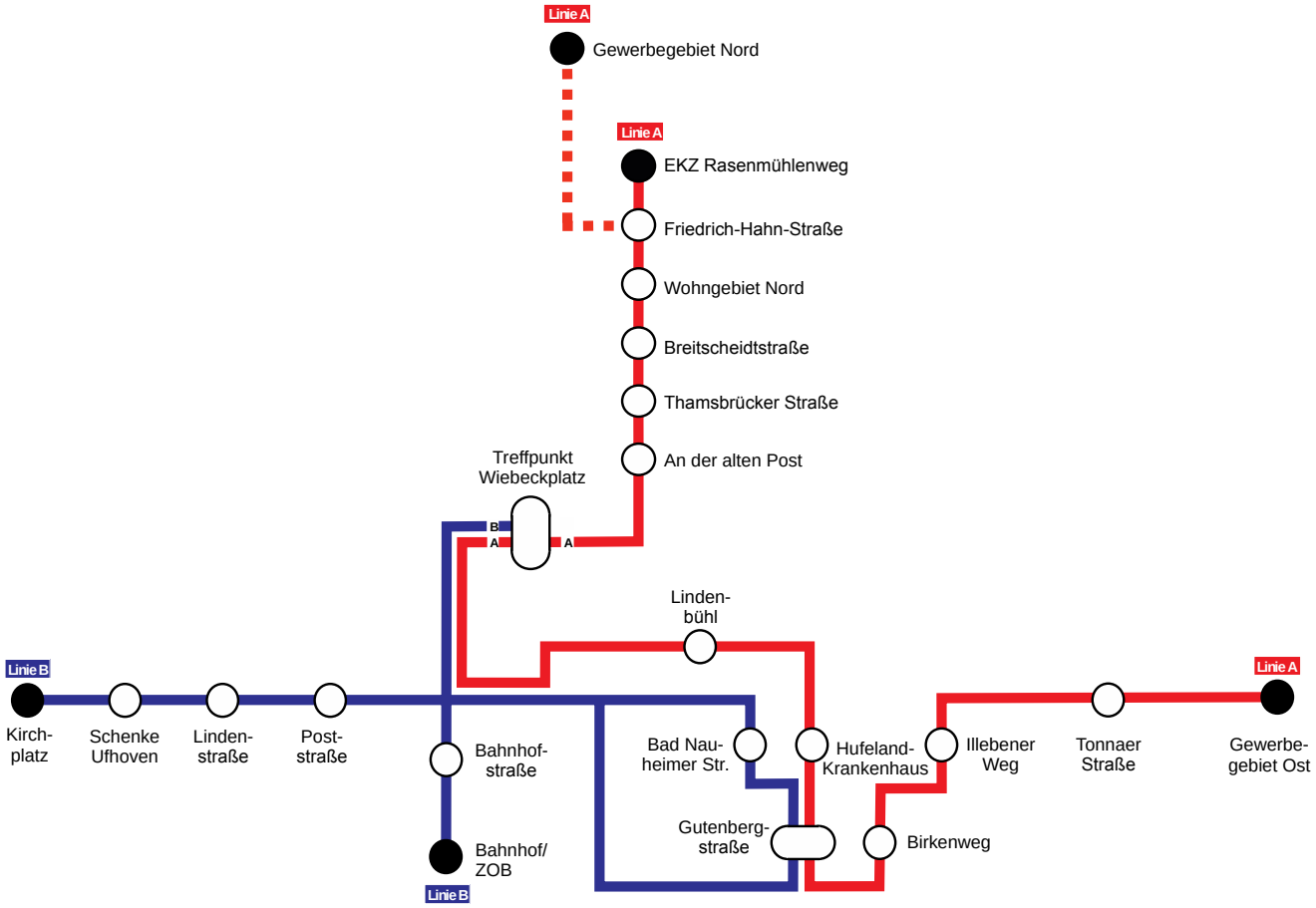
- **Familienunternehmen in 3. Generation**
- **Linien-, Reise- & Mietomnibusverkehr**
- **5 Regionallinien, 2 Stadtlinien**
- **Auftragslinienverkehr**
- **div. Vertragsverkehre**

- **knapp 30 Mitarbeiter**
- **20 Omnibusse**
- **Betriebshof mit Buswerkstatt**

2 Stadtverkehr in der Kur- & Rosenstadt Bad Langensalza



- **2 Linien**
- **Linienlängen 9,6 km und 4,6 km**
- **Jahresleistung ca. 160 Tkm**
- **21 Haltestellen + 1 Rendezvoushaltestelle**
- **Haltestellenabstand ø 350 m**



Betriebszeiten

Mo–Fr 5.00 – 19.00 Uhr / Sa 7.30 – 16.00 Uhr

Fahrzeug- / Personaleinsatz

3 Umläufe = 3 Fahrzeuge (ohne Reserve)

5 Dienste = 5 Fahrer (ohne Reserve)

3 Unser Weg zum Elektrobus

Umweltgedanke

- ÖPNV in einer Kurstadt
- sensibler Innenstadtbereich
- emissionsarmer Nahverkehr

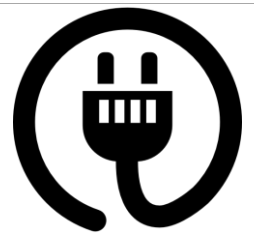
Entwicklungssprung

- Innovationsschub E-Mobilität
- praxisnahe Reichweiten
- erste serienreife Elektrobusse

Politik / Förderung

- Erreichung Klimaziele
- Reduzierung Luftverschmutzung
- Förderung alternativer Antriebe
- Auflage von Förderprogrammen

Elektrobus



Förderung nach Thüringer ÖPNV – Investitionsrichtlinie (gültig seit Januar 2015)

Förderquote etwa 60%

- **Festbetragsförderung - Grundfahrzeug** (je nach Größe 10 – 100 T€)
- **Prozentuale Förderung - Mehrkosten alternativer Antrieb** (bis zu 75 %)
- **Prozentuale Förderung - Kosten Infrastruktur** (bis zu 80 %)

Recherche

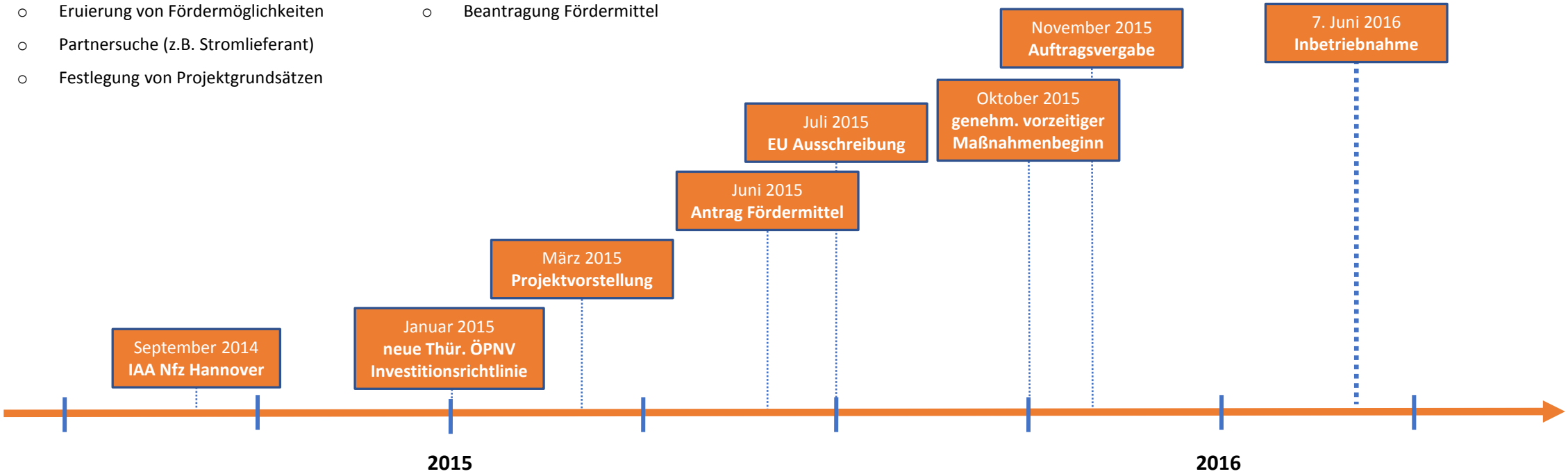
- Messen & Fachpresse
- Besuche bei Herstellern & Nutzern
- Probefahrten
- Machbarkeitsprüfung
- Eruierung von Fördermöglichkeiten
- Partnersuche (z.B. Stromlieferant)
- Festlegung von Projektgrundsätzen

Planung

- Testbetriebe mit Vorführfahrzeugen
- Konzepterstellung mit Investitionsplan
- Projektvorstellung Politik, Stadt, Kreis
- Verhandlung mit Energielieferanten
- Beantragung Fördermittel

Umsetzung

- Erstellung Lastenheft
- Herstellung Infrastruktur am Depot
- Ausschreibung & Vergabe



Übernachtladung

- geringe Infrastrukturkosten
- flexibles System; nicht Trassenabhängig
- kein Eingriff in Umläufe & Betriebsablauf notwendig

Energieverbrauch / Batteriekapazität

- möglichst geringer Energieverbrauch
- ausreichend Batteriekapazität
- effektives Rekuperationssystem

Projekt-Grundsätze

Herstellernähe & Service

- optimale Herstellerbetreuung; ein Ansprechpartner
- Kommunikation ohne Sprachbarrieren
- Bereitstellung von mobilen Serviceteams
- Schneller & sicherer Ersatzteilservice
- Erreichbarkeit des Herstellers - mit E-Bus per Achse

Überzeugendes Fahrzeugkonzept

- schlüssiges Gesamtkonzept
- namenhafte & bewährte Komponenten
- Fahrzeug aus einer Hand

4 Unsere Fahrzeuge

SILEO S10

Fahrzeugmaße (L/B/H)

10.700 mm / 2.550 mm / 3.350 mm

Fahrgastkapazität (2-Türer)

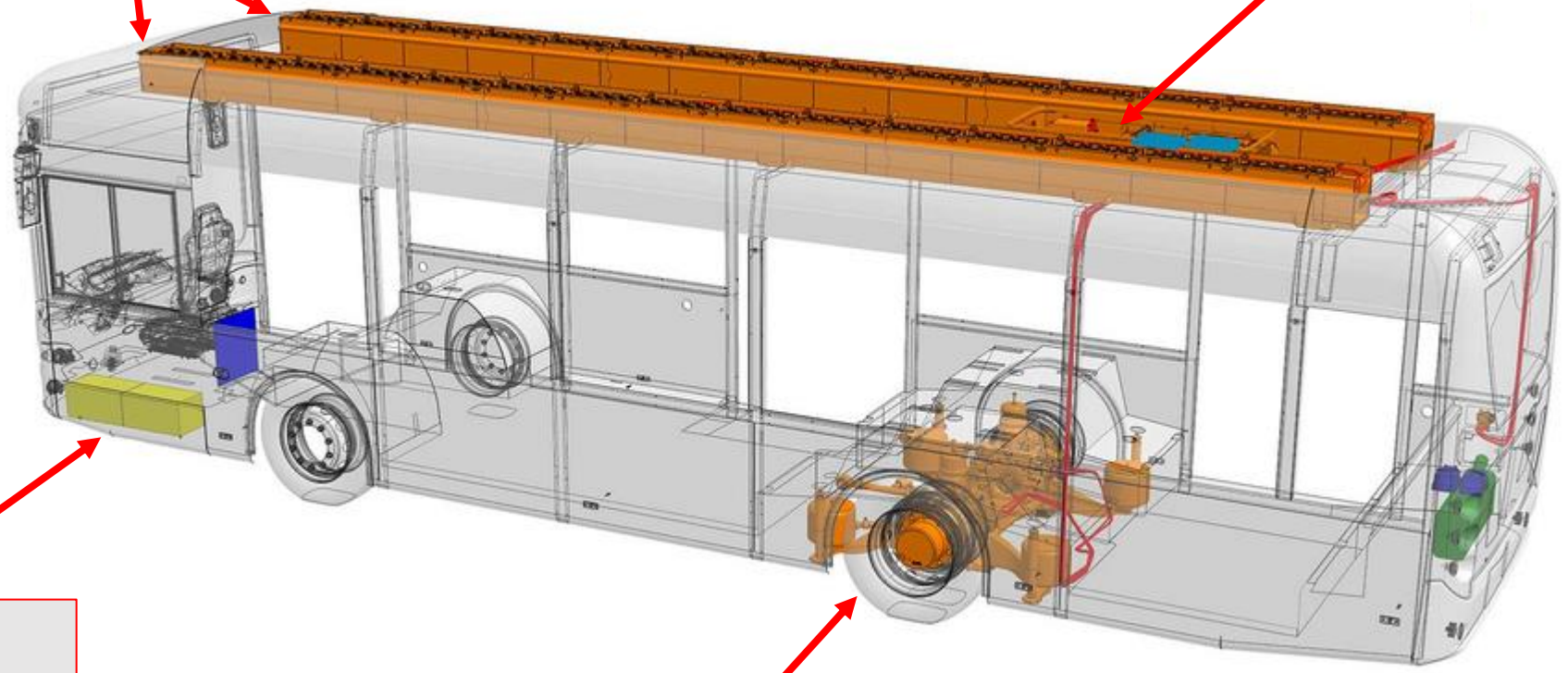
max. 32 Sitzplätze / 46 Stehplätze

Technische Daten: SILEO S 10

Antriebsbatterie	200 kWh Lithium-Eisenphosphat
Batteriespannung	450 bis 560 V
Elektrische Reichweite	200 km garantiert
Maximale Leistung	2 x 120 kW Motoren / 240 kW
Max. Drehmoment	21.000 Nm
Vorderachse	ZF RL 82 EC Rigid Portal
Hinterachse	ZF AVE 130
Bremssystem	Rekuperationssystem & WABCO EBS 3

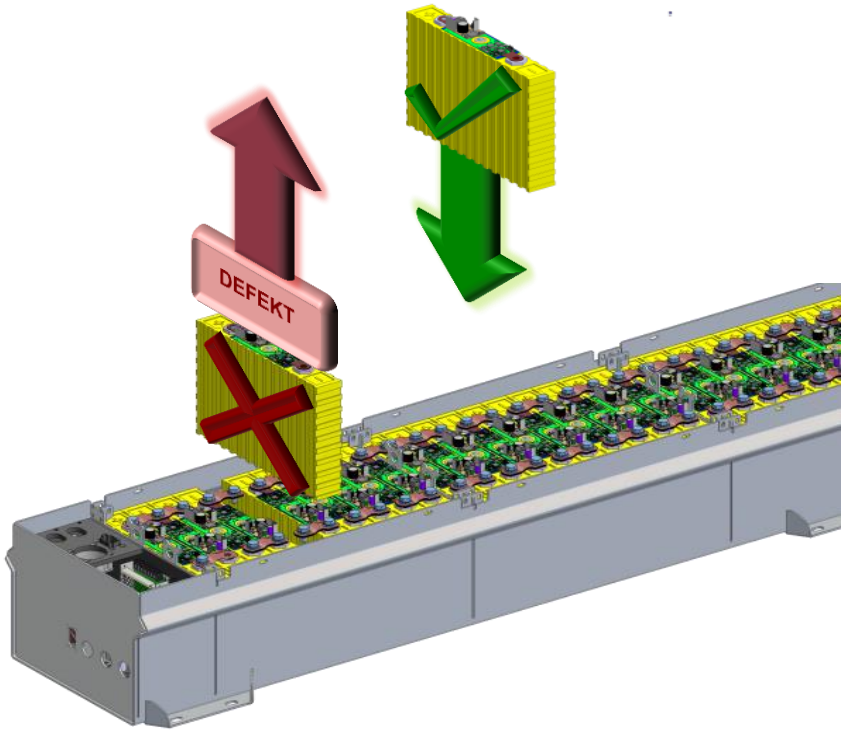
Traktionsbatterien
2 Batteriebänke mit jeweils 150 Zellen

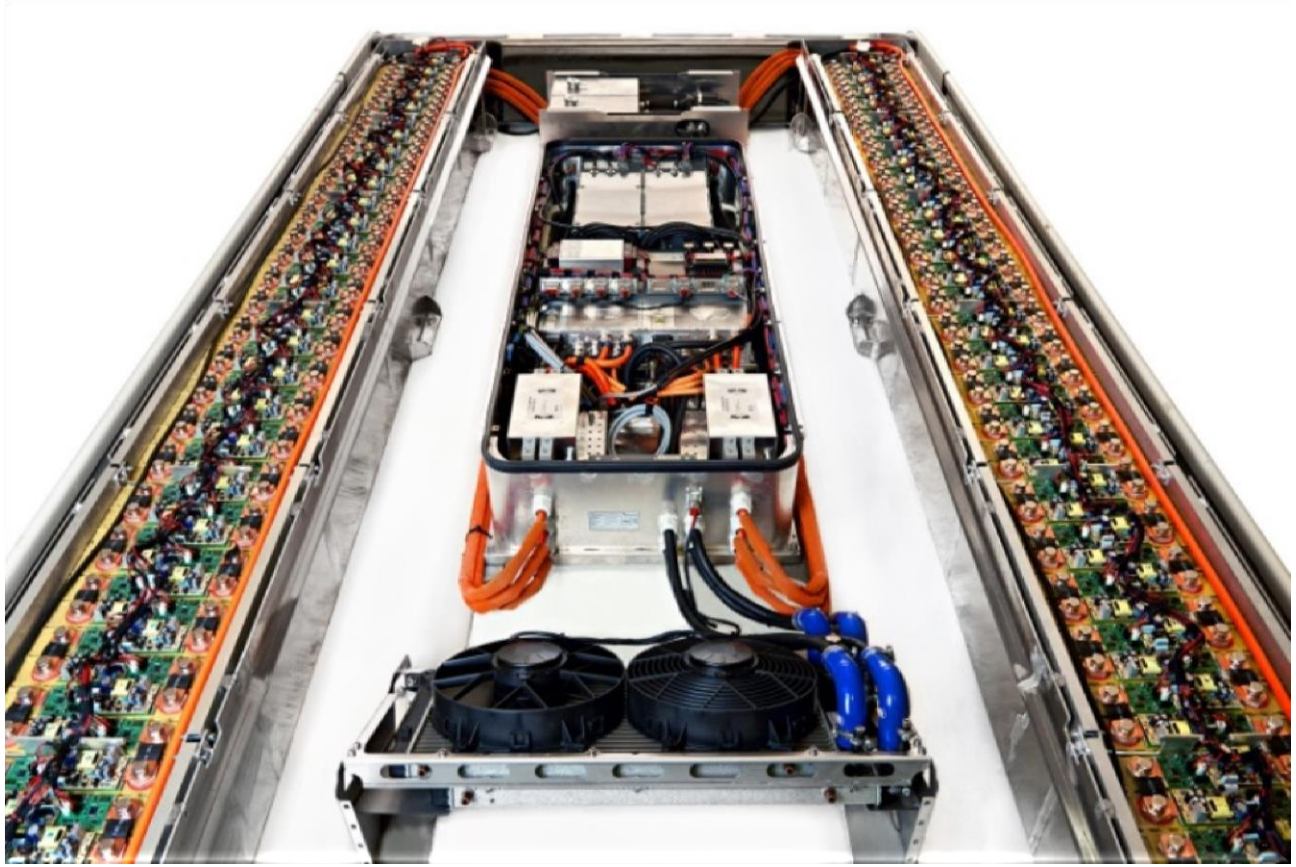
Hochvoltkomponenten
Antriebsinverter, Bordnetzwandler



Bordnetzbatterie
2 Batterien

Hinterachse ZF AVE 130
2 Radnarbennahen Asynchronmotoren zu je 120 kW


DEFEKT



Heizen & Kühlen

Dieselbrennstoffheizung Spheros 23 kW

- keine Reduzierung der Reichweite
- umweltverträglich weil geringer Brennstoffverbrauch
- höchster Wirkungsgrad

Kompaktklimaanlage Spheros Citysphere

- kompakter Kreislauf dadurch sehr geringe Wartungskosten
- geringer Energiebedarf – dadurch niedrige Betriebskosten
- hoher Wirkungsgrad
- effektive Ausnutzung des sogenannten Windchill-Effektes

Änderung/Erweiterung Strom - Hausanschluss

- neue zusätzliche 125 kW – Anschlussleitung für E-Busladung
- Verteileranlage, elektronische Zähler

Ladegerät SL 64 von SILEO

- ermöglicht „langsames“ Laden mit 32 kW oder
- auch “schnelles“ Laden mit 64 kW

5 Fahrzeugbetrieb – Erfahrungen & Daten

Inbetriebnahme

7. Juni 2016

- **20 Monate Regelbetrieb**
- **keine nennenswerte Probleme**
- **Verfügbarkeit min. vergleichbar mit Dieselbussen**
- **große Akzeptanz bei unseren Fahrgästen**
- **E-Busse sind bei Fahrern beliebt**

Fahrzeugladung

6 - 7 h Hauptladung

0,5 - 1 h Balancierladung

nächtliche Zuladung 140-170 kW

Dienstbeginn

Abklemmen Ladegerät

Dokumentation Ladedaten

Fahrbetrieb

ab 5 – 19 Uhr

ca. 190 – 220 km

Restbatteriekapazität 20-30 %

Dienstende

Anschließen Ladegerät

Dokumentation Fahrtdaten

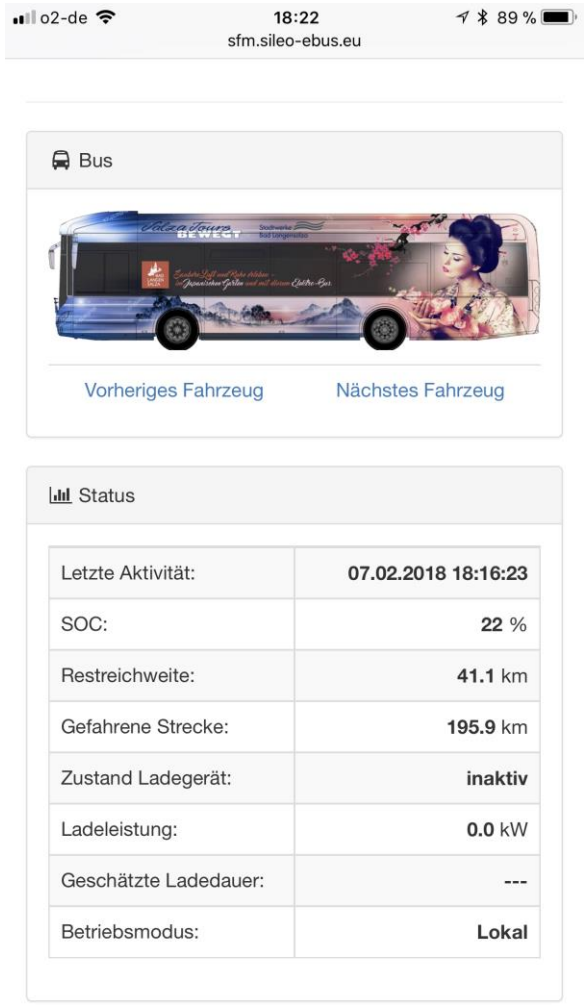
Start Ladevorgang

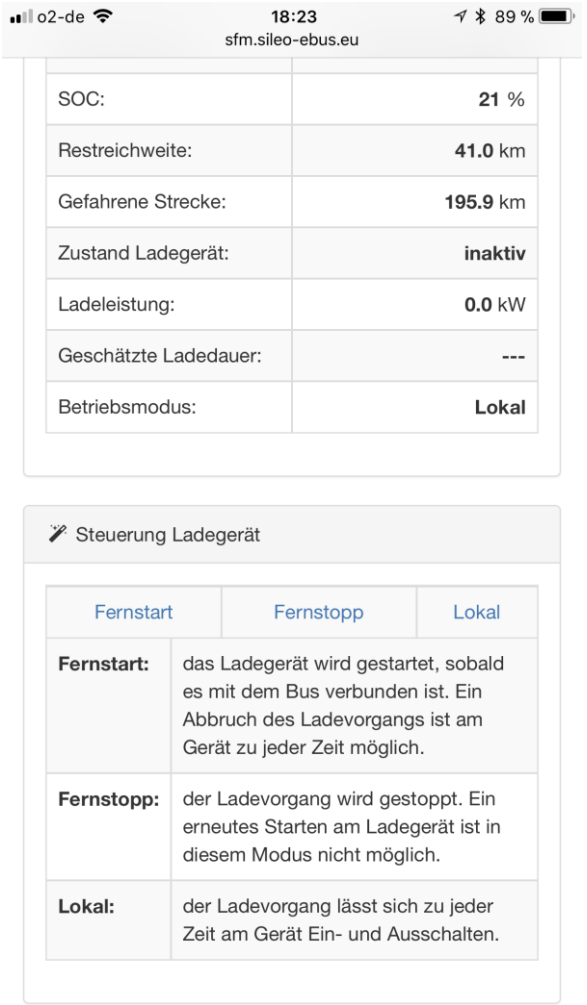
ab 20 Uhr Start Ladevorgang

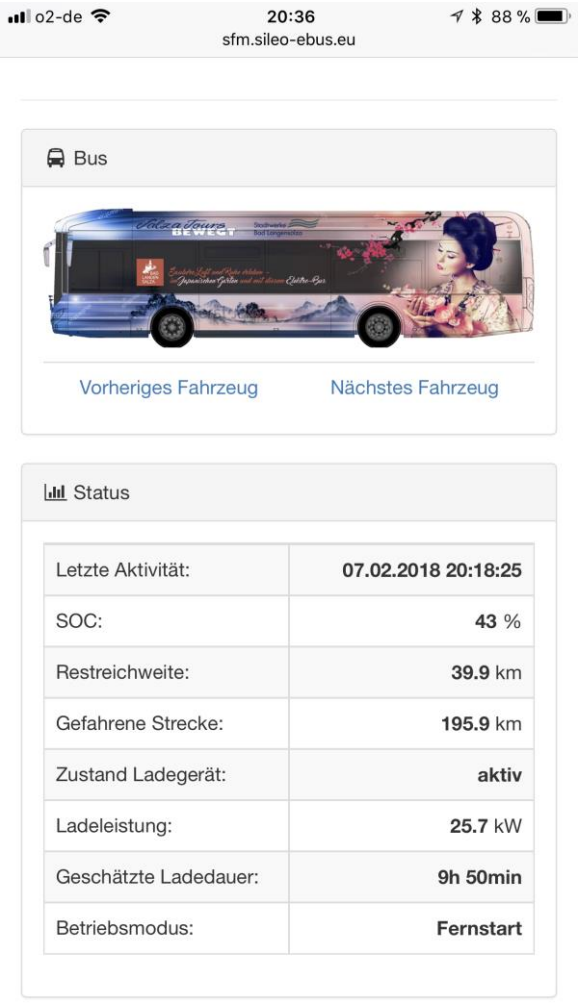
App- gesteuerter Ladevorgang

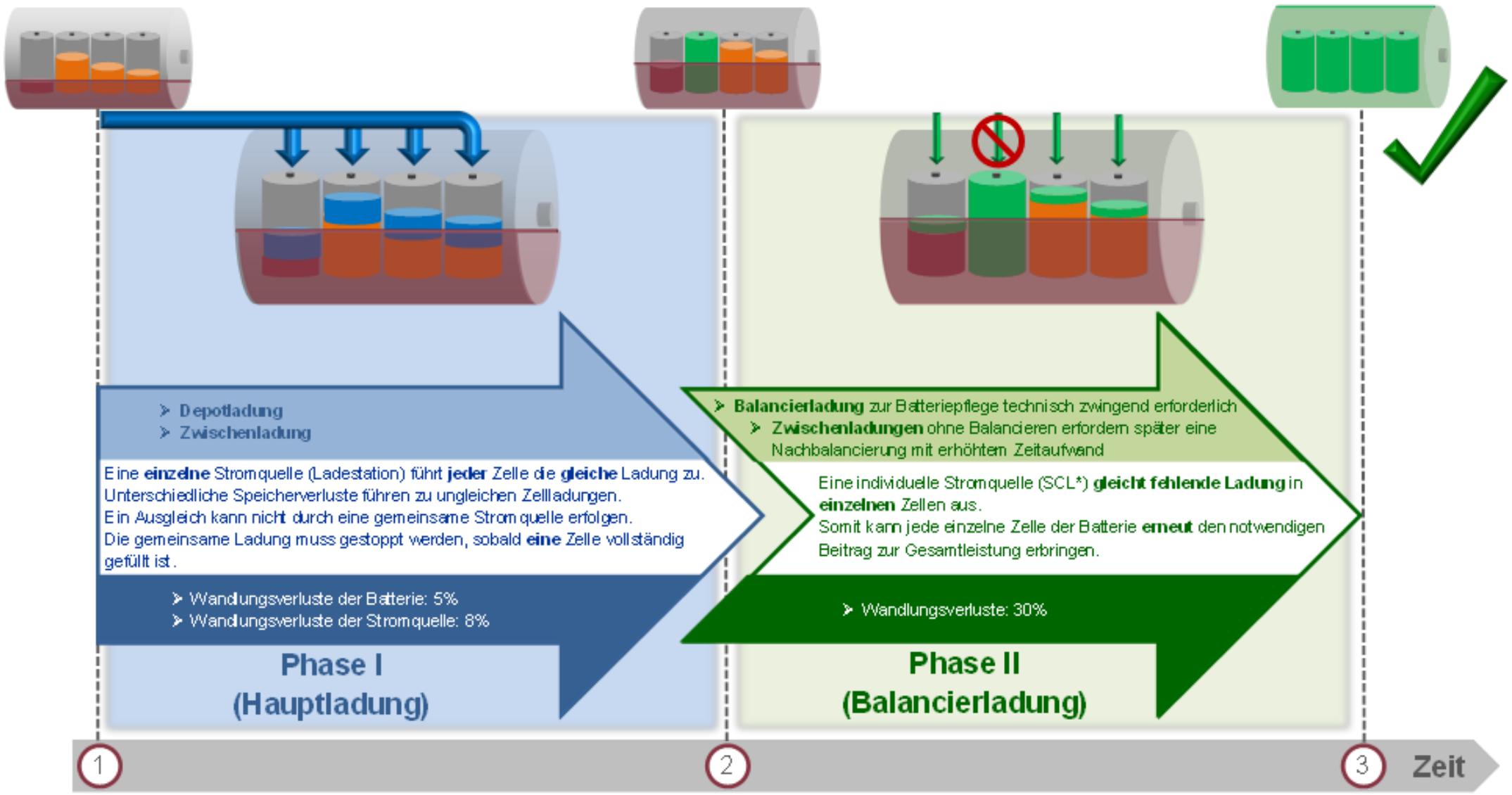
- Überwachung Batteriekapazität & Restreichweite im Fahrbetrieb
- Fernsteuerung Ladegerät; Ein- & Ausschalten des Ladevorganges
- Überwachung des Ladevorganges

Die Steuerung und Überwachung des Ladevorganges ist auch direkt am Ladegerät möglich.









* SCL = *Single Cell Loading* (Einzelzellladung)

Energieverbrauch

Durchschnittsverbrauch*

1,1 kWh / km

*(Durchschnitt über 1 Jahr, gemessen vor dem Ladegerät)

Abhängig von:

- klimatischen Verhältnissen (extrem kalt oder warm) → Betrieb der Klimaanlage oder der Heizung
- Tageslichtverhältnissen → Fahren mit Fahrlicht und Innenbeleuchtung
- Fahrweise des Fahrers → Ausnutzung des Rekuperationseffektes

Rekuperationsrate

35 – 40 %

Abhängig von:

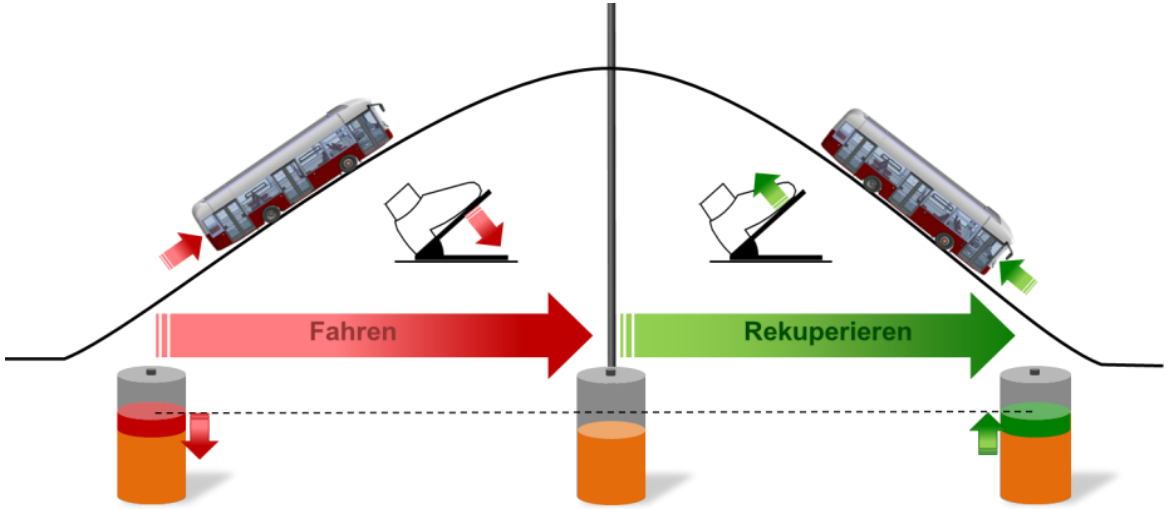
- Topographie des Linienweges → Verhältnis zwischen Gefällstrecken und Steigungen
- Voreingestellte Verzögerungsstufe → Einstellung der für die Topographie optimale Verzögerungsstufe
- Fahrweise des Fahrers → Ausnutzung des Rekuperationseffektes

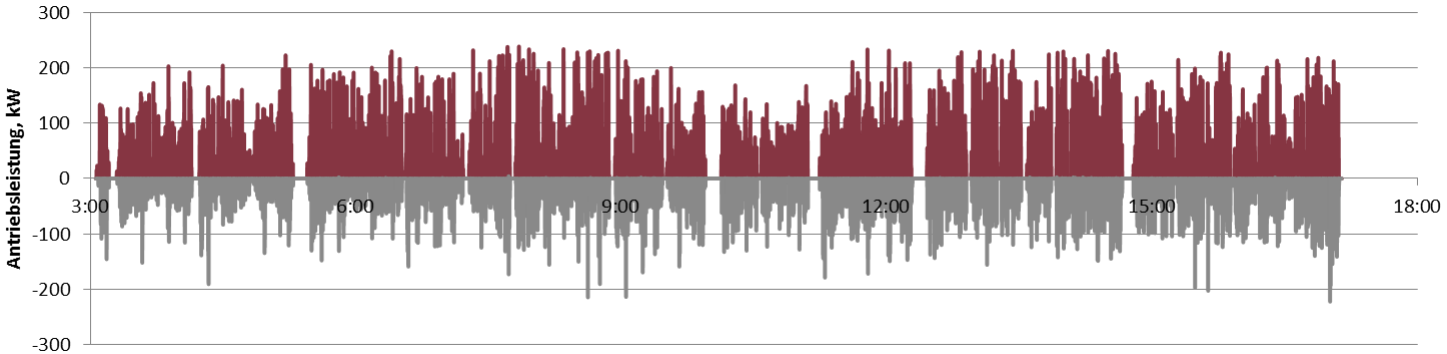
Prinzip der Rekuperation

- Rückgewinnung elektrischer Energie

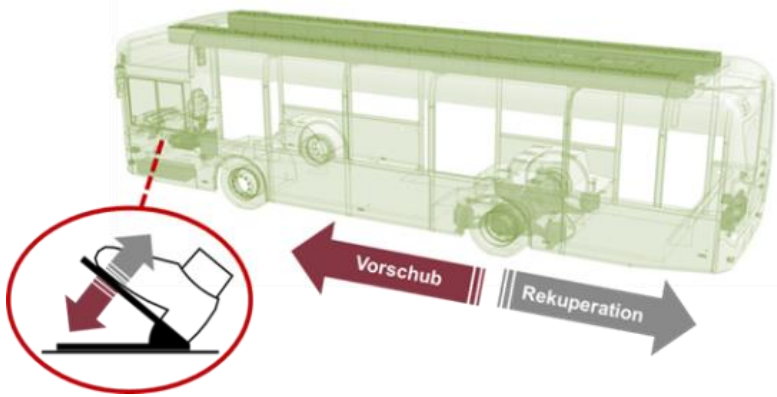
  im Generatormodus der Antriebsmotoren

- ist die wesentliche Effizienzgrundlage





Realdaten zur Antriebsleistung im Linieneinsatz (rot: Antrieb, grau: Rekuperation)



Gesamtenergieverbrauch: 195 kWh
Rekuperationsrate: 41%

Inverter: 41 °C
L. Motor: 87 °C
R. Motor: 90 °C
Temperatures
Pedal: 0.0 %
Brake: 7.6 %
Air: 7.8 bar
Powertrain
Driven: 126.7 km
Remain: 71.8 km
Rec. rate: 56.2 %
Trip
Energy flow
0.0 kW
Actual power
0 km/h
Actual velocity
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
Power (kW)
40 %
State of charge
1.00 kWh/km
Specific consumption
http://www.sileo-ebus.com
17:34:57

Kostenvergleichsrechnung

Elektrobus (10,7 m – Niederflur)

1. Investitionskosten	Fördersatz	Kosten	Förderbetrag	Eigenanteil
Basisfahrzeug	*Festbetrag*	205.000 €	50.000 €	155.000 €
Mehrkosten E-Antrieb	*75%*	210.000 €	157.500 €	52.500 €
Ladegerät	*80 %*	50.000 €	40.000 €	10.000 €
Ersatzbatterie	*80%*	110.000 €	88.000 €	22.000 €
Infrastruktur	*80%*	12.000 €	9.600 €	2.400 €
Summen		**587.000 €**	**345.100 €**	**241.900 €**

2. Betriebskosten	
Energiekosten pro Jahr (60.000 km) *Verbrauch 120 kW/h auf 100 km* *Strompreis 0,17 € je kW/h*	12.440 €
Wartungs- & Reparaturkosten pro Jahr (60.000 km) *Ansatz: 0,35 € pro km*	21.000 €
Summe	**33.440 €**

Mehrkosten Investition (nur Eigenanteil)	**+ 86.900 €**
Minderkosten Betrieb pro Jahr (60.000 km)	**- 14.900 €**

Amortisation der Mehrkosten in etwa 6 Jahren

Dieselbus (10,5 m – Niederflur)

1. Investitionskosten	Fördersatz	Kosten	Förderbetrag	Eigenanteil
Basisfahrzeug	*Festbetrag*	205.000 €	50.000 €	155.000 €
Summen		**205.000 €**	**50.000 €**	**155.000 €**

2. Betriebskosten	
Dieselkraftstoffkosten pro Jahr (60.000 km) *Verbrauch 37 Liter auf 100 km* *Dieselpreis 1,10 € je Liter*	24.420 €
Wartungs- & Reparaturkosten pro Jahr (60.000 km) *Ansatz: 0,40 € pro km*	24.000 €
Summe	**48.420 €**

6 Probleme, Fragen & Aufgaben

automatisierte Benachrichtigung bei Stromausfall

Strom selbst erzeugen und speichern

Verbesserung bei Federung & Dämpfung

Wie lang ist die Lebenszeit einer Batteriezelle?

Abdeckung Energiebedarf & Lademanagement bei E - Busflotten

Heizen & Kühlen mit niedrigem Energiebedarf

7 Fazit, Erwartungen & Forderungen

Fazit

- Unser Erwartungen an das Projekt wurden bisher erfüllt!
- Die Technik in unseren Elektrobussen ist für den Regelbetrieb geeignet!
- Kleine Stadtverkehre sind besonders für den Einsatz von Elektrobussen geeignet!
- Ohne finanzielle Förderung sind Investitionen in Elektrobusse noch nicht realisierbar!

Erwartungen & Forderungen

- Investitionen in alternative Antriebe müssen weiter finanziell gefördert werden!
- Fördermaßnahmen müssen kommunalen und privaten Unternehmen gewährt werden!
- Die Politik muss für verlässliche Rahmenbedingungen im ÖPNV sorgen!
- Es müssen mehr Fahrzeuge auf den Markt damit die Preise sinken!
- Ladegeräte und Anschlusstechnik müssen standardisiert werden!
- Wir brauchen Übergangsfristen beim Wechsel zu alternativen Antrieben!

Projekt für 2018/2019

Elektrobusse im Überlandlinienverkehr

Herzlichen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit!

Mario König

Salza Tours König OHG
Omnibusbetrieb
Am Fliegerhorst 5
99947 Bad Langensalza / Thüringen
Tel.: +49 36 03 82 67 0 * e-Mail: mario.koenig@salzatours.de