

**Schlussbericht** April 2006

# **SWISSTROLLEY 3**

## **Gelenktrolleybus**

ausgearbeitet durch  
Hans-Jörg Gisler  
Carrosserie HESS AG  
Bielstr. 7, 4512 Bellach

## Projekt-Endbericht vom 23.04.06

<b>Projektname:</b>	Entwicklung Trolleybus-Generation SWISSTROLLEY 3		
<b>Projektnummer:</b>	7696		
<b>Bericht Pflichtenhefteinhaltung / Diverses:</b>	1. Reduktion des Energieverbrauches und der CO2-Emissionen 2. Lärmreduktion 3. Gewichtsreduktion 4. Wirtschaftlichkeit 5. Passagierfreundlichkeit, Behindertengerecht		
<b>Bericht Termineinhaltung und -situation:</b>	Phase <b>Bau</b> ist auf dem Stand „Serienproduktion“ Phase <b>Erfolgskontrolle</b> ist abgeschlossen Phase <b>Messungen und Auswertung</b> ist abgeschlossen		
<b>Bericht Kosteneinhaltung:</b>	Die Budgetplanung ist soweit eingehalten worden.		
Bewilligtes Fr. -Budget:	2'492'400.-		
inzwischen aufgelaufen Fr.	ca. 2'498'550.-		
<b>Resultate Wirtschaftlichkeit/Erfolgsaussichten:</b>	1. Reduktion des Energieverbrauches: <i>Die Energieverbrauchsmessungen sind anschliessend erörtert</i> 2. Lärmreduktion: <i>Die Lärmmessungen fanden im Januar – März 2005 statt</i> 3. Gewichtsreduktion: <i>Die Gewichtsreduktion ist anschliessend erörtert</i> 4. Wirtschaftlichkeit: <i>Die Wirtschaftlichkeit ist anschliessend erörtert</i> 5. Passagierfreundlichkeit, Behindertengerecht: <i>Der Aspekt ist anschliessend erörtert</i> 6. Verbesserungspotential <i>Der Aspekt ist anschliessend erörtert</i> 7. Umsetzung <i>Der Aspekt ist anschliessend erörtert</i>		
<b>Entscheid Projektaufsicht:</b>	Projekt ist abgeschlossen		

Ort, Datum	Projektleiter	Projektaufsicht
Bellach, 23.4.2006	Dipl.-Ing. Hans-Jörg Gisler Leiter Technik	Dipl.-Ing. Alex Naef Geschäftsführer



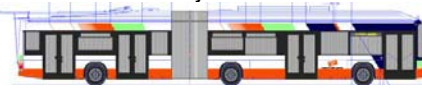
Laufweg: PrL → Projektaufsicht → PrL

## Resultate Wirtschaftlichkeit/Erfolgsaussichten

### 1. Reduktion des Energieverbrauches und der CO2-Emissionen:

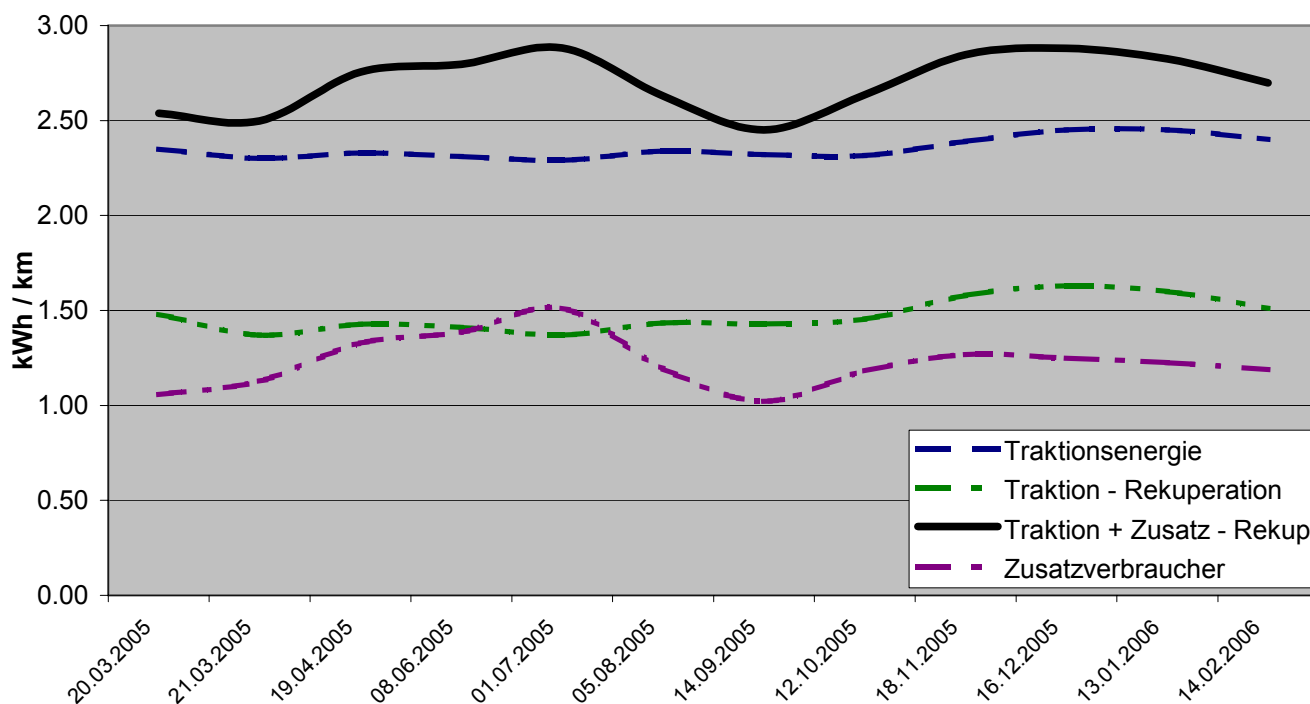
Zum Vergleich des Energieverbrauches haben wir die 2 Vorgängerversionen des Swisstrolley3 gewählt und versuchen unter dem Aspekt, dass es nicht so einfach ist, Technologien, Komfort und Leistung der drei Versuchsprobanden direkt zu vergleichen, trotzdem eine Aussage zu treffen.

- Proband 1 ist ein Gelenktrolleybus der 80er Jahre, ein HESS/NAW/BBC-SECHERON – Gelenktrolleybus der TPG mit 2-Achsantrieb einer Leistung von 2x100kW
- Proband 2 ist ein Gelenktrolleybus der 90er Jahre, ein HESS/NAW/SIEMENS- Swisstrolley1 der TPG mit 2-Achsantrieb einer Leistung von 2x100kW
- Proband 3 ist unser Gelenktrolleybus aus dem Jahre 2005, ein HESS Swisstrolley3 der TPG mit 2-Achsantrieb von VOSSLOH-KIEPE und einer Leistung von 2x160kW, Passagier-Klimaanlage mit 2x30 kW, modernster Passagier-Informations-Systeme, elektrisch betriebenen Schwenkschiebetüren und Vollniederflur-Technologie, Behindertenplatz-Ausrüstung (Rampe).

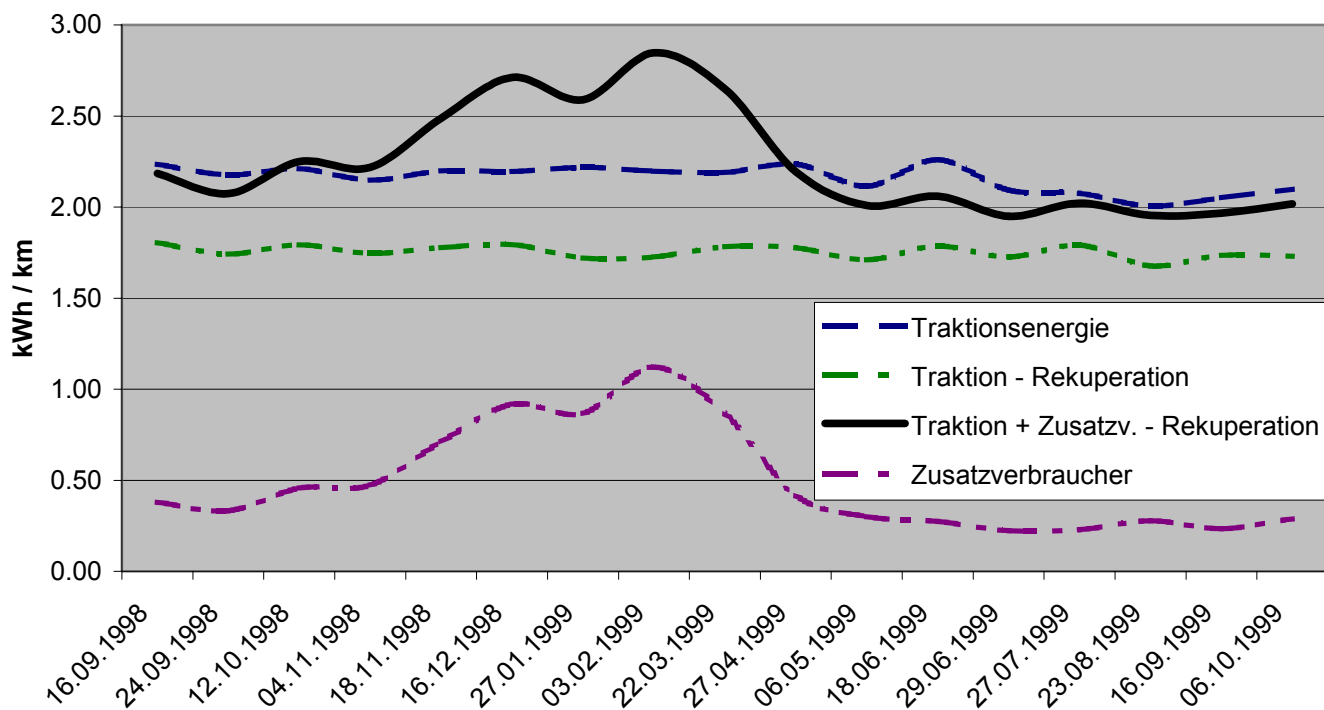
Articulated Trolleybus NAW / HESS / BBC-SE	Articulated Trolleybus NAW / HESS / SIEMENS	Low floor articulated Trolleybus HESS / VOSSLOH-KIEPE
 <p>Year : 1988 Series : 34 Registration No. : 681 to 700 Units : 20</p> <p>Technical data</p> <p>1) Dimensions, weight, speed and capacity Overall length [m] 17.95 Overall width [m] 2.5 Overall height [m] 3.2 Boarding height [m] 0.68/0.76 Front track width [m] 5.6 Rear track width [m] 6.2 Vehicle weight unloaded [t] 17.3 Total vehicle weight [t] 28 Capacity (seats) 44 Capacity (standing) 107 Total passenger capacity 151</p> <p>Max speed 60km/h</p> <p>2) Electric motor Units 2 Make / Type ABB / 4EBO 2030 H Max. power [kW] 2x100</p> <p>3) Independent power supply Petrol engine Alfa Romeo / 305-04 Generator [kW] 35</p> <p>4) Miscellaneous Visual and vocal announcement of stops</p>	 <p>Year : 1992 Series : 35 Registration No. : 701 à 713 Units : 12</p> <p>Technical data</p> <p>1) Dimensions, weight, speed and capacity Overall length [m] 17.9 Overall width [m] 2.5 Overall height [m] 3.4 Boarding height [m] 0.37/0.59 Front track width [m] 5.6 Rear track width [m] 6.2 Vehicle weight unloaded [t] 18.1 Total vehicle weight [t] 28 Capacity (seats) 43 Capacity (standing) 96 Total passenger capacity 139</p> <p>Max speed 60km/h</p> <p>2) Electric motor Units 2 Make / Type Siemens / 1 K 1815 Max. power [kW] 2x100</p> <p>3) Independent power supply Diesel engine Deutz BF 4 L 1011 Generator [kW] 40</p> <p>4) Miscellaneous Visual and vocal announcement of stops</p>	 <p>Year: 2005 Series: 37 Registration No : 731-769 Units: 38</p> <p>Technical data</p> <p>1) Dimensions, weight, speed and capacity Overall length [m] 17.976 Overall width [m] 2.55 Overall height [m] 3.44 Boarding height [m] 0.32 Front track width [m] 5.845 Rear track width [m] 5.990 Empty weight [t] 19,385 Total vehicle weight [t] 28 Capacity (seats) 46 Capacity (standing) 80 Total passenger capacity 126</p> <p>Max speed 60km/h</p> <p>2) Electric motor Units 2 Make / Type SKODA Max. power [kW] 2x160</p> <p>3) Independent power supply Diesel engine Deutz 4 cylinders 58kW Generator [kW] 50</p> <p>Max speed independent power supply 25 km/h</p> <p>4) Miscellaneous Announcement of next bus stop (sound) Passenger informations system with multimedia double video screen Video observation of interior Passenger counting system</p>

Folgende Energiemessungen wurden für die Probanden zum Vergleich gezogen:

### Energiekonsum 600 V Swisstrolley3



### Energiekonsum 600 V Swisstrolley1



## ENERGIE-KONSUMATION Gelenktrolleybusse

	Technik 1988	Technik 1992	Technik 2005
Konsumation in kWh / km :	alte GATB	Swisstrolley 1	Swisstrolley3
mittlerer jährlicher Globalverbrauch	2.70	2.36	2.70
mittlerer jährlicher Traktionsverbrauch	2.20	2.14	2.35
mittlerer jährlicher Rekuperationsgewinn	--	0.35	0.88
mittlerer jährlicher Zusatzverbraucher-Verbrauch	--	0.56	1.23
mittlerer spezifischer Verbrauch pro kg (Leergewicht)	0.16 Wh / kg / km	0.13 Wh / kg / km	0.14 Wh / kg / km
mittlerer spezifischer Verbrauch pro Passagier-km	17.88 Wh / Pass. / km	16.94 Wh / Pass. / km	21.45 Wh / Pass. / km
mittlerer spezifischer Verbrauch pro kW Antriebsleistung	11.00 Wh / kW / km	10.71 Wh / kW / km	7.36 Wh / kW / km

Durch die wesentlich grössere Fahrleistung des neuen SWISSTROLLEY3 kann sowohl im Aspekt Fahrplaneinhaltung im dichten Verkehr von Grosstädten, dem Komfortgewinn durch die grosszügige Klimatisierung des Fz., dem Status eines behindertengerechten Fz. sowie die ganze Multimedia-Welt zur Verbesserung der Passagierinformation der spezifische Verbrauch als gerechtfertigt betrachtet werden. Nimmt man zu diesen Beispielen ein Gelenktrolleybus des Mitbewerbes wie z.B. der NEOPLAN N6121 zum Vergleich, dann ist mit einem spezifischen Verbrauch pro kg (Leergewicht) von mehr als 0.15 Wh / kg / km und einem spezifischen Verbrauch pro Passagier-km von mehr als 22 Wh / Pass. / km zu rechnen.

## 2. Lärmreduktion:

Die Lärmmessungen fanden im Januar – März 2005 statt.

Folgende Werte konnten bei voll laufender Klimaanlage gemessen werden:

Chassistyp: BGT -N3  
Kommission: 7711  
Anz. Türen: 4  
Baujahr: 2005

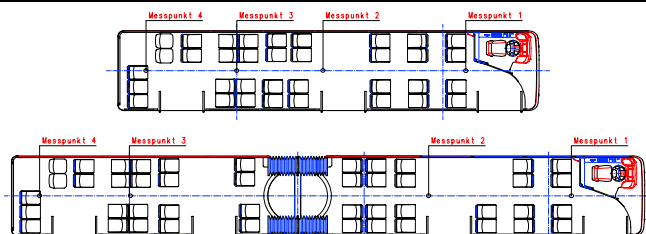
Messdatum: 07.04.2005  
Protokoll: A.Lösch  
Fahrer: E.Kissling

**Wichtig:** Alle Messpunkte ca. 1,2 m ab Boden.  
Während der Messungen max.3 Personen imfahrzeug (inkl.Fahrer)  
Messungen nur bei trockener Fahrbahn durchführen.  
Für alle Messungen gilt ein Messfehler von +/- 1 dB(A).

### Innenlärm beim Fahren:

Gemessen im Linienverkehr in der Stadt Biel  
Fahrzeug mit Ganzjahres- Bereifung M+S ausgerüstet.

Messpunkte	15 km/h	30 km/h	50 km/h	20 km/h
	Fahrmotor	Fahrmotor	Fahrmotor	Notfahrreggregat
	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1				
2	69.6	70.4	75.1	76.3
3	71.3	72.8	76.3	77.5
4	74.5	77.2	79.8	79.9



Die Werte entsprechen den heutigen HESS-Standarts für Niederflurbusse

### 3. Gewichtsreduktion:

Das projektierte Leer-Gewicht von **18'920 kg** wurde beinahe erreicht, für das Fertigfahrzeug ist ein Leer-Gewicht von **19'100 kg** (Typ VBL mit nur Fahrerklimaanlage) und **19'385 kg** (Typ TPG mit Passagiervollklimaanlage) gewogen worden.

Damit ist dieses Fahrzeug im Vergleich zu ähnlichen Fahrzeugen noch immer um **1'400 kg** leichter (z.B. NEOPLAN N6121).

### 4. Wirtschaftlichkeit:

Die Lebensdauer ist auf eine Zeit von 25 ausgelegt. Schon heute belegen die aktuellen HESS-Trolleybusse auf dem Markt, dass auch 30 Jahre Lebensdauer mit entsprechender Wartung erreicht werden kann.

Ein Gelenktrolleybus mit dieser Ausstattung kostet ca. Fr. 1'000'000.- im Vergleich zum entsprechenden Dieselfahrzeug von ca. Fr. 650'000.- (ausgelegte Lebensdauer 15 Jahre). Somit werden die höheren Investitionskosten des emissionsarmen Fahrzeuges durch die längere Lebensdauer amortisiert.

Die Wirtschaftlichkeit kann mit einem bis heute noch berechneten LCC Fahr-km-Preis von CHF 0,69 als erfolgreich gelten. (siehe auch Referenz Lenkungsreis LCC )

### 5. Passagierfreundlichkeit, Behindertengerecht:

Der Fahrkomfort, Einstiegskomfort, Sitzkomfort, das freundliche Interieur kommt bei den Fahrgästen und Betreibern sehr gut an. Das BAV hat das Fahrzeug nach allen Gesichtspunkten vom Behindertengleichstellungsgesetz und den dazugehörigen Empfehlungen abgenommen.

### 6. Verbesserungspotential

Weitere Gewichtsoptimierung und vor allem der Bau von grösseren Gelenktrolleybussen mit Längen von 18,65 m oder gar Doppelgelenktrolleybussen mit einer Länge von 24,7m zeigen klar den Trend, wo mit noch weiteren Reduktionen wirtschaftlichen Kosten aber auch Energiekonsumkosten hingearbeitet werden kann.

### 7. Umsetzung

Die Swisstrolley3-Generation wurde inzwischen für folgende Städte mit entsprechender Anzahl bestellt und teilweise auch bereits ausgeliefert:

Luzern VBL	8 Fz.
Genf TPG	48 Fz.
Zürich VBZ	16 Fz.

Dies zeigt auf, dass die Betreiber des ÖPNV in der Schweiz auf dieses Produkt zählen. Auch das Interesse im Ausland wächst an diesem komfortablen, ökologischen sowie ökonomischen Fahrzeug.

**BFE Forschungskonferenz Verkehr / Akkumulatoren**

Ort: Villigen / Paul Scherrer Institut (PSI)

Datum: 15. Juni 2005



# HESS Swisstrolley3<sup>®</sup>

Dipl. Ing. **Hans-Jörg Gisler**, Carrosserie HESS AG, 4512 Bellach

## Kurzfassung:

Das Gelenktrolleybus-Konzept Swisstrolley3 wurde konsequent auf die aktuellen Bedürfnisse des modernen ÖPNV ausgelegt. Aufbauend auf den Erfahrungen der ersten beiden Swisstrolley-Generationen wurde das Konzept gezielt weiterentwickelt. Zuverlässige Technik wurde kombiniert mit attraktivem Design und kundenfreundlichen, 100% Niederflur-Fahrgasträumen. Die moderne 2-achsige Antriebstechnologie mittels Drehstrom-Asynchronmotoren und intelligenter Steuerung verhilft dem Fahrzeug auch in winterlichen oder topographisch schwierigen Bedingungen zum sicheren Weiterkommen.

## Strukturierung des Vortrages:

- 1 Einleitung
- 2 HESS Trolleybusfamilie
- 3 Carrosserie: Aluminium Space Frame CO-BOLT<sup>®</sup>
- 4 Chassis: Leiterraahmen
- 5 Antrieb: System-Zentralmotoren
- 6 Wasserheizung: System FBT
- 7 Fussboden und Podestlandschaft
- 8 Layout Swisstrolley3
- 9 600V-Antriebstechnologie Vossloh-Kiepe
- 10 Schlusswort und Ausblick

## Einleitung

Erlauben Sie mir kurz einen Umriss des Trolleybusses aufzuzeigen:

Historisch gesehen, sind Trolleybusse bereits früh des letzten Jahrhunderts aus wirtschaftlichen Gründen im ÖPNV (öffentlicher Personen-Nahverkehr) aufgetreten. Die Vorteile des Elektromotorantriebes lagen in den damals schweren wirtschaftlichen Lage auf der Hand: als Alternativlösung zu Diesel-, Benzin, Gas- und Holzvergaser-Antrieb war es ein technisch beherrschbares, energiewirtschaftlich interessantes und akzeptiertes Verkehrsmittel. Ein Beispiel von vielen zeigt, wie stark der Trolleybus vom jeweiligen Zeitgeist abhing.



Bild 1 [Oldtimer-Trolleybus von 1941 der Stadt Basel]

1941 entstanden für die Verkehrsbetriebe Basel zwei Bimode Fahrzeuge. Diese waren noch mit dieselelektrischem Antrieb ausgerüstet. Deren Dieselmotoren wurden aber noch im gleichen Jahr aus Gründen der Dieselrationierung während des zweiten Weltkrieges ausgebaut. So waren es dann schlussendlich 100%-ige Trolleybusse.

Am heutigen Tag stehen mehrere hundert HESS-Trolleybusse im harten ÖPNV Einsatz und entlasten die Agglomerationen wirkungsvoll von Lärm, Abgasen und Kosten. Der Trolleybusse von heute ist also für die Betreiber attraktiv und zuverlässig.





Bild 2 [10,5m Midi-Trolleybus in Lyon, Frankreich]

Erlauben Sie mir noch einige Worte zur aktuellen Situation:

Mit der Übernahme der Trolleybus-Chassisaktivitäten von der Daimler-Chrysler Tochter NAW vor einigen Jahren wurde HESS zum Gesamtanbieter für Trolleybus-Fahrzeuge. In Partnerschaft mit dem 600V-Lieferanten Vossloh-Kiepe, entstand eine zuverlässige Traktionstechnik. Chassis, Carrosserie und 600V-Traktionstechnik werden allesamt in unserem Werk in Bellach zusammenmontiert.

Somit steht HESS heute als Trolleybus-Kompetenzzentrum dem ÖPNV-Markt zur Verfügung. Mit unseren Spezialisten sind wir vor Ort präsent und im Bedarfsfall z.B. bei einem Unfall, einer Panne etc. in kürzester Frist bei unseren Kunden.



Bild 3 [Gelenktrolleybus im täglichen Einsatz in Biel]

## HESS Trolleybusfamilie

Die aktuelle Produktpalette heisst: SWISSTROLLEY3

Der Swisstrolley der 3. Generation wurde konsequent auf die aktuellen Bedürfnisse des modernen ÖPNV ausgelegt. Aufbauend auf den Erfahrungen der ersten beiden Swisstrolley-Generationen wurde das Konzept gezielt weiterentwickelt. Zuverlässige Technik wurde kombiniert mit attraktivem Design und kundenfreundlichen, 100% Niederflur-Fahrgasträumen. Der Fahrerarbeitsplatz berücksichtigt die modernen Erkenntnisse bezüglich Ergonomie und Sicherheit.



Bild 4 [Swisstrolley3 für die Verkehrsbetriebe Luzern]

Die Antriebe umfassen reine Elektroantriebe von 160kW – 320kW und optionaler Dieselelektrischen-Notfahrgruppe von 50kW – 80kW. Bimode-Konzepte mit dieselelektrischem Antrieb bis zu 210 kW.

Die tiefen Emissionen bei Lärm und Abgasen machen den Trolleybus zum idealen Massentransportmittel in der Agglomeration.

Moderne 600V-Konzepte ermöglichen komfortables und sicheres Fahren am Netz, ohne dass der Fahrer zu stark abgelenkt wäre.

Die Möglichkeit der Strom-Rekuperation hilft mit, das Fahrzeug ökologisch und ökonomisch zu fahren.

Entsprechend den anvisierten Fahrgastfrequenzen stehen folgende Gefässgrössen im Swisstrolley3-Programm zur Verfügung:



Bild 5 [HESS-Trolleybusfamilie]

- Swisstrolley3 12m mit Antrieb 4x2
- Swisstrolley3 18m mit Antrieb 6x4 (6x2)
- lighTram3 24,7m mit Antrieb 8x4 (8x2)
- TrolleyZug3 23,2m mit Antrieb 8x2

In diesem Vortrag möchte ich den Gelenktrolleybus Swisstrolley3, 18m, etwas näher vorstellen. Mit Unterstützung von Partner wie z.B. das BFE konnten wir die Trolleybus-Entwicklung in der Schweiz weiterentwickeln und erhielten dadurch die Chance, mit dem erworbenen Know-how eine technologische Leaderfunktion zu übernehmen.

Das Fahrzeug ist von Grund auf für den Einsatz als Trolleybus konzipiert und für eine problemfreie Einsatzdauer von min. 25 Jahren ausgelegt. Die wichtigsten Features sind dabei:



## **Carrosserie: Aluminium Space Frame CO-BOLT®**



Bild 6 [CO-BOLT® Aluminium Space Frame Technologie]

- geschraubtes Aluminium-Baukasten-System mit Langzeiterfahrung für Trolleybusse
- innenliegende Schubfelder und Querdiagonalverstreibungen sorgen für eine hohe Karosseriesteifigkeit → Komforterhöhung
- leicht → tiefere Kosten für Energie und Verschleiss
- korrosionsbeständig → tiefere Kosten über die Lebensdauer
- reparaturfreundlich → tiefere Unterhalts- und Versicherungskosten
- montage- sowie demontagefreundlich → keine Richtarbeiten einer Schweissverbindung → Der Betreiber erhält dadurch in den Folgejahren passgenaue Ersatzteile
- Sicherheit: → hoher Abbau kinetischer Energie

## Chassis: Leiterraahmen

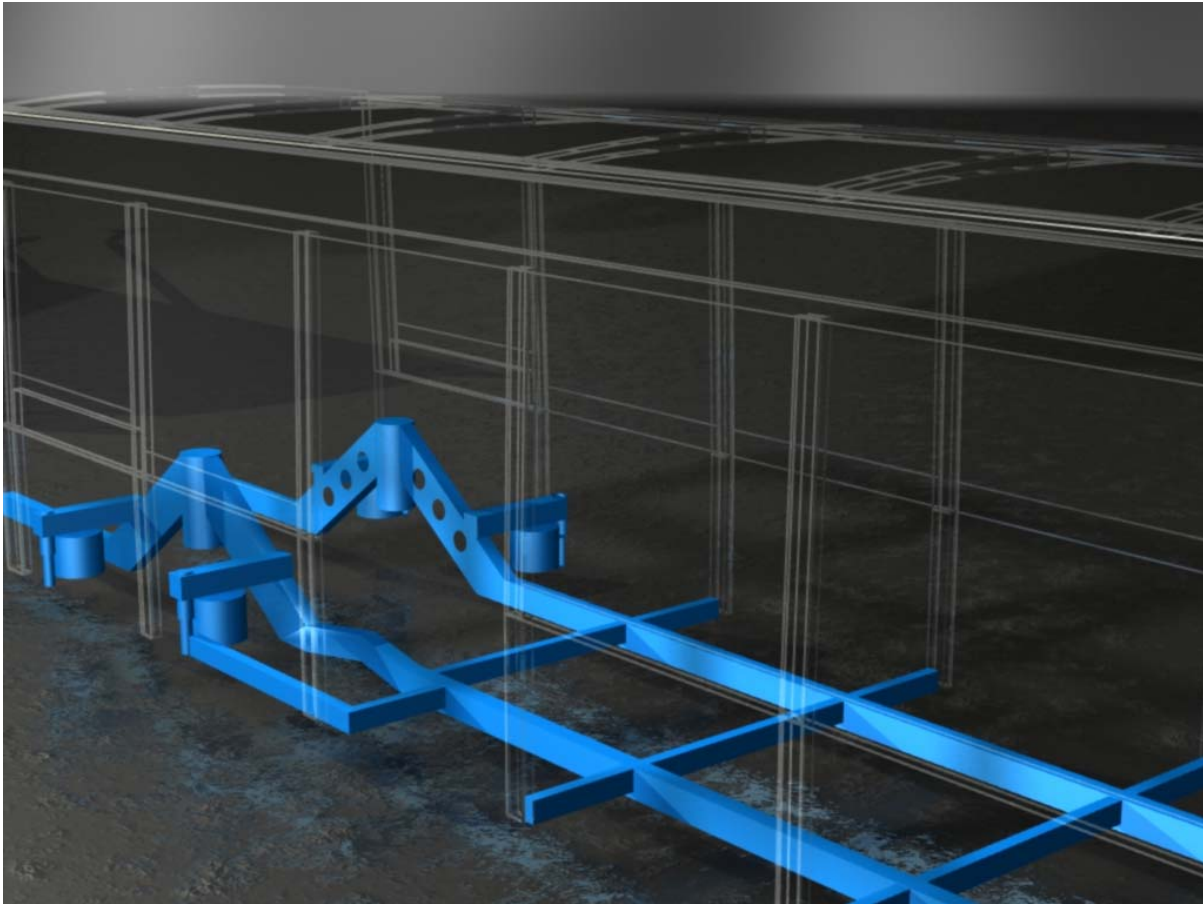


Bild 7 [Leiterrahmenchassis]

- Klassische Tragstruktur mit hochfesten Stahl-Rechteckrohren und offenen Stahlprofilen gewichtsoptimiert
- keine tragenden Stahlprofile mit Wandstärken unter 5-6 mm → dadurch sehr langlebig
- korrosionsresistent mittels Hohlraumbehandlung und Unterbodenschutz
- schlagfest
- gute Zugänglichkeit zu den Aggregaten
- vorbereitet für die Aufnahme der Energieführungssysteme wie Elektrik, Luft, Hydraulik und Heisswasser

## Antrieb: System-Zentralmotoren

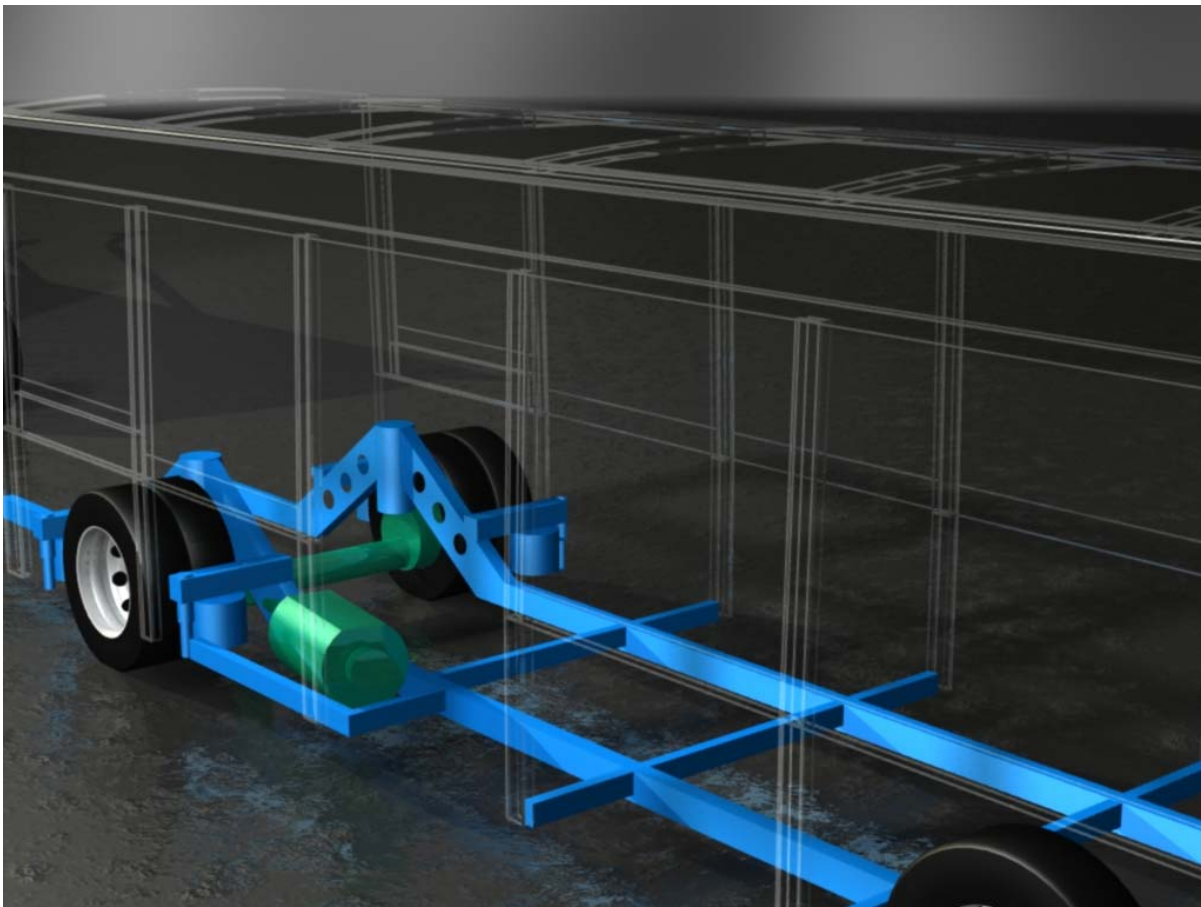


Bild 8 [System-Zentralmotor]

- hohe Zuverlässigkeit– bewährte Technologie
- Niederflur-Portalachsen → lässt 100% Niederflurgestaltung zu
- 2-achsiger Antrieb mit geregelter Drehmomentübergabe ans Achsdifferential  
→ gutes Traktionsverhalten auch im winterlichen oder topographisch schwierigen Bedingungen

## Wasserheizung: System FBT

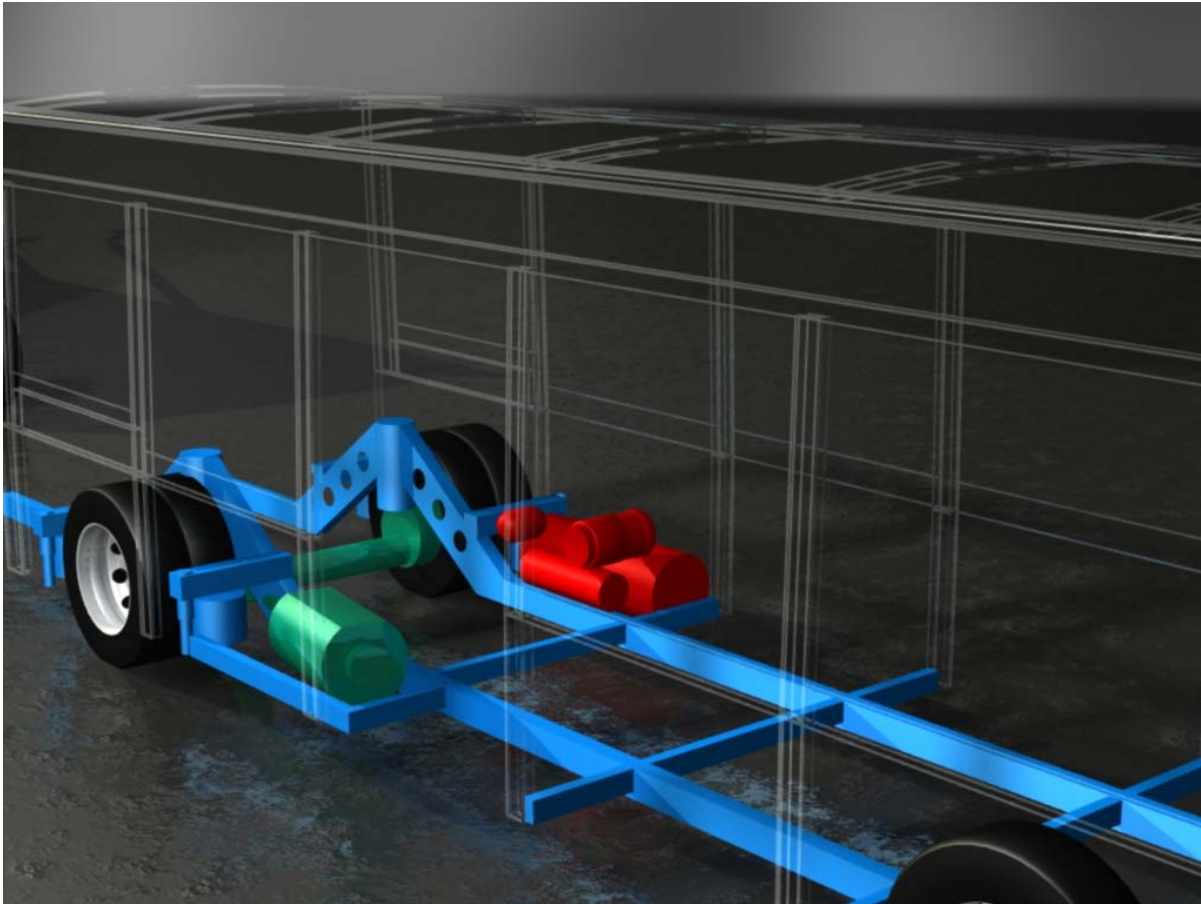


Bild 9 [380V- Heisswasserheizung]

- Servicegerechte Modultechnik in Rackbauweise
- hoher Fahrgastkomfort
- Problemfreie 3. Isolation
- ermöglicht den Einsatz handelsüblicher Komponenten wie Konvektor-Heizelemente, Defrosteranlagen, Klimaanlage
- kann mittels Brems-Strom-Rekuperation aufgeheizt werden
- ist gleichzeitiger Ersatz eines Heiz-Vorwärmegerätes
- über 200 Systeme in Betrieb seit 1990

## Fussboden und Podestlandschaft

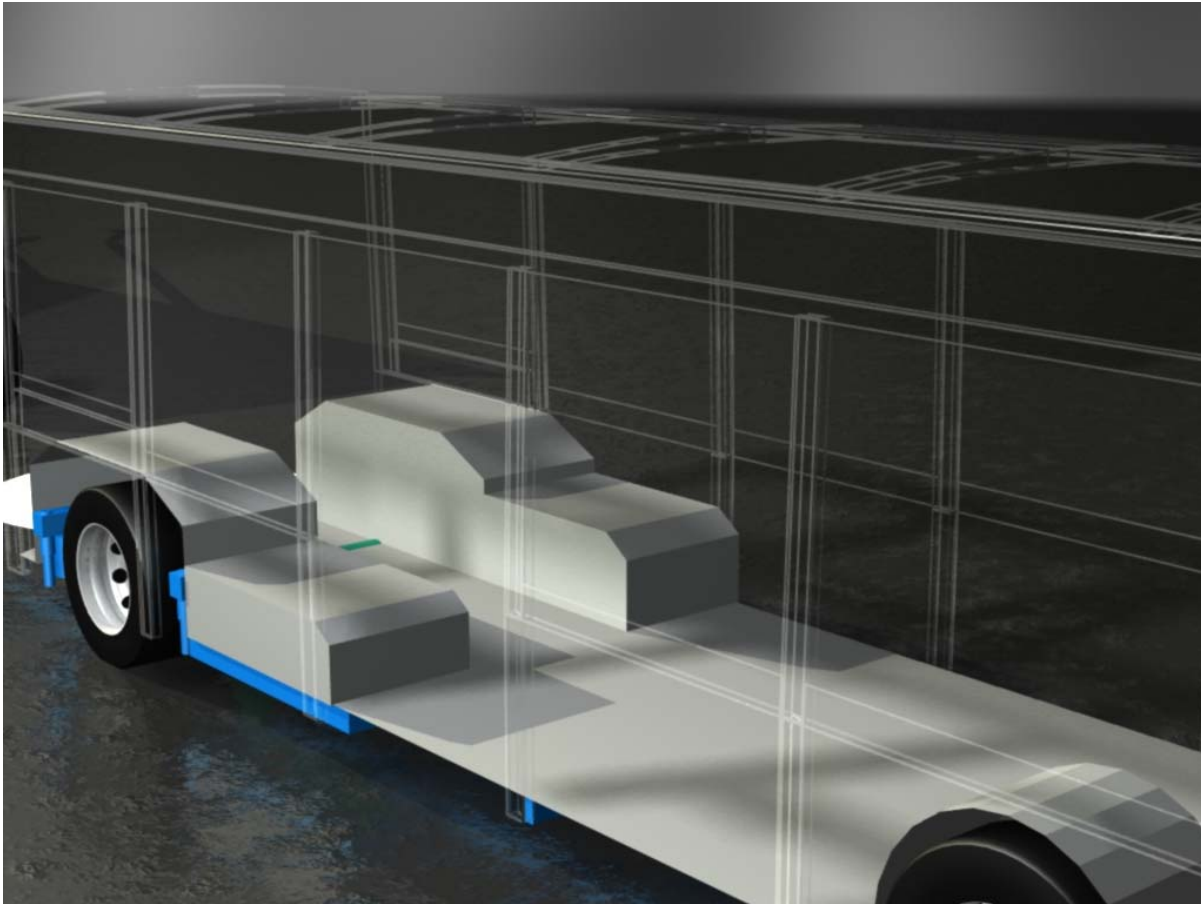


Bild 10 [Podest- und Fussbodenlayout]

- Fussböden: Typ „Long-Life“ (18+3mm) → gute Wärmedämmung und Schallisolation
- Minimierung von Podesten, Maximierung von Niederflur-Sitz- und Stehplätzen
- Erfüllt die EWG 2001/85 inkl. Behinderplatzgestaltung und Rollstuhlrampe bei Türe 2 (Falt-, Klapp- oder automatisierte Kassettenrampen)
- Service-Deckel ermöglichen einen einfachen Zugang für den Fahrzeugunterhalt
- Radkästen sind in GFK-Sandwichbauweise ausgeführt und gegen Feuer innen und aussen speziell geschützt.



## Layout Swisstrolley3

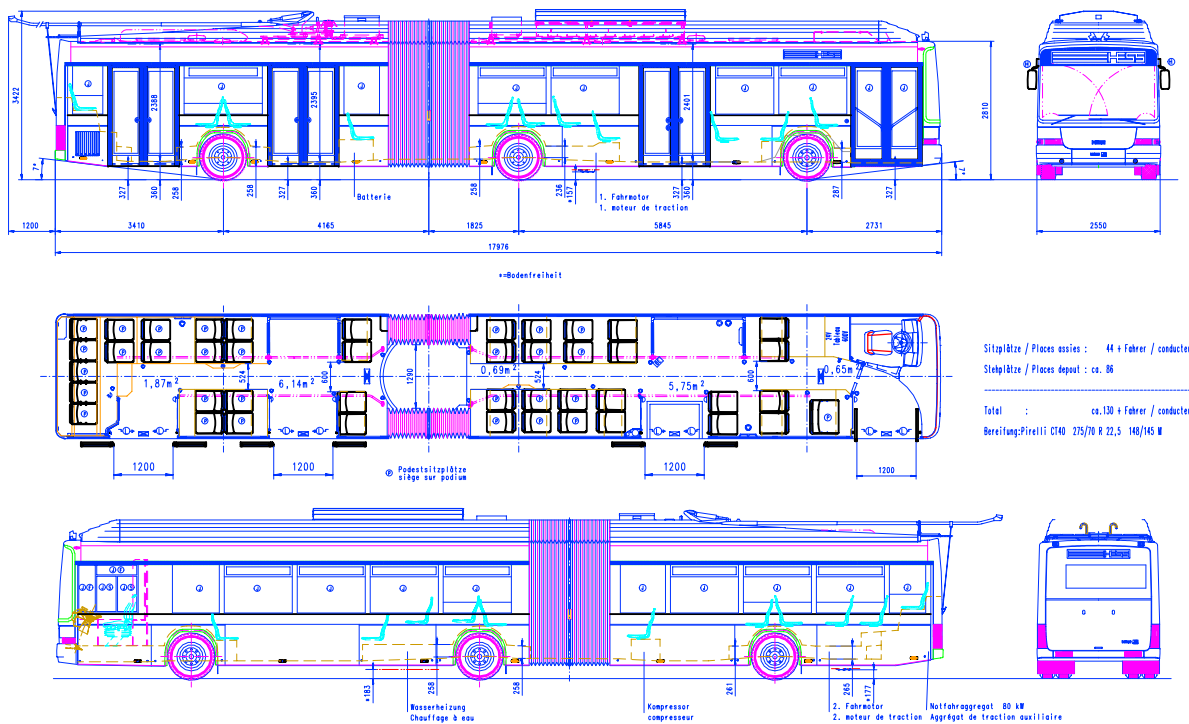


Bild 11 [Layout Swisstrolley3]

- Das Fahrzeuglayout ist mit 4 doppelflügligen Schwenkschiebetüren für optimierten Passagierfluss beim Ein- und Aussteigen konzipiert.
- Eine Passagierklimaanlage sorgt optional für kühlen Komfort an heißen Sommertagen. Eine spezielle Luftverteilung mit Luftvorhangeffekt in den Tür- und Seitenscheibenbereichen erhöht den Wirkungsgrad der Kühlanlage.
- Die Sitz- und Interieur-Landschaft ist optional „antivandalismus-sicher“ ausgeführt. Diese bietet bis zu 44 Sitzplätze und je nach Ausstattung bis zu 90 Stehplätzen
- Passagierzählanlagen, Überwachungskameras für den Innenraum, Aussenüberwachung für das Nachläufermodul sind optional ausgeführt
- Für den Unterhalt der Aggregate sind alle relevanten Seitenklappen 180° zu öffnen
- Fahrgast-Informations-Systeme wie Aussenzielanzeigen, Streckenpläne, TTF-Monitor-Systeme etc. sind einfach zu integrieren.

## 600V-Antriebstechnologie Vossloh-Kiepe

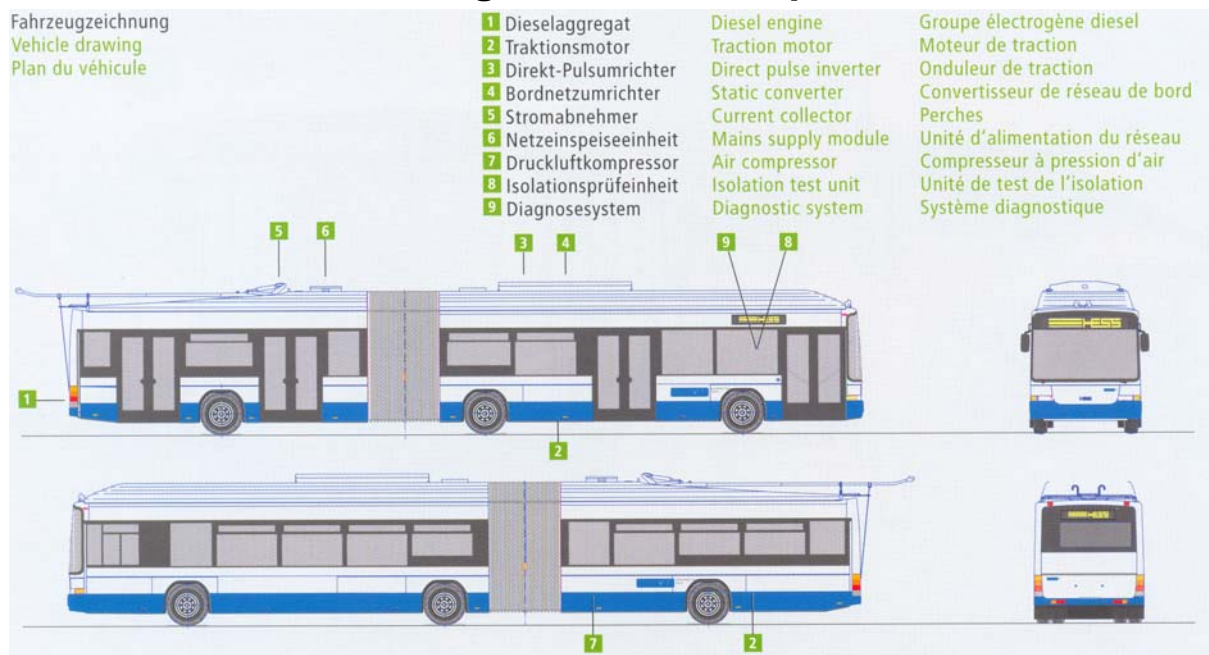


Bild 12 [E-Komponenten-Layout]

Gegenüber schienenengebundenen Fahrzeugen kann der Swisstrolley3 mit Hilfe der KIEPE-Stromabnehmer-Systems bis zu 4m seitlich versetzt zur Optimalspur fahren und somit Hindernissen, wie Baustellen oder Unfallfahrzeugen problemlos ausweichen. Die Stromabnehmer überragen das Fahrzeugheck in abgesenktem Zustand um nur 1200mm. Zum Beschleunigen des bis zu 28t schweren Fahrzeuges stehen zwei 160kW starke Asynchronmotoren zur Verfügung. Diese werden durch zwei gewichts- und leistungsoptimierte IGBT-Direktpuls Umrichter gespeist. Zur übergeordneten Steuerung kommen die speziell entwickelten Antriebssteuermodule USM zum Einsatz. Diese mit mehreren leistungsstarken Prozessoren bestückte Geräte übernehmen neben der Betriebsdatenerfassung auch die komplette Diagnose des Antriebes sowie das Energie- und Leistungs-Management. Die separate Regelung der beiden Traktionsmotoren ermöglicht eine gezielte Einstellung der Traktions- bzw. Bremsmomente der beiden Antriebsachsen.

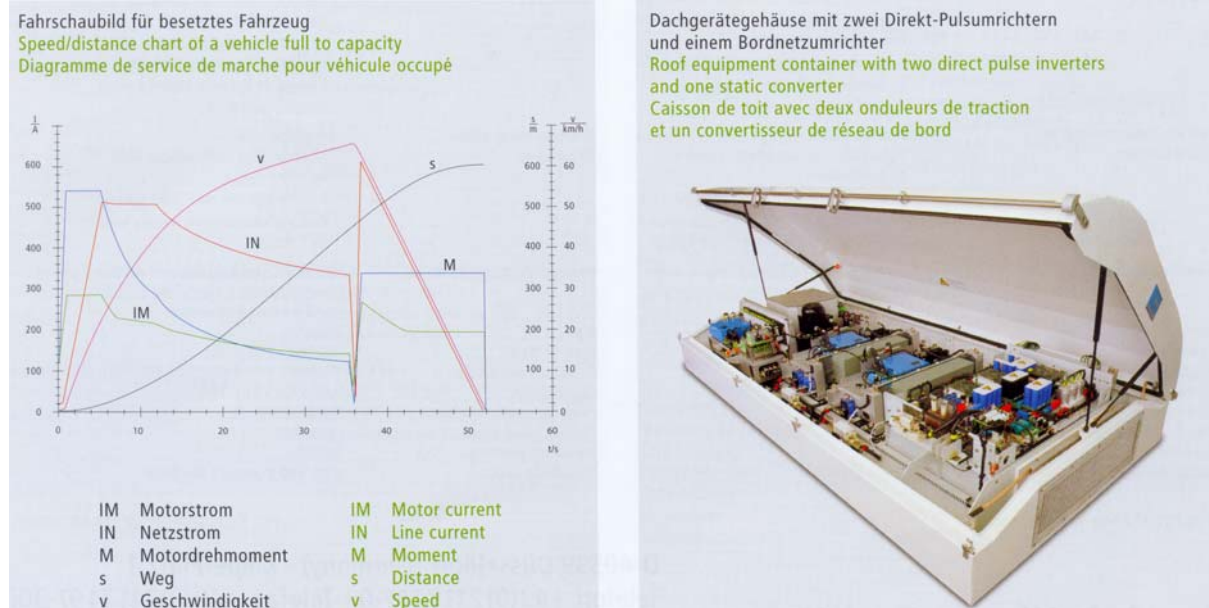


Bild 13 [Fahrdiagramm und Dachgerät]

Um einen umfassenden Datenaustausch im Fahrzeug zu ermöglichen, wurden weiterhin alle Hauptkomponenten an den CANopen-Wagenbus angeschlossen. Die bei Trolleybus vorgeschriebene doppelte Isolation wird konsequent umgesetzt.

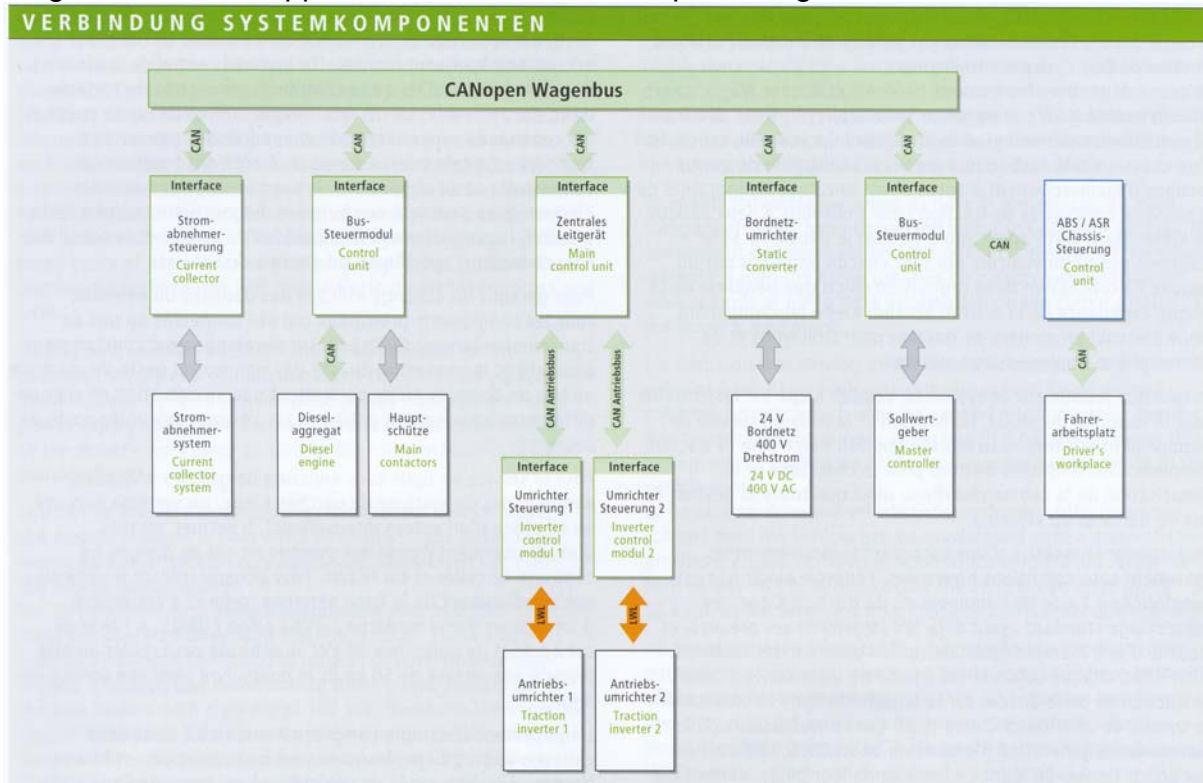


Bild 14 CANopen-Wagenbus]

## TECHNISCHE DATEN

### Mechanischer Teil

Fahrzeug-Ausführung	3-achsiger Gelenk Trolleybus in 100 % Niederflurtechnik
Typ	Swiss Trolley III BGT-N2C
Fahrzeuglänge	17.934 mm
Fahrzeugbreite	2.550 mm
Wendekreis	23.930 mm
Beförderungskapazität	132 (48 Sitzplätze, 75 Stehplätze)
Einstiegshöhe	327 mm
Getriebeübersetzung	1 : 9,817
Fahrzeugmasse leer	18.920 kg
Fahrzeugmasse voll besetzt	28.000 kg

### Elektrischer Teil

Max. Geschwindigkeit in der Ebene	65 km/h
Anfahrbeschleunigung	1,3 m/s <sup>2</sup> (einstellbar)
Bremsverzögerung	1,3 m/s <sup>2</sup> (einstellbar)
Max. Steigfähigkeit	> 15 %

### Traktionsmotoren

	Zwei fremdbelüftete Drehstrom-Asynchronmotoren
Typ	ML 3450 K/4
Nennleistung	2 x 160 kW
Max. Drehmoment	1335 Nm
Nennspannung	3 AC 420 V
Nenndrehzahl	1477 min <sup>-1</sup>
Max. Drehzahl	4400 min <sup>-1</sup>
Gewicht	560 kg

### Dachgerätegehäuse Nachläufer

Abmessungen	Kiepe DGG 414 1736 x 920 x 446 mm
Aufbau	Isoliert montiertes Gehäuse mit interner Zweitisolation

### Dachgerätegehäuse Vorderwagen

Abmessungen	Kiepe DGG 335 3000 x 1640 x 553 mm
Aufbau	Interne zweifache Isolation mit isoliert aufgebautem Geräteträger

### Traktionsumrichter

Eingangsspannung	Zwei IGBT-Direkt-Pulsumrichter Kiepe DPU 500
Ausgangsleistung	DC 600 V (+ 25 %, - 30 %)
Kühlung	Forcierte Luftkühlung
Merkmale	- IGBT-Technik, Ansteuerung der Treiberstufen via Lichtleiter, Vorgabe der Puls-muster durch Umrichtersteuermodul - Rückfreies Anfahr- und Bremsverhalten - Kombinierte Nutz- und Widerstands-bremsen - Schleuder-Gleitschutz (ABS/ASR-Funktion)

### Bordnetzumformer

Typ	Statischer Bordnetzumformer Kiepe BNU 500
Eingangsspannung	DC 600 V (+ 25 %, - 30 %)
Ausgangsspannung	DC 24 V / 5,7 kW AC 400 V / 230 V, 50 Hz, 16 kW
Merkmale	- Doppelte Isolation Bauform für Dacheinbau - Galvanische Trennung der Ausgänge vom Oberleitungsnetz - Separate Batterieladung nach IU-Kennlinie

### Stromabnehmersystem

Merkmale	Kiepe OSA 200 - Automatische Schnellabsenkung bei Entgleisungen - Mittenzentrierung bei Absenkung - Absenkung vom Arbeitsplatz aus
----------	---

### Diesel-Generator-Aggregat

Typ	Vier-Zylinder Reihen-Dieselmotor mit angeflanschem permanent erregtem Synchrongenerator
Dieselmotor	Kirsch
Mechanische Leistung	IVECO 95 kW
Zertifizierung	nach EURO3
Drehzahlbereich	1300 - 2700 min <sup>-1</sup>
Generatortyp	G80 PME
El. Leistung	80 kW
Ausgangsspannung	DC 400 V bis 900 V

Bild 15 [Technische Daten]



## Schlusswort und Ausblick



Bild 16 [lighTram1 im Einsatz in Genf]

2004 stellte die TPG (Transport publique Genève) mit uns zusammen einen ersten Doppelgelenk-Trolleybus Typ lighTram1 in den Linienbetrieb. Die dabei gemachten Erfahrungen waren sehr positiv. Nicht zuletzt bietet das lighTram gegen 50% mehr Sitzplätze als ein Gelenkfahrzeug. Das ergibt je nach Komfort-Ausrüstung zwischen 160 – 200 Personen Transportkapazität. So bestellten die Verkehrsbetriebe Genf nach nur fünf Monaten Erprobung 10 zusätzliche lighTrams. Diese werden dann auch im neuen Design als lighTram3 gebaut, welche technologisch dem des Swisstrolley3 entspricht.

Das Konzept des Doppelgelenk-Trolleybusses ist für den Betreiber einen Brückenschlag zwischen klassischem Gelenkautobus, Gelenktrolleybus und dem Tram. Das Konzept ist bereits heute vorbereitet für weitere ähnliche Antriebskonzepte wie Hybrid- oder vielleicht später sogar Brennstoffzellenantriebe aufzunehmen.

Unser Slogan lautet

**„Attraktiver öffentlicher Verkehr,  
für Fahrgäste und Unternehmungen.“**

Abenteuerliche Technologie-Experimente auf Kosten der Passagiere dürfen wir uns aber nicht leisten. Solche haben in den letzten Jahren dem Ansehen des Trolleybusses stark geschadet und teilweise sogar zu seinem „Aus“ geführt.

Deswegen lautet unser Rezept:

**Evolution anstelle Revolution.**



Bild 17 [Swisstrolley3 für die Verkehrsbetriebe Genf]

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.