

## 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: Leiterraum
- 5 Antrieb: System-Zentralmotoren
- 6 Wasserheizung: System FBT
- 7 Fussboden und Podestlandschaft
- 8 Layout Swisstrolley3
- 9 600V-Antriebstechnologie Vossloh-Kiepe
- 10 Schlusswort und Ausblick

## 1 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 dieselektrischem 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 Trolleybusfahrzeuge. 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]

## 2 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 diesel-elektrischem 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:

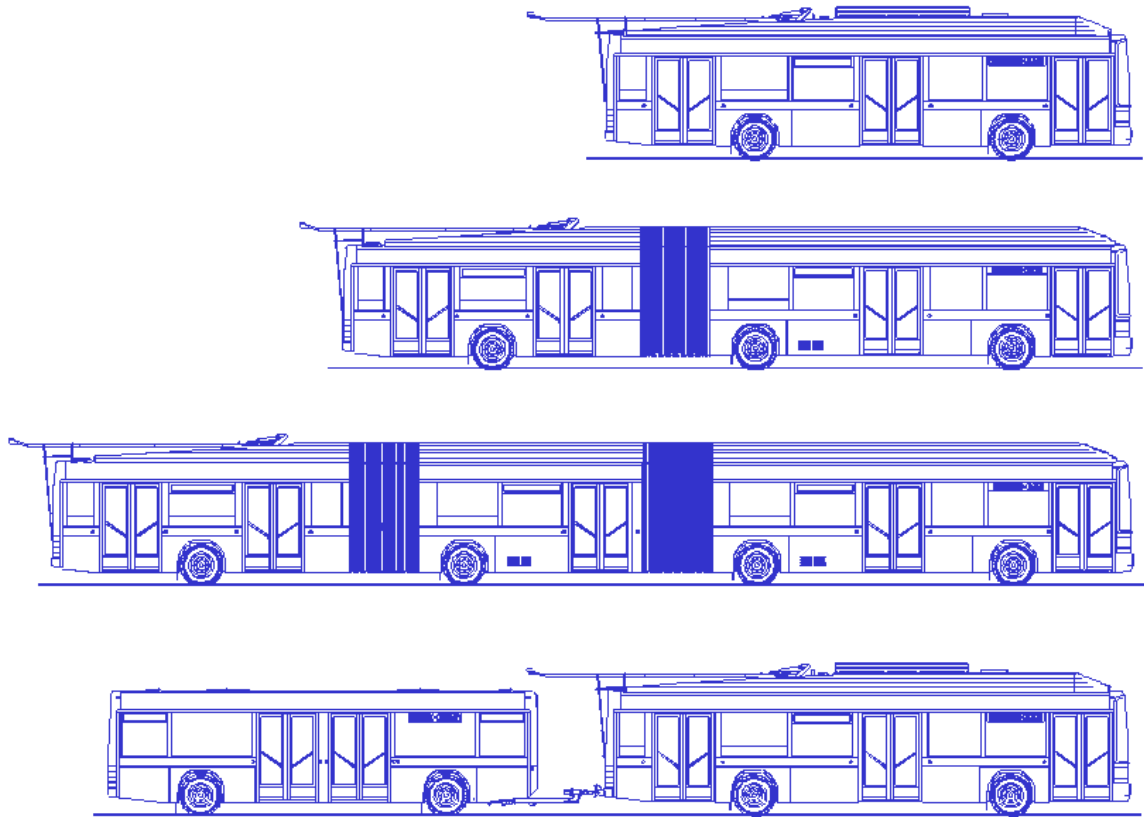


Bild 5 [HESS-Trolleybusfamilie]

- 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:

### 3 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

#### 4 Chassis: Leiterraahmen

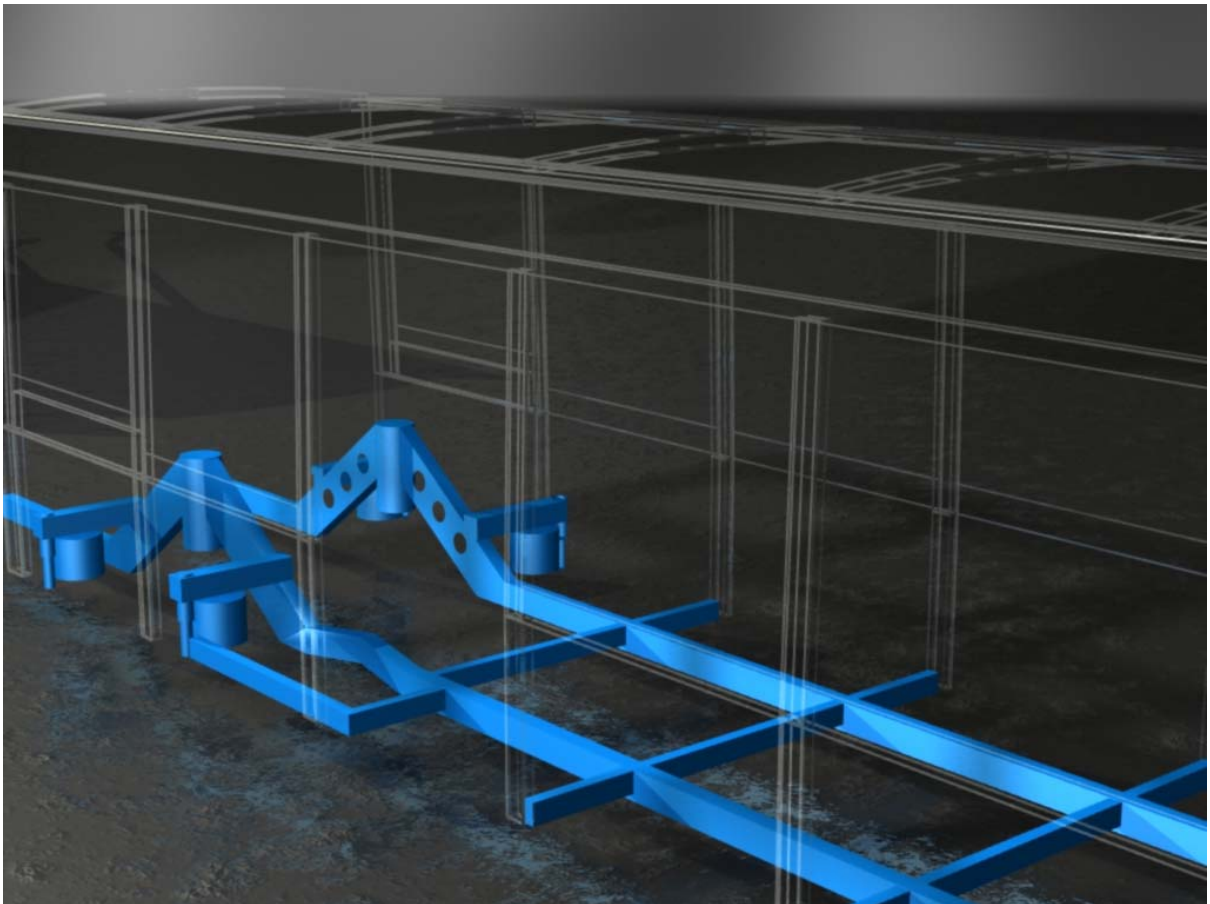


Bild 7 [Leiterrahmenchassis]

- 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

## 5 Antrieb: System-Zentralmotoren

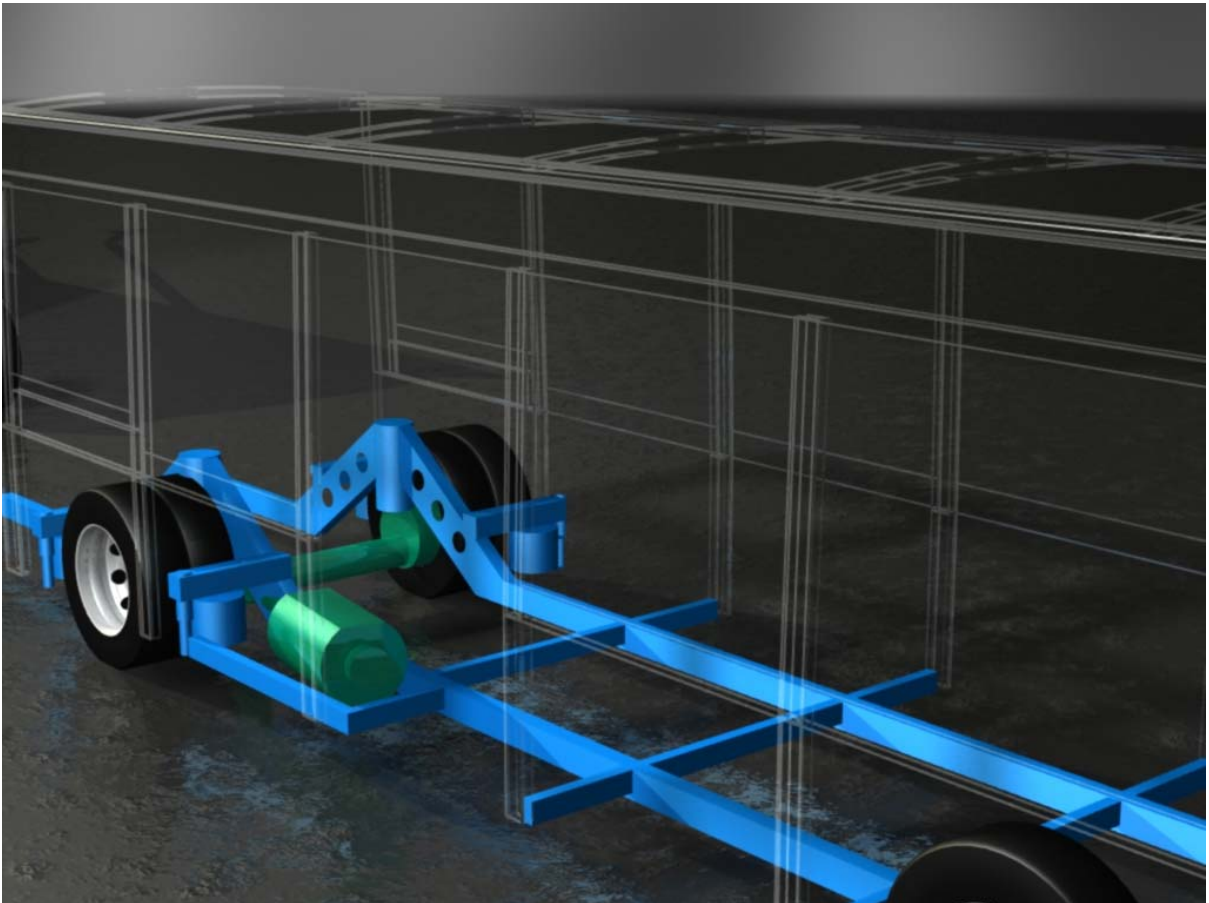


Bild 8 [System-Zentralmotor]

- 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

## 6 Wasserheizung: System FBT

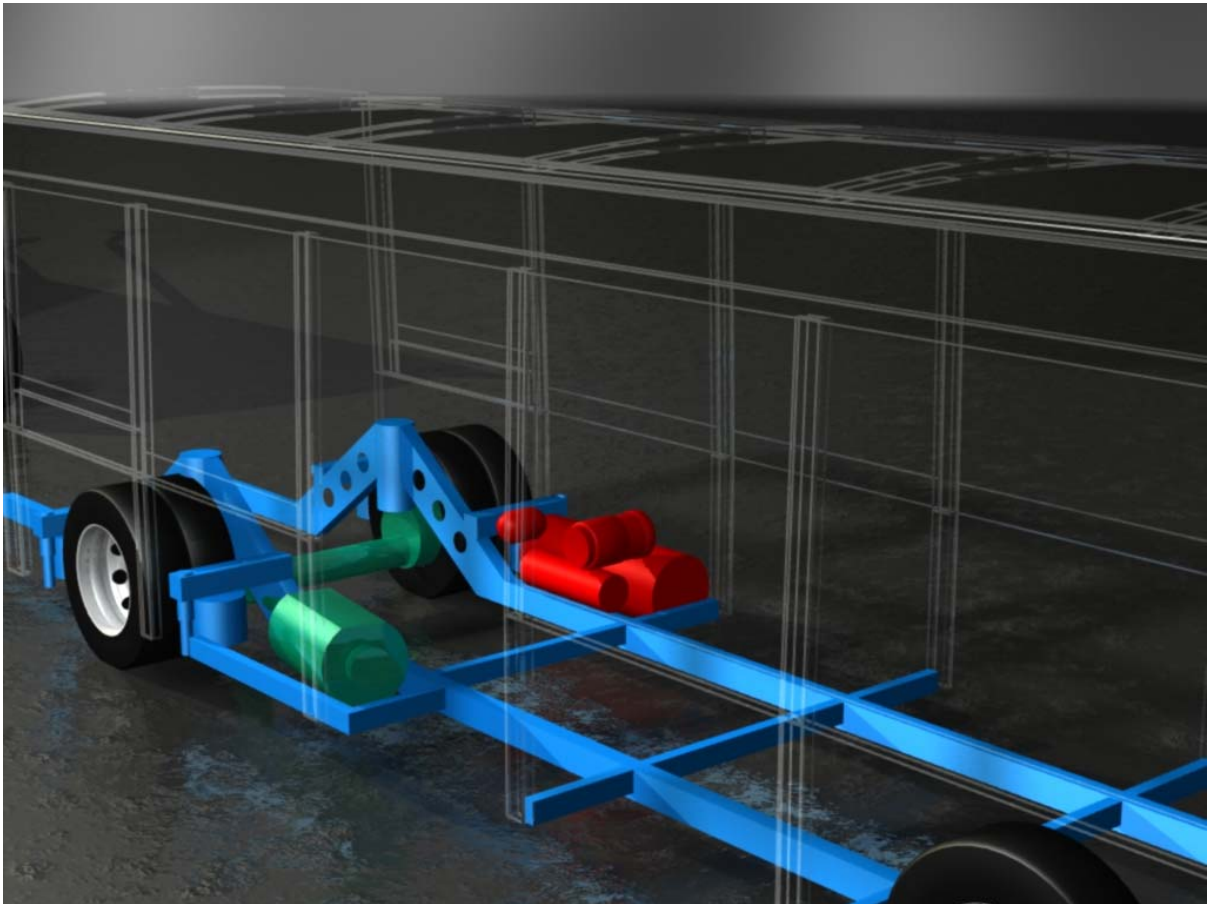


Bild 9 [380V- Heisswasserheizung]

- 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

## 7 Fussboden und Podestlandschaft

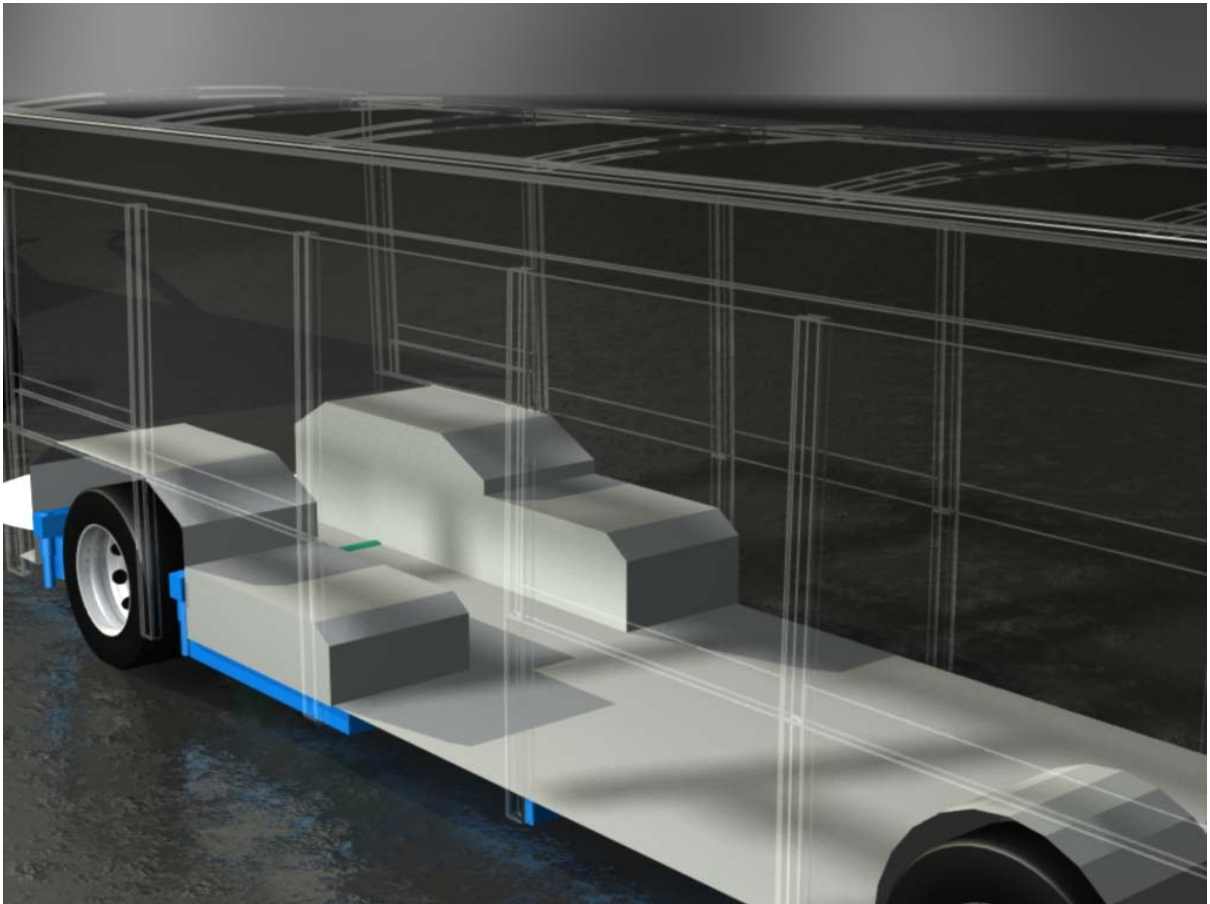


Bild 10 [Podest- und Fussbodenlayout]

- 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.

## 8 Layout Swisstrolley3

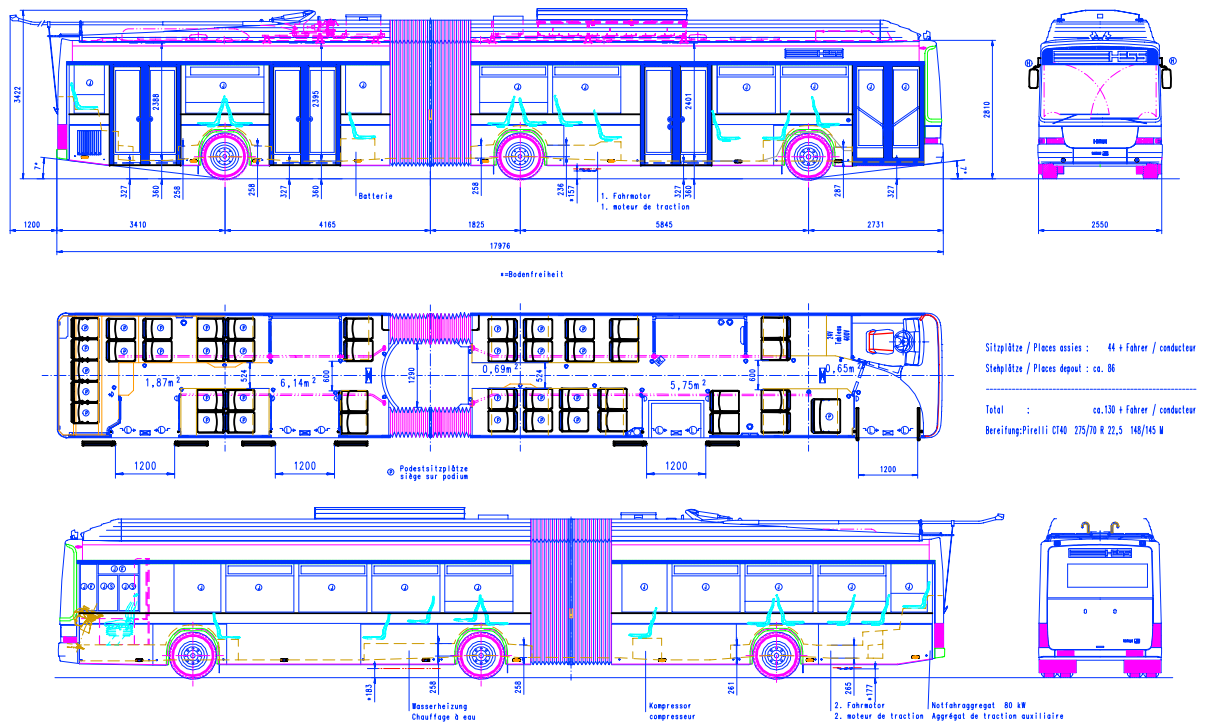


Bild 11 [Layout Swisstrolley3]

- 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-Informationssysteme wie Aussenzielanzeigen, Streckenpläne, TTF-Monitor-Systeme etc. sind einfach zu integrieren.

## 9 600V-Antriebstechnologie Vossloh-Kiepe

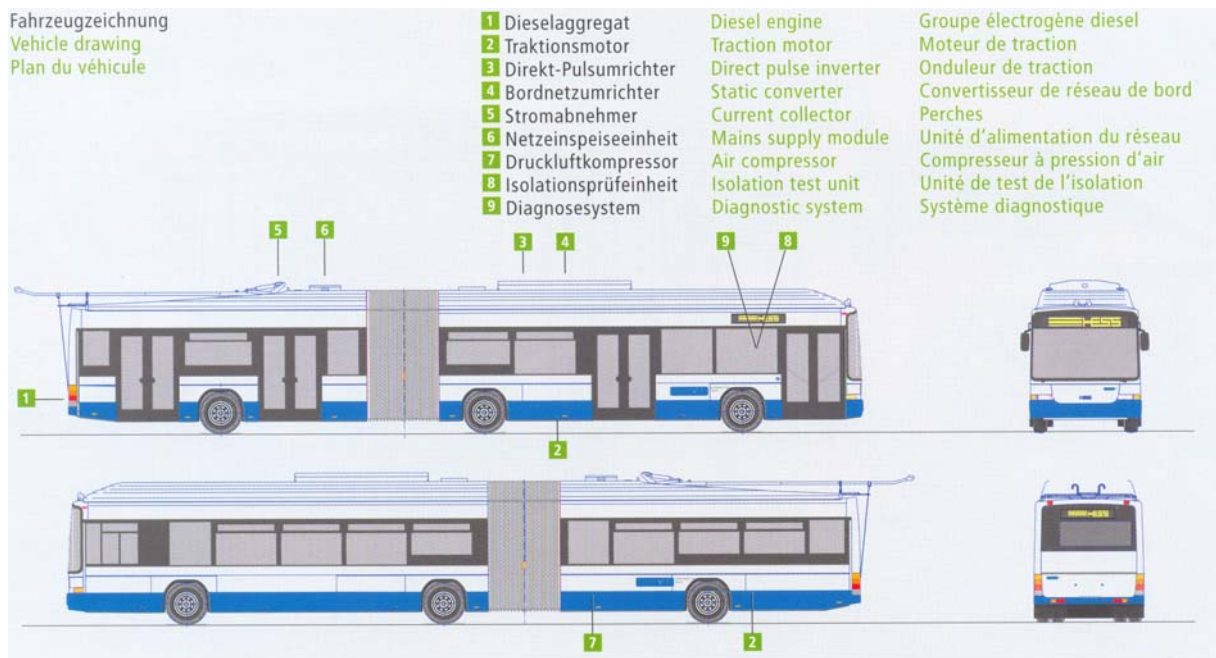
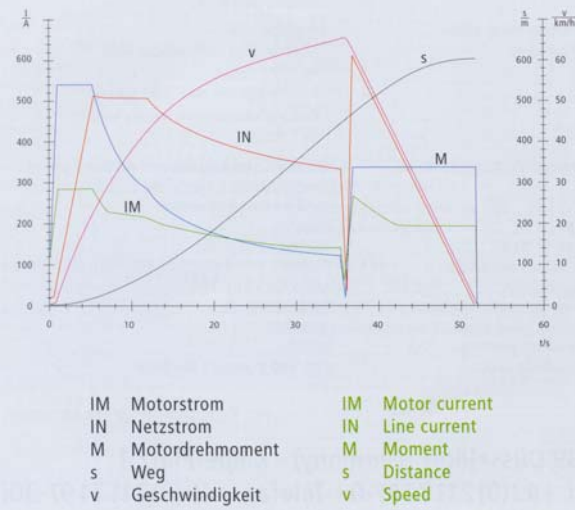


Bild 12 [E-Komponenten-Layout]

Gegenüber schienengebundenen 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 38t 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

Fahrschaubild für besetztes Fahrzeug  
Speed/distance chart of a vehicle full to capacity  
Diagramme de service de marche pour véhicule occupé



Dachgerätegehäuse mit zwei Direkt-Puls-Umrichtern und einem Bordnetz-Umrichter  
Roof equipment container with two direct pulse inverters and one static converter  
Caisson de toit avec deux onduleurs de traction et un convertisseur de réseau de bord

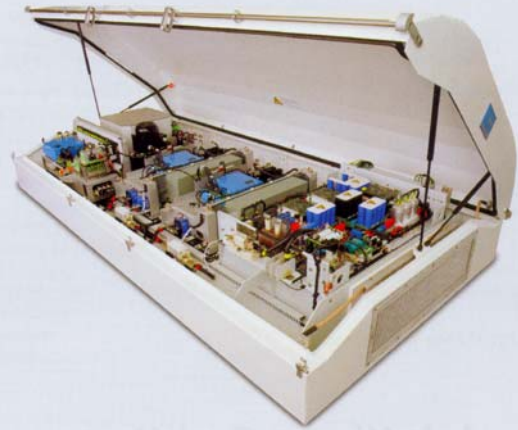


Bild 13 [Fahrdiagramm und Dachgerät]

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.

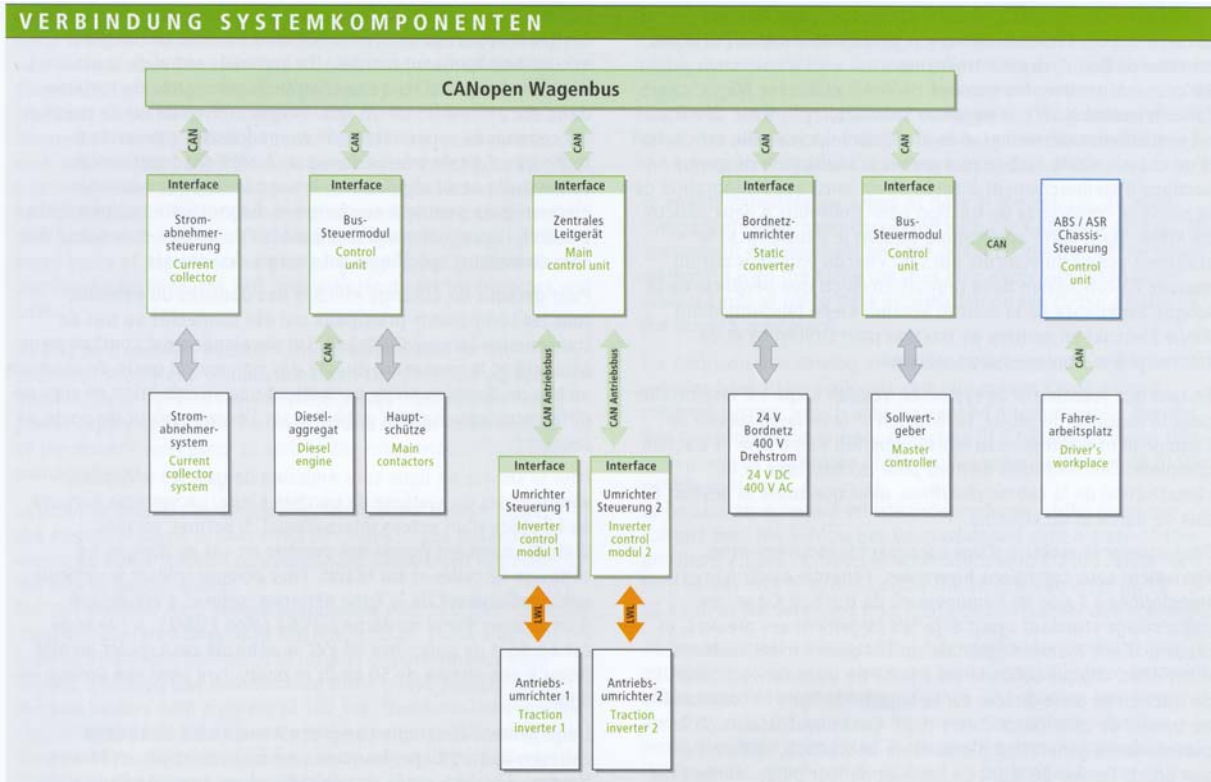


Bild 14 [CANopen-Wagenbus]

**TECHNISCHE DATEN**
**Mechanischer Teil**

Fahrzeug-Ausführung	3-achsiger Gelenk Trolleybus in 100 % Niederflertechnik
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
Nennzahl	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	
Ausgangsleistung	
Kühlung	
Merkmale	

Zwei IGBT-Direkt-Pulsumrichter  
Kiepe DPU 500  
DC 600 V (+ 25 %, - 30 %)

**Forcierte Luftkühlung**

- IGBT-Technik, Ansteuerung der Treiberstufen via Lichtleiter, Vorgabe der Pulsmuster durch Umrichtersteuermodul
- Ruckfreies Anfahr- und Bremsverhalten
- Kombinierte Nutz- und Widerstandsbremse
- Schleuder-Gleitschutz (ABS/ASR-Funktion)

**Bordnetzumformer**

Typ	
Eingangsspannung	
Ausgangsspannung	

Statischer Bordnetzumformer  
Kiepe BNU 500  
DC 600 V (+ 25 %, - 30 %)  
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	
Dieselmotor	
Mechanische Leistung	
Zertifizierung	
Drehzahlbereich	
Generatortyp	
El. Leistung	
Ausgangsspannung	

Vier-Zylinder Reihen-Dieselmotor mit angeflanschem permanent erregtem Synchrongenerator  
Kirsch  
IVECO  
95 kW  
nach EURO3  
1300 - 2700 min<sup>-1</sup>  
G80 PME  
80 kW  
DC 400 V bis 900 V

Bild 15 [Technische Daten]

## 10 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]