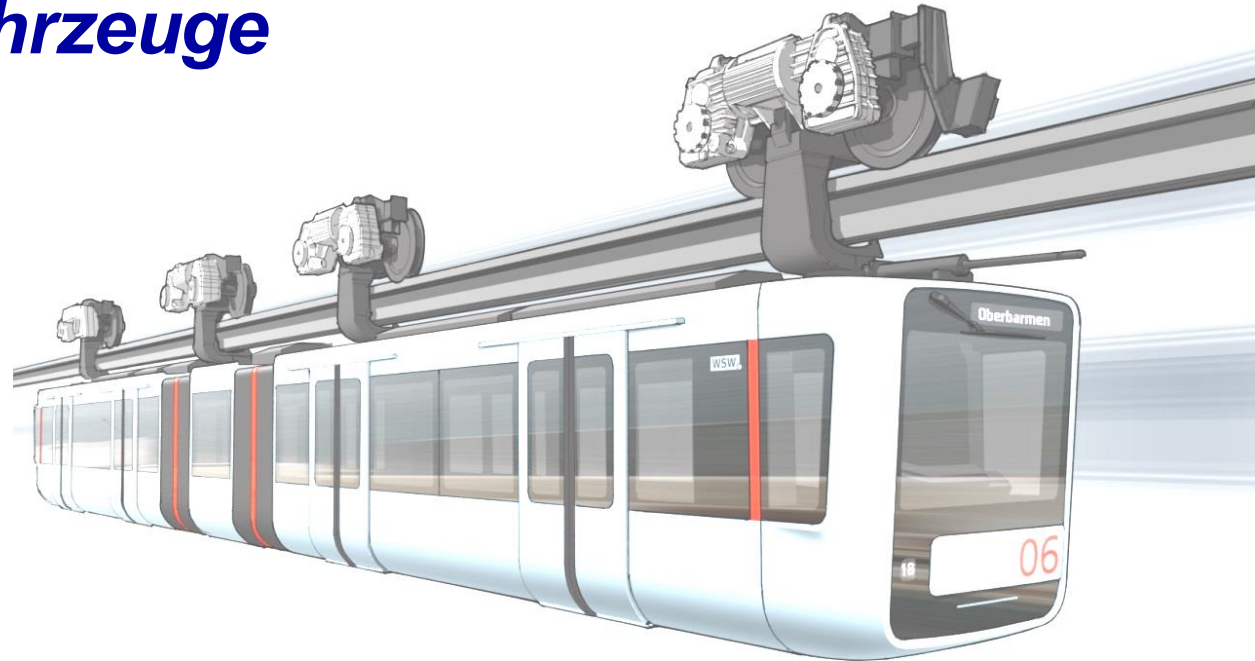


Neue Fahrzeuge der Wuppertaler Schwebebahn

Stand der Entwicklung der Fahrzeuge



PROSE München GmbH

Balanstraße 73, Geb. 7
D-81541 München
Deutschland
www.prose-muenchen.de

Vossloh Kiepe GmbH

Kiepe-Platz 1
40599 Düsseldorf
Deutschland
www.vossloh-kiepe.de

Dipl. Ing. Joachim Ebmeyer PROSE München GmbH
Dipl. Ing. (FH) Michael Zwank Vossloh Kiepe GmbH

Gliederung

- Die Wuppertaler Schwebebahn mit ihren Besonderheiten
- Grundlagen der Fahrzeugentwicklung
- Stand der Realisierung der neuen Fahrzeuge
Teil 1: Überblick mechanische Hauptkomponenten
Teil 2: Überblick elektrische Hauptkomponenten

Überblick Wuppertaler Schwebebahn



Foto: www.presse.uni-wuppertal.de

Überblick Wuppertaler Schwebebahn



Einschienebahn
→ Pendelverhalten

Einrichtungsbetrieb mit
9 m Wendeschleifen

Gewichtsbegrenzung
durch vorhandenes
Traggerüst

Beschränkter Lichtraum



Überblick Wuppertaler Schwebebahn

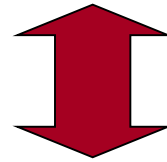
- eröffnet am 1. März 1901
- Streckenlänge 13.3 km, 20 Bahnhöfe
(4 Landstrecke, 16 Wasserstrecke)
- Abstand Bahnhöfe ca. 700 m,
Länge Bahnsteige min. 25 m
- 85'000 Passagiere / Tag, ca. 24 Mio. / Jahr
- 27 Fahrzeuge Baujahr 1972 bis 1975,
Fahrzeuglänge 25.5 m
- Gleichstrom 600 V, Versorgung Fahrzeuge über
Stromschiene

Anforderungen an die neuen Fahrzeuge

- Verbesserung der Leistungsfähigkeit und der Wirtschaftlichkeit
- Moderne Betriebsleittechnik
- Moderne Fahrzeuge nach heutigem Stand der Technik
- Fahrerarbeitsplatz mit moderner Ergonomie
- Erfüllung der aktuellen Brandschutzanforderungen

Anforderungen an die neuen Fahrzeuge

Anforderungen → Mehrgewicht und erhöhter Platzbedarf



Zielkonflikt

Gewichts- und Raumbegrenzung
durch vorhandene Infrastruktur / Strecke

Grundlage der Fahrzeugentwicklung

- Vergleichbare Fahrzeuge und die spezielle Entwicklungserfahrung sind nicht vorhanden (Sonderlösung)
- Spezifische Regelwerke fehlen
- Im Wesentlichen betriebliche Regelungen

Grundlage der Fahrzeugentwicklung

- Abstimmung Nachweiskonzepte für Festigkeit und Lauftechnik mit Gutachtern und TAB
- Spezifikation der Bemessungsgrundlagen / Bemessungslasten
- Abstimmung Vorgehen / Art des Nachweises Lichtraum
- Brandschutzkonzept

Messung der Lasten an den Bestandsfahrzeugen

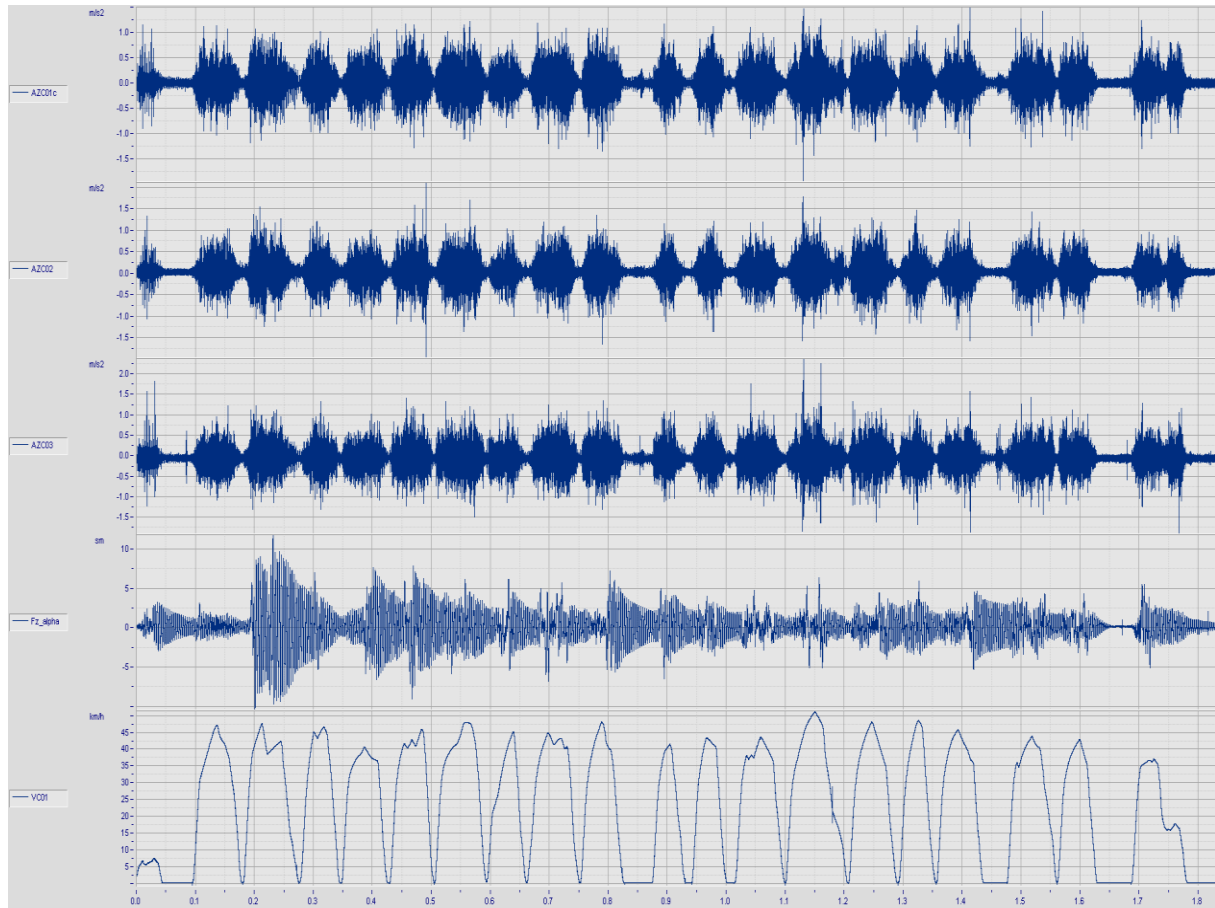


Ausrüstung der Fahrzeuge mit PROSE-Messtechnik



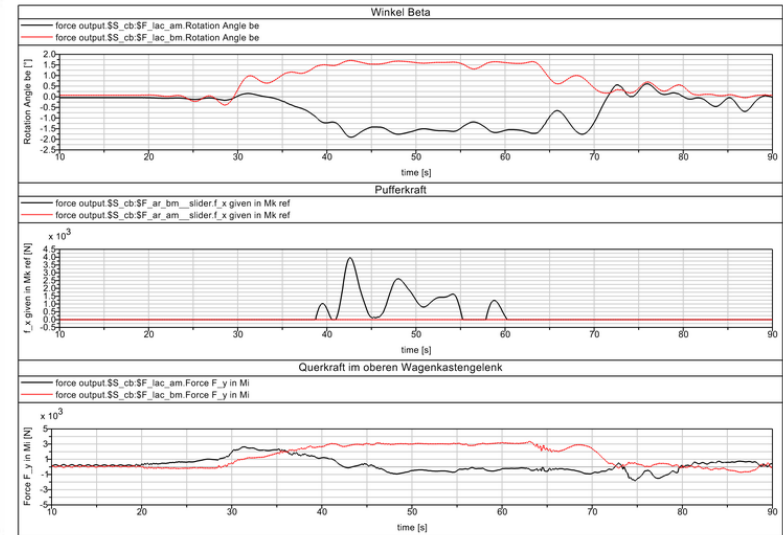
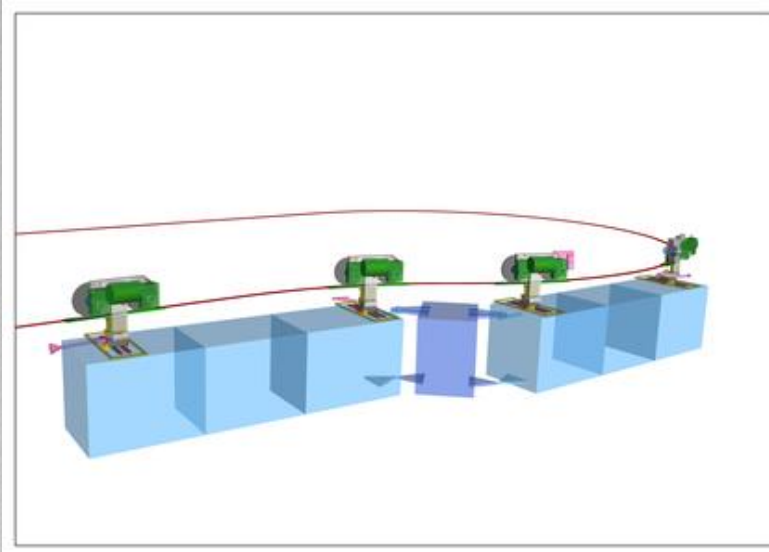
Realisierung der Fahrzeugzuladung

Messung der Lasten an den Bestandsfahrzeugen



gemessene Größen Streckenfahrt

Fahrdynamische Analysen (Ableitung Bemessungslasten)

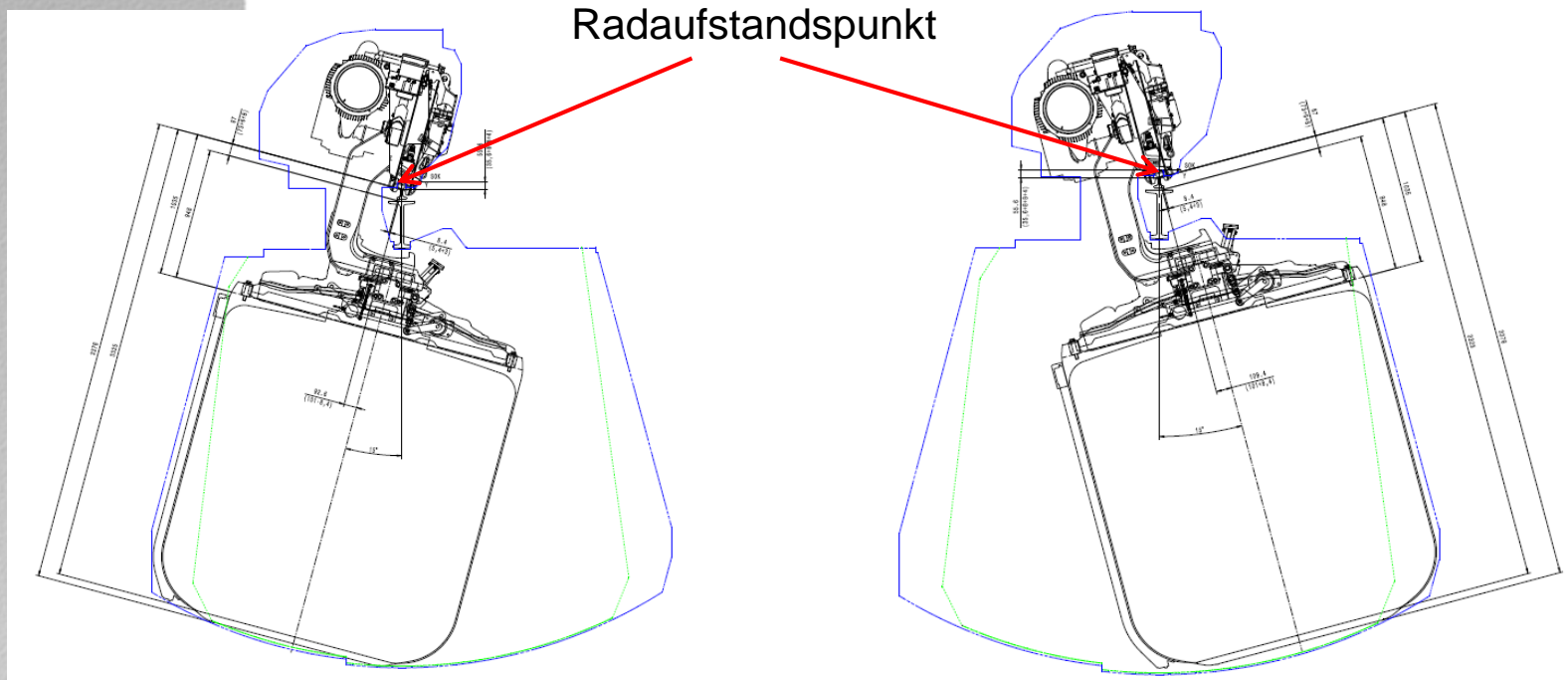


MKS-Analyse Modell und Ergebnis der 9m Bogenfahrt in der Wendeschleife

Nachweis kinematischer Freiraum Fahrzeug (Lichtraum)

- Abstimmung Nachweisverfahren
- Spezifikation der Einflussgrößen
(auf Basis MKS Analysen und in Anlehnung an
BOStrab-Lichtraum-Richtlinien)
- CAD und MKS Analysen zu den möglichen
Fahrzuständen
(Bahnhof / Strecke / Bogenlauf)

Nachweis kinematischer Freiraum Fahrzeug (Lichtraum)



Nachweis Lichtraum
(Schnitt durch Drehgestelle, 15 Grad Pendeln)

Designentwurf der neuen Fahrzeuge



Foto: www.neue-schwebbahn.de

Designentwurf der neuen Fahrzeuge



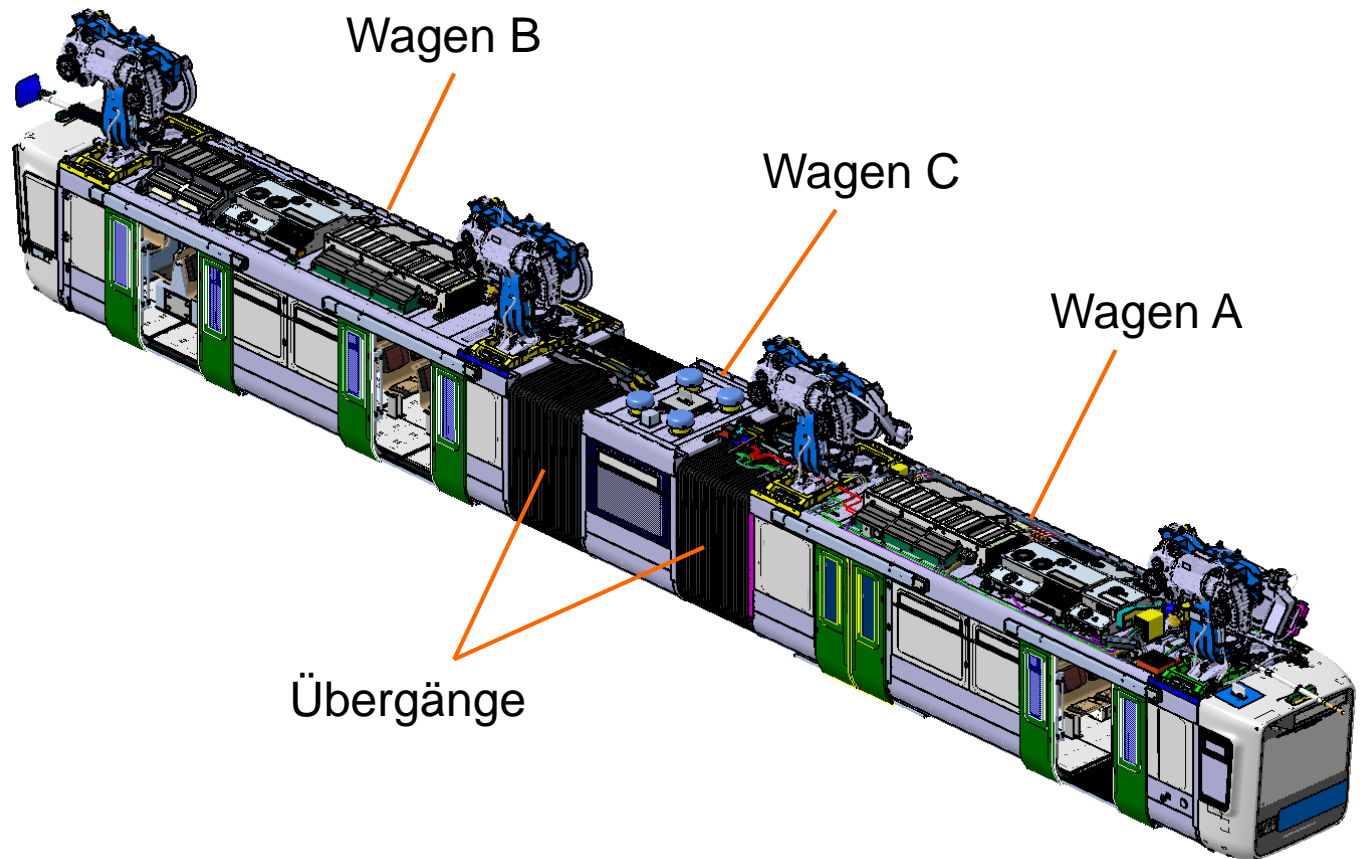
Designentwurf der neuen Fahrzeuge



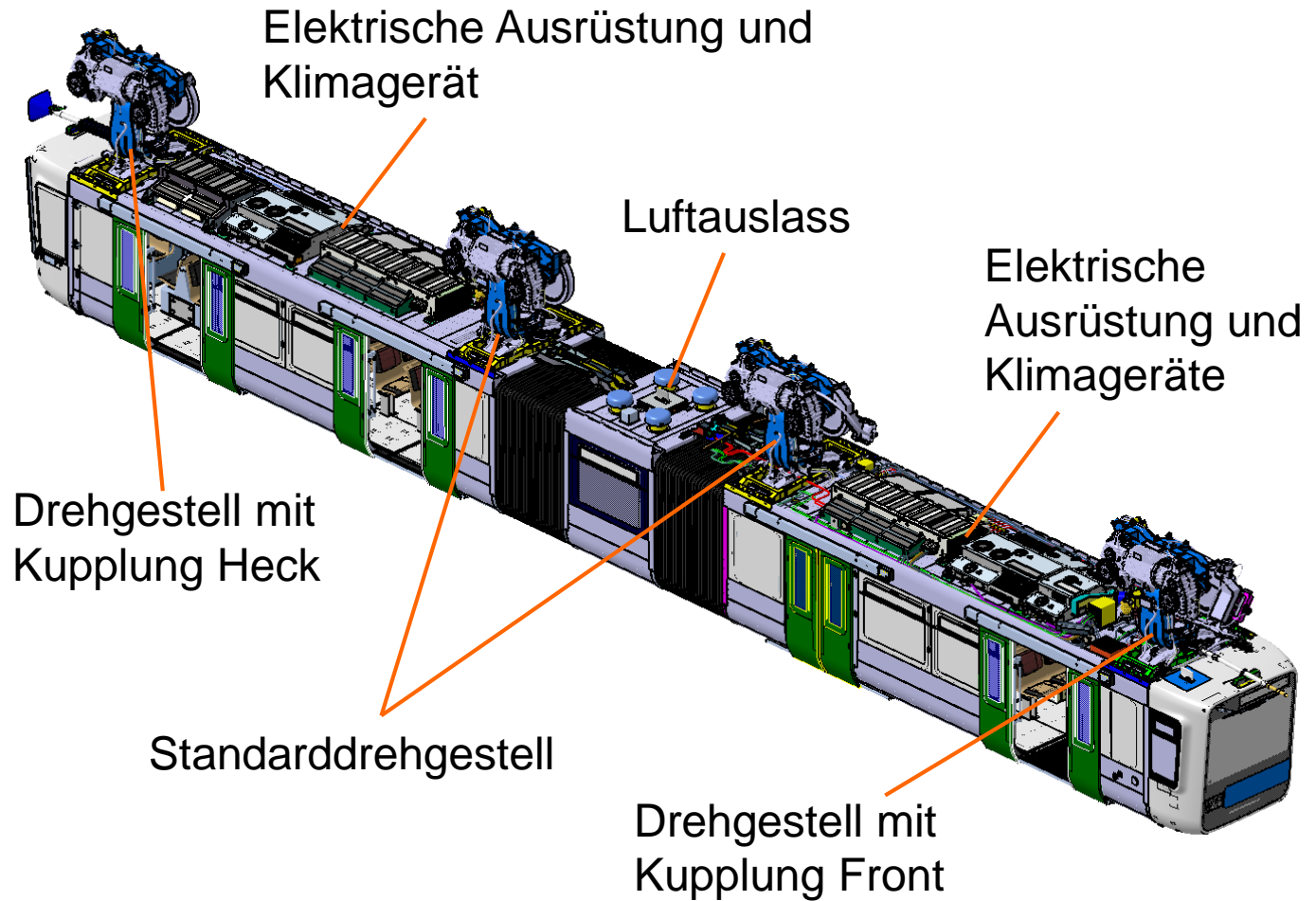
Fahrzeugdaten

Länge	25,5 m
Breite	2,2 m
Kapazität	130 Personen
Anzahl Sitzplätze	42
Stehplatzfläche	21,3 m ²
Gewicht Leerfahrzeug	25,6 t
Betriebliche Nutzlast	9,7 t
Maximalbeladung	14,1 t
Max. Geschwindigkeit	65 km/h
Betriebliche Beschleunigung	1,3 m/s ²
Motor	4x60 kW (asynchron)
Spannung	750 V/DC

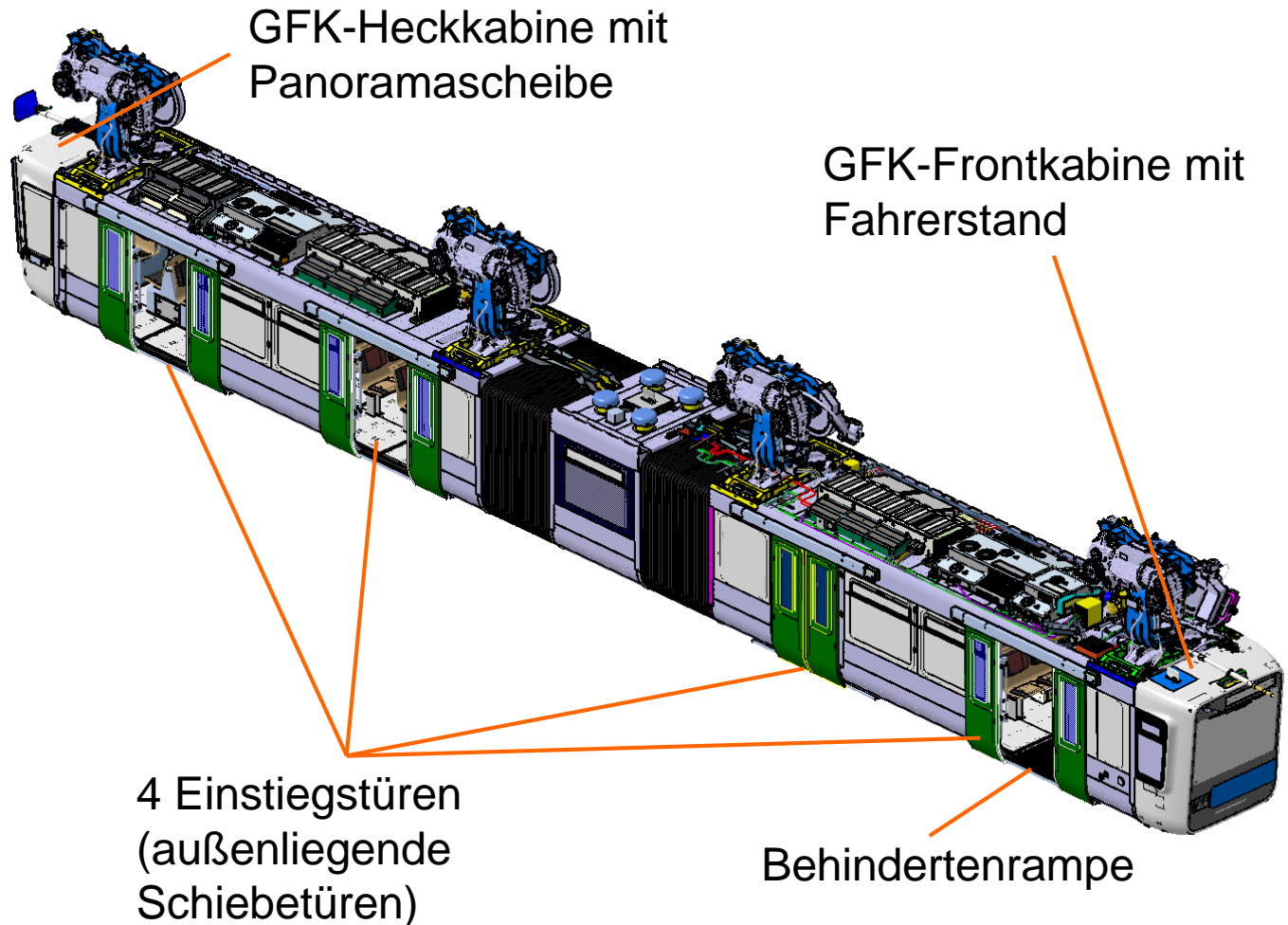
Fahrzeugkonstruktion



Fahrzeugkonstruktion



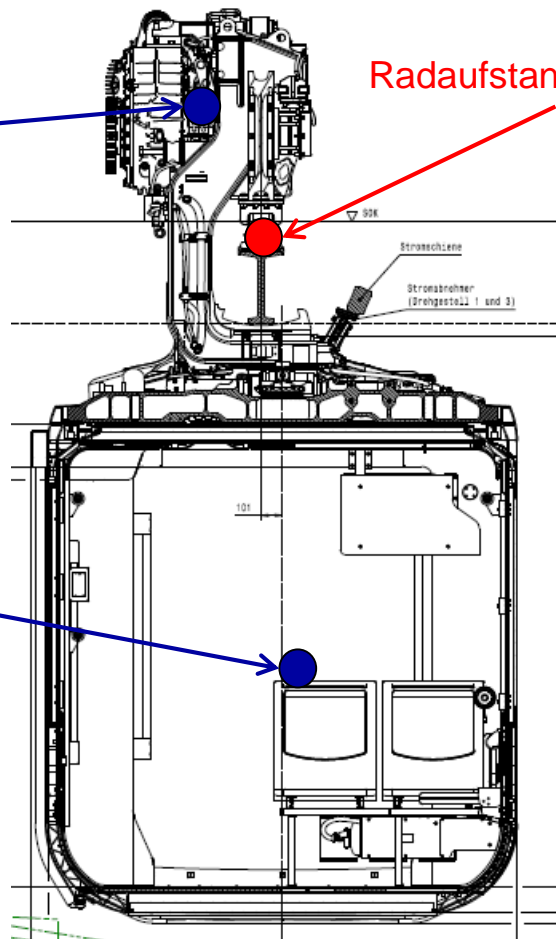
Fahrzeugkonstruktion



Fahrzeugkonstruktion Querschnitt

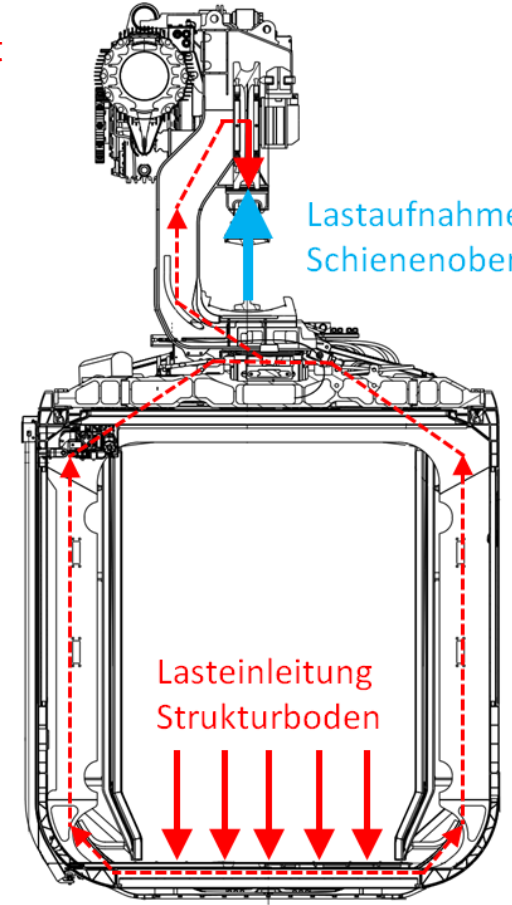
Schwerpunkt
Drehgestell

Radaufstandspunkt

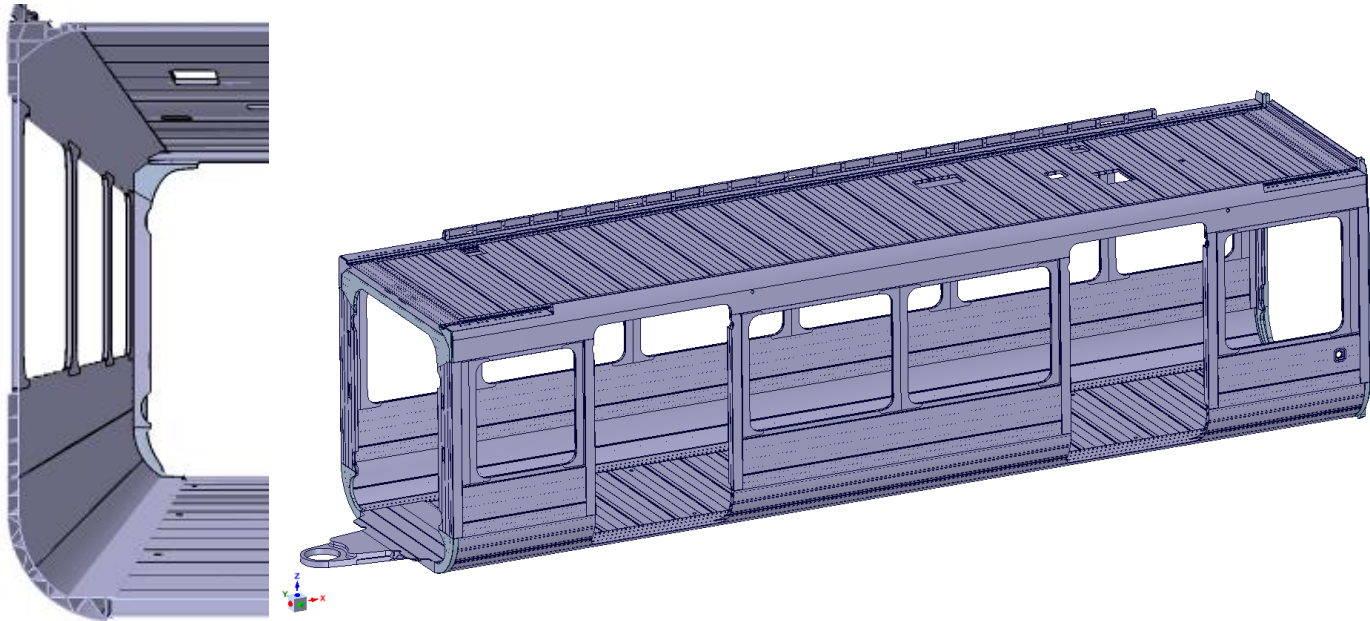


Schwerpunkt
Wagenkasten

Lastaufnahme
Schienenoberkante

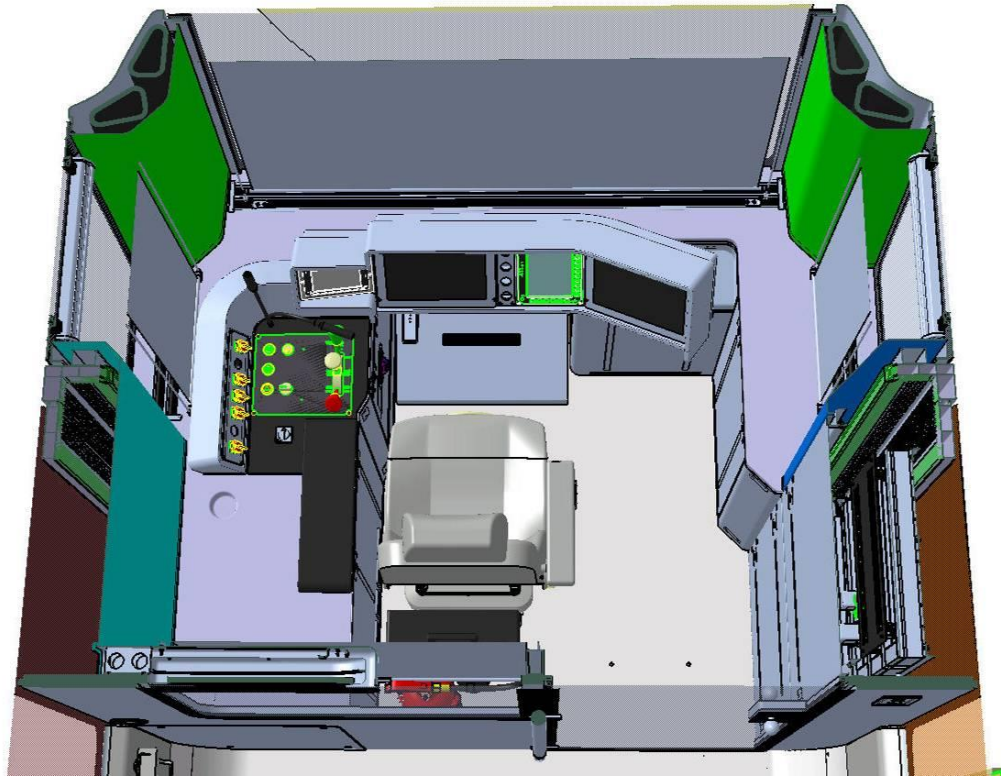


Wagenkasten



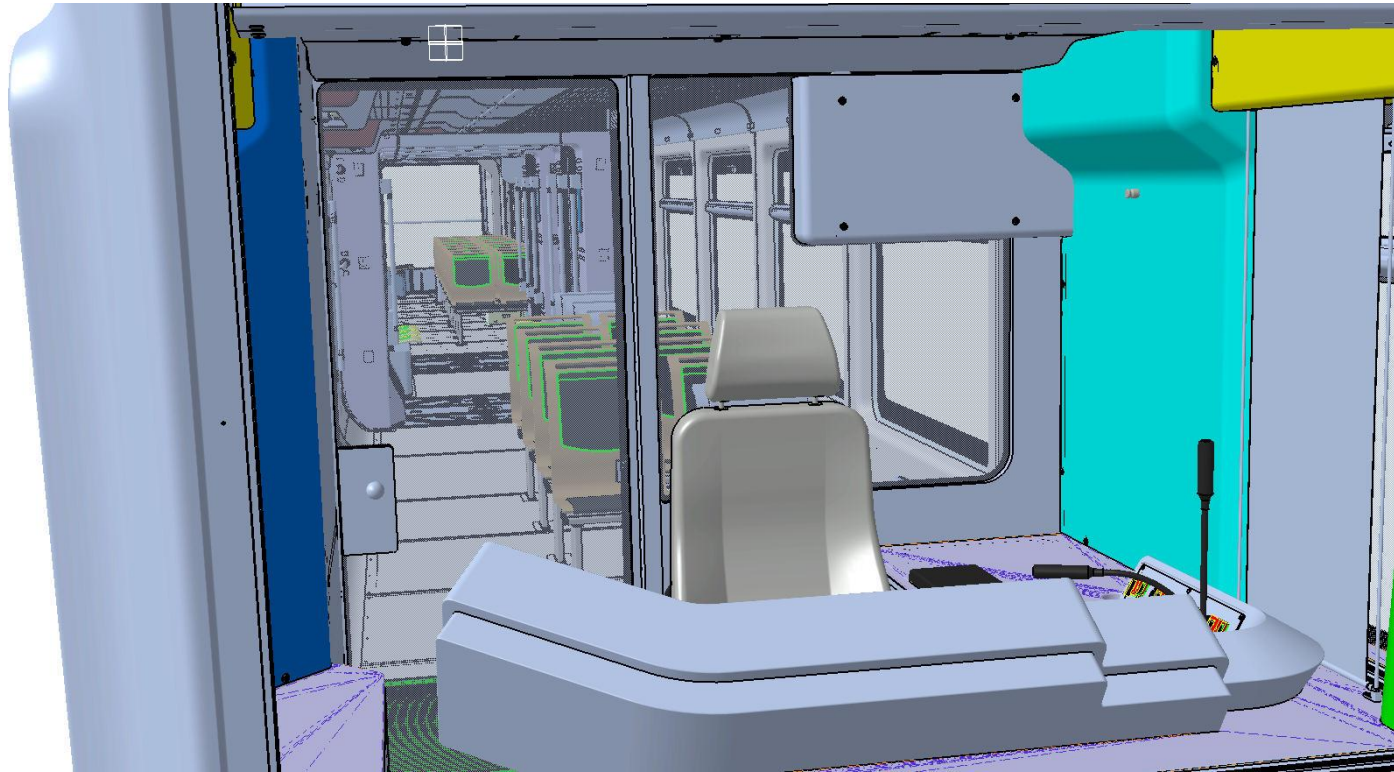
Wagenkasten in Aluminiumintegralbauweise

Fahrerkabine



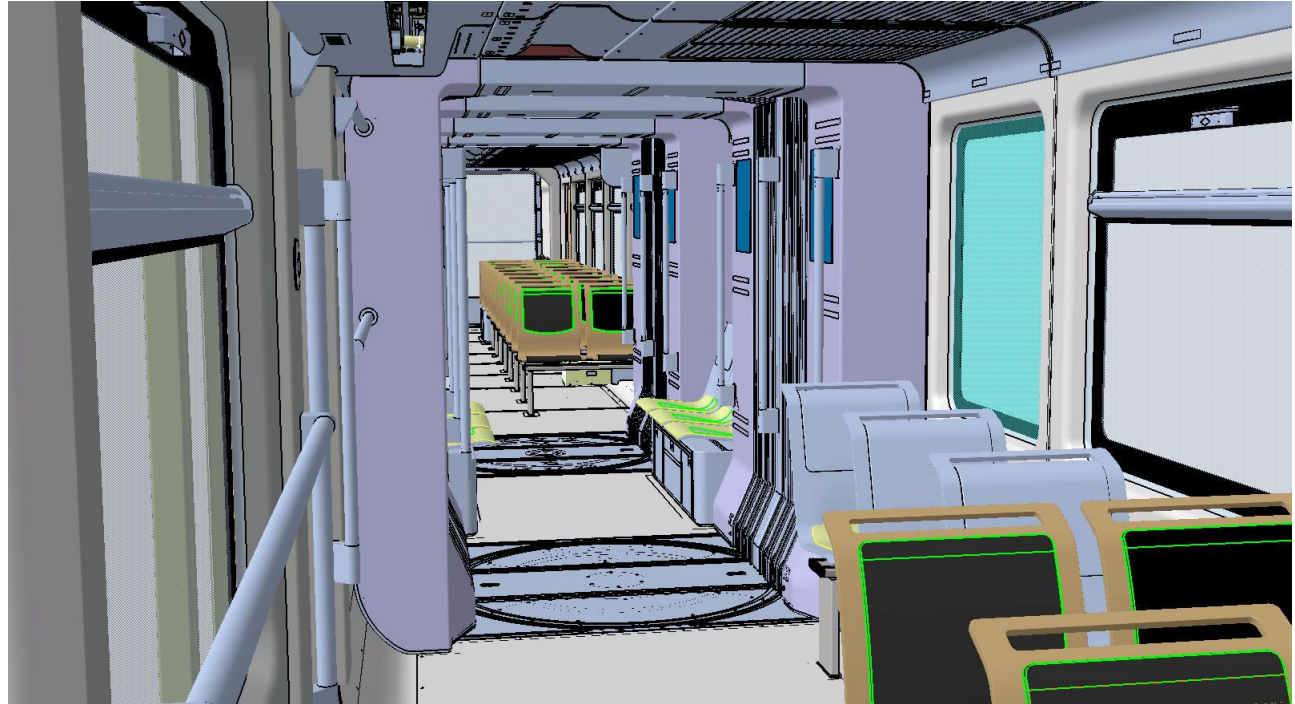
Fahrerstand mit Funktion und Ergonomie moderner
Nahverkehrsfahrzeuge

Fahrerkabine

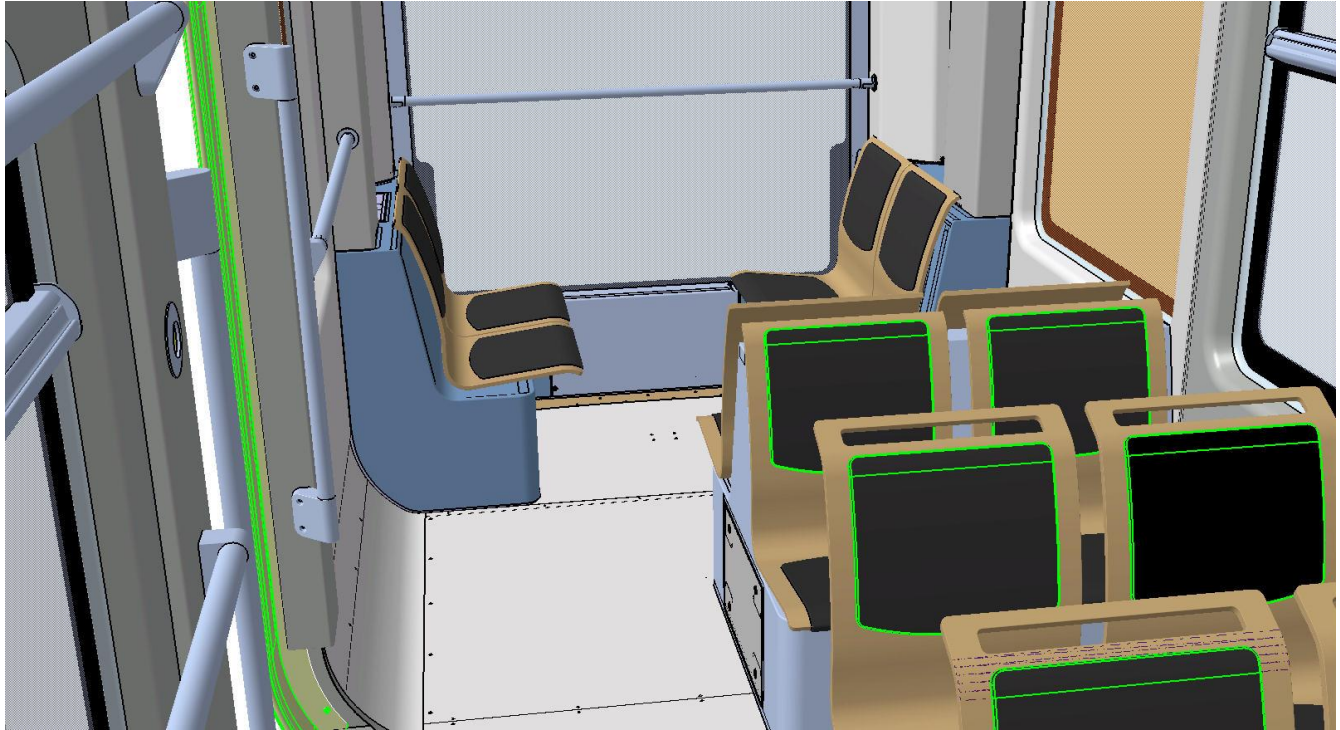


Blick vom Fahrerstand auf Fahrgastraum

Innenausbau - Fahrgastbereich



Innenausbau - Fahrgastbereich

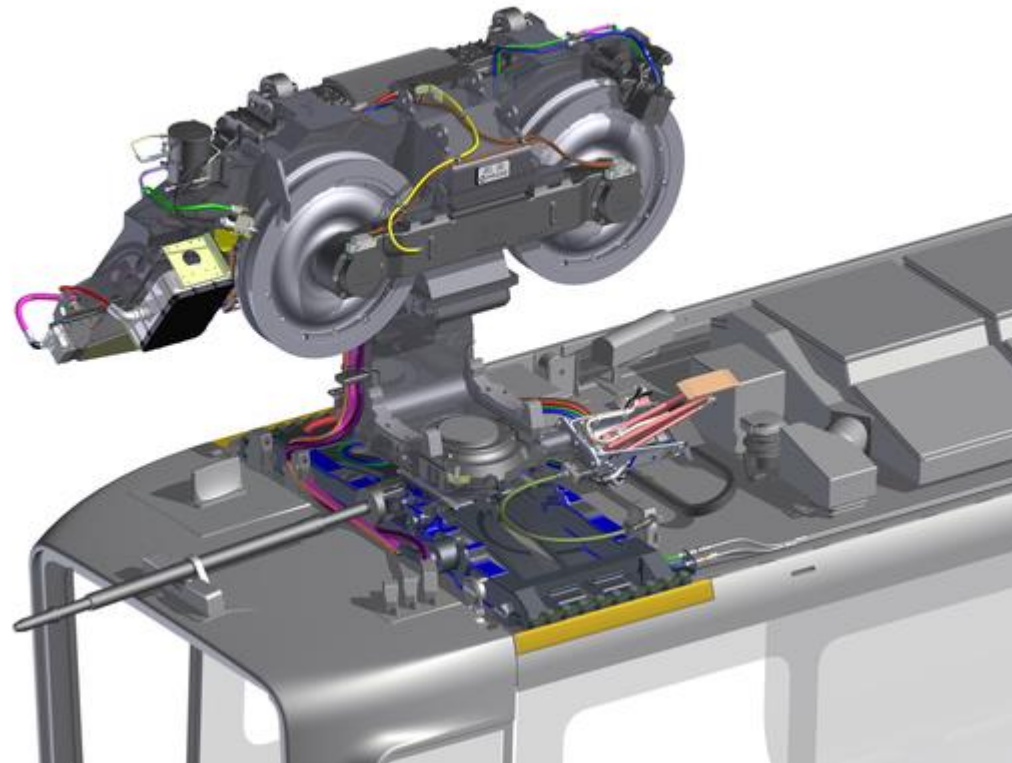


Fahrzeugheck



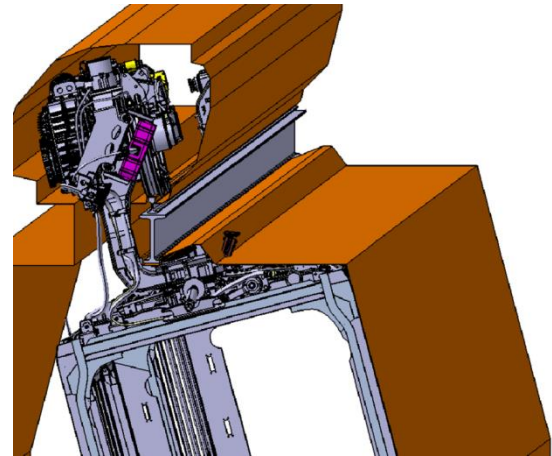
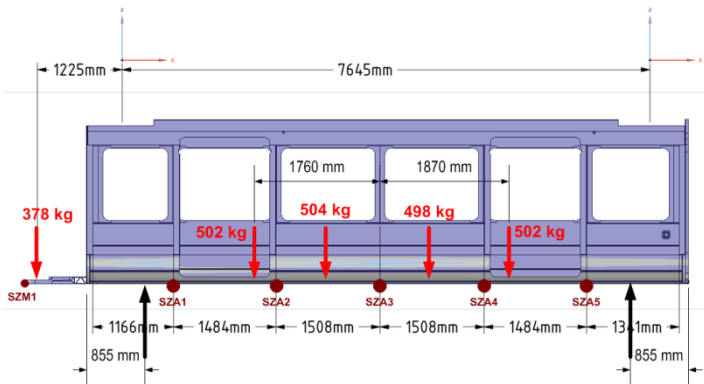
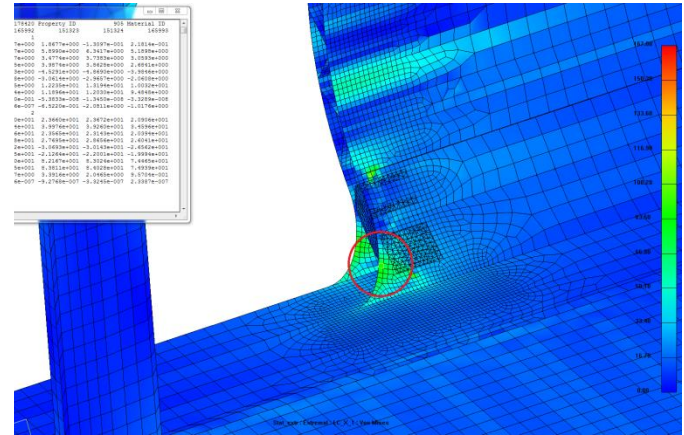
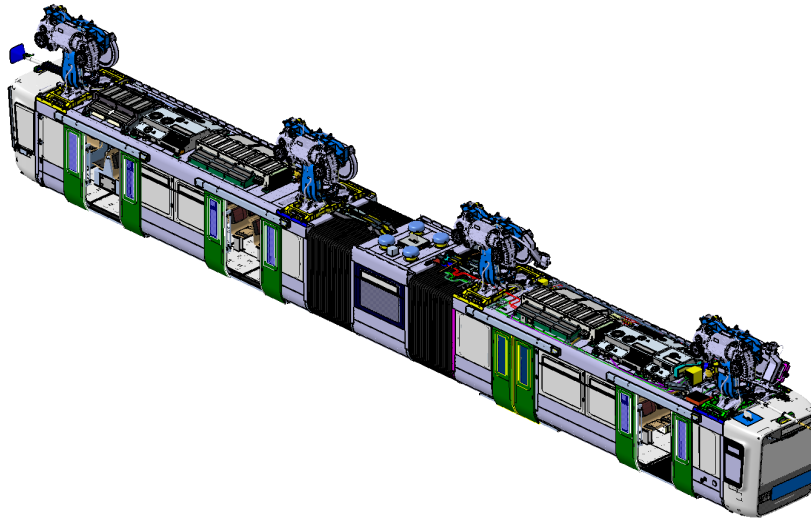
Blick vom Fahrzeugheck auf Fahrgastraum

Drehgestell



Drehgestell mit Anbindung an Wagenkasten

Stand Fahrzeugrealisierung mechanische Komponenten



Wagenkastenfertigung



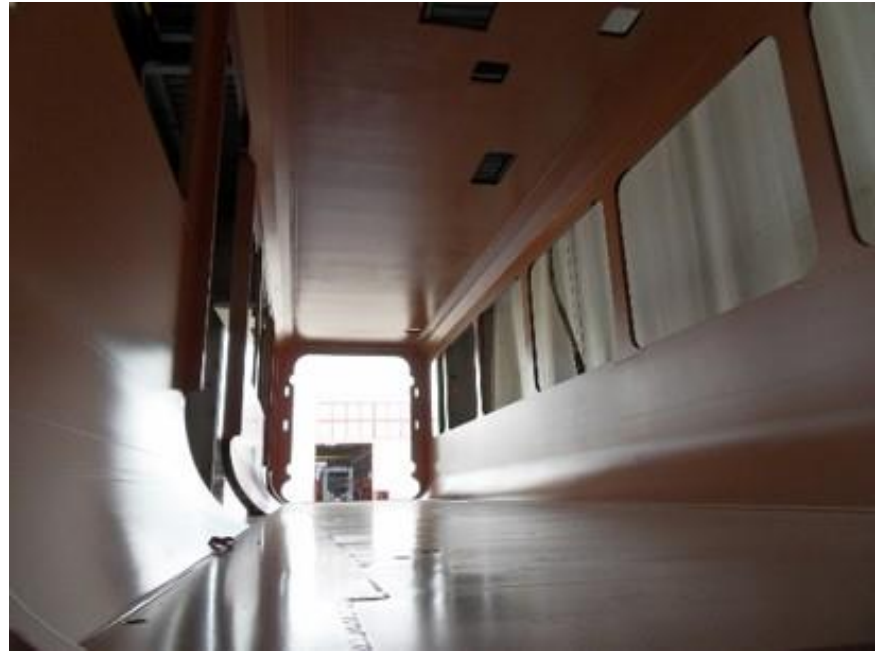
Wagenkasten auf Aufbaustand Firma HAI

Validierung Berechnungsmodell Wagenkasten



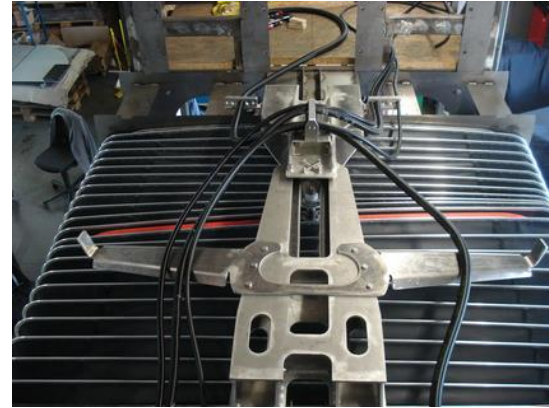
Messung der Wagenkastendurchbiegung

Lackierung Wagenkästen



Grundierter Wagenkasten bei Vossloh Valencia

Wagenübergang



Prüfung Kinematik und Verkabelung Übergang bei
Fa. ATG

Fahrzeugkopf



Getriebe

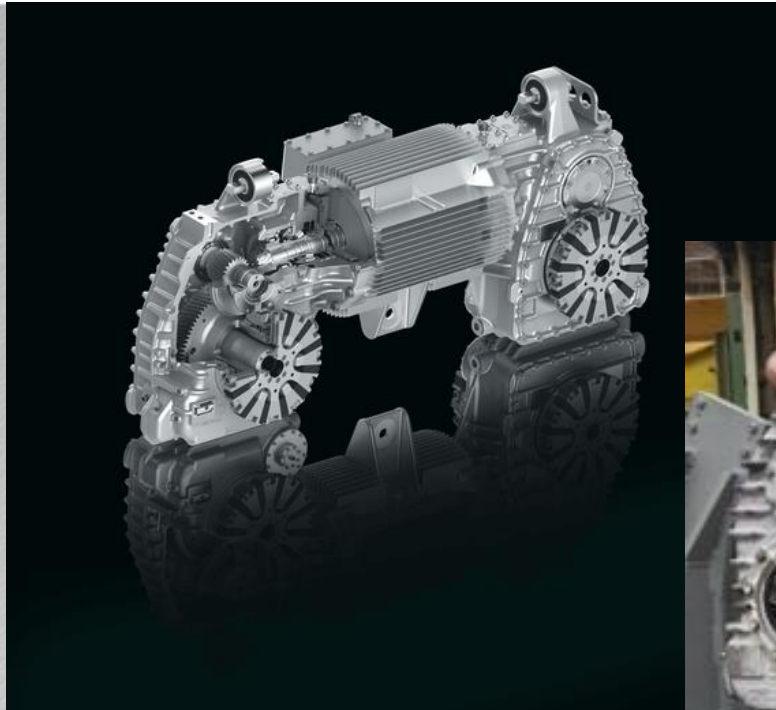


Foto: www.ZF.com



Test Getriebe

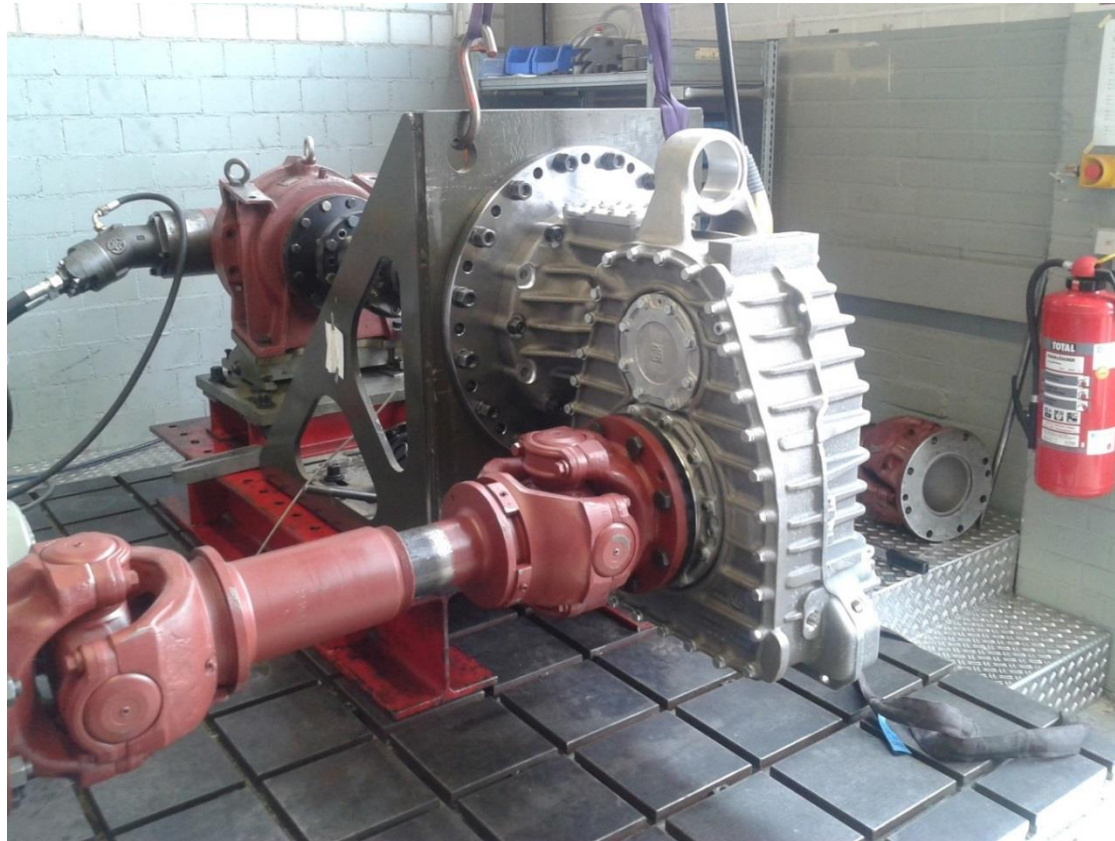


Foto: www.ZF.com

Leistungstest bei ZF

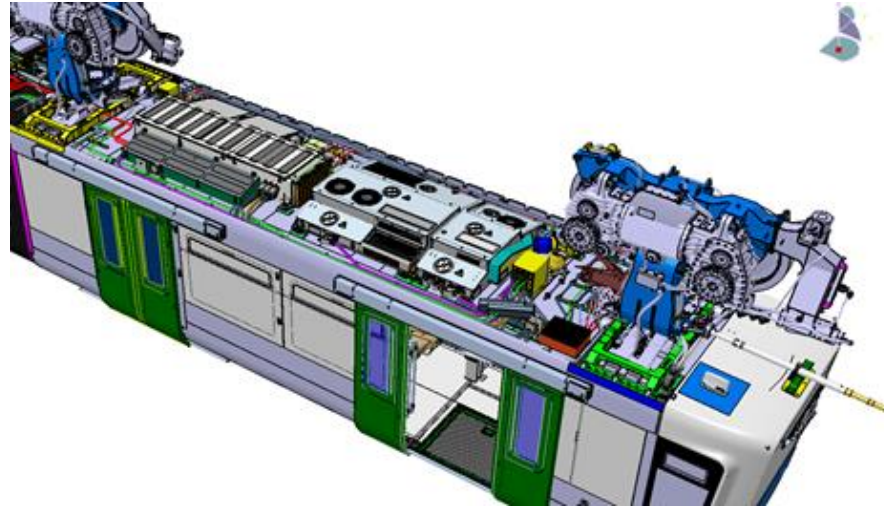
Fahrzeugrealisierung

Überblick / Entwicklungsstand
elektrische Komponenten

Anforderungen an die E-Technik

Hauptkriterien:

- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit
- Verbesserung der Leistungsfähigkeit
- Nutzung der Bremsenergie bei Rückspeisung
- Senkung der Wartungs- und Instandhaltungskosten
- Senkung der Standzeiten im Fehlerfall durch moderne Softwaretools



Elektrische Hauptkomponenten

- DC 750 V
- weitgehend in Gerätecontainern auf dem Fahrzeugdach angeordnet
- Herausforderung war der zur Verfügung stehende Bauraum

Antriebskonzept

- je ein Drehstrom-Asynchronmotor pro Drehgestell
- Antriebseinrichtung in zwei unabhängigen Gruppen
 - Jede Antriebsgruppe wird durch einen eigenen Stromabnehmer versorgt
 - Pro Gruppe speist ein Antriebsumrichter zwei Motoren eines Wagenteiles.
- bei Ausfall einer Antriebseinheit
 - eingeschränkter Betrieb
 - Reduzierung der Geschwindigkeit

Temperiergeräte Fahrerstand und Fahrgastraum



Fahrerstand



Fahrgastraum

- Heizen & Kühlen erfolgt über Temperiergeräte
- Fahrgastraum ist reines Frischluftgerät
 - Beheizung Fahrgastraum durch zusätzliche Untersitzheizgeräte
- Fahrerstand ist Mischluftgerät
 - Frischluft wird angesaugt und mit Umluft gemischt

Bremsen

- Wagenteil A und B besitzen je zwei voneinander unabhängige Bremssysteme
 - elektrodynamische Bremse
 - elektrohydraulische Bremse
- Energiequelle der elektrodynamischen Bremse:
 - kinetische Energie des Fahrzeuges
- Energiequelle der elektrohydraulischen Bremse:
 - vorgespannte Federpakete in den Bremssätteln.
- Alle Bremsen sind von der Fahrleitungsspannung unabhängig.
- Fahrzeug ist eine nach BOStrab unabhängige Bahn
 - Keine vom Kraftschluss zwischen Rad und Schiene unabhängige Bremse (Schienenbremse)
 - Keine Sandungsanlage

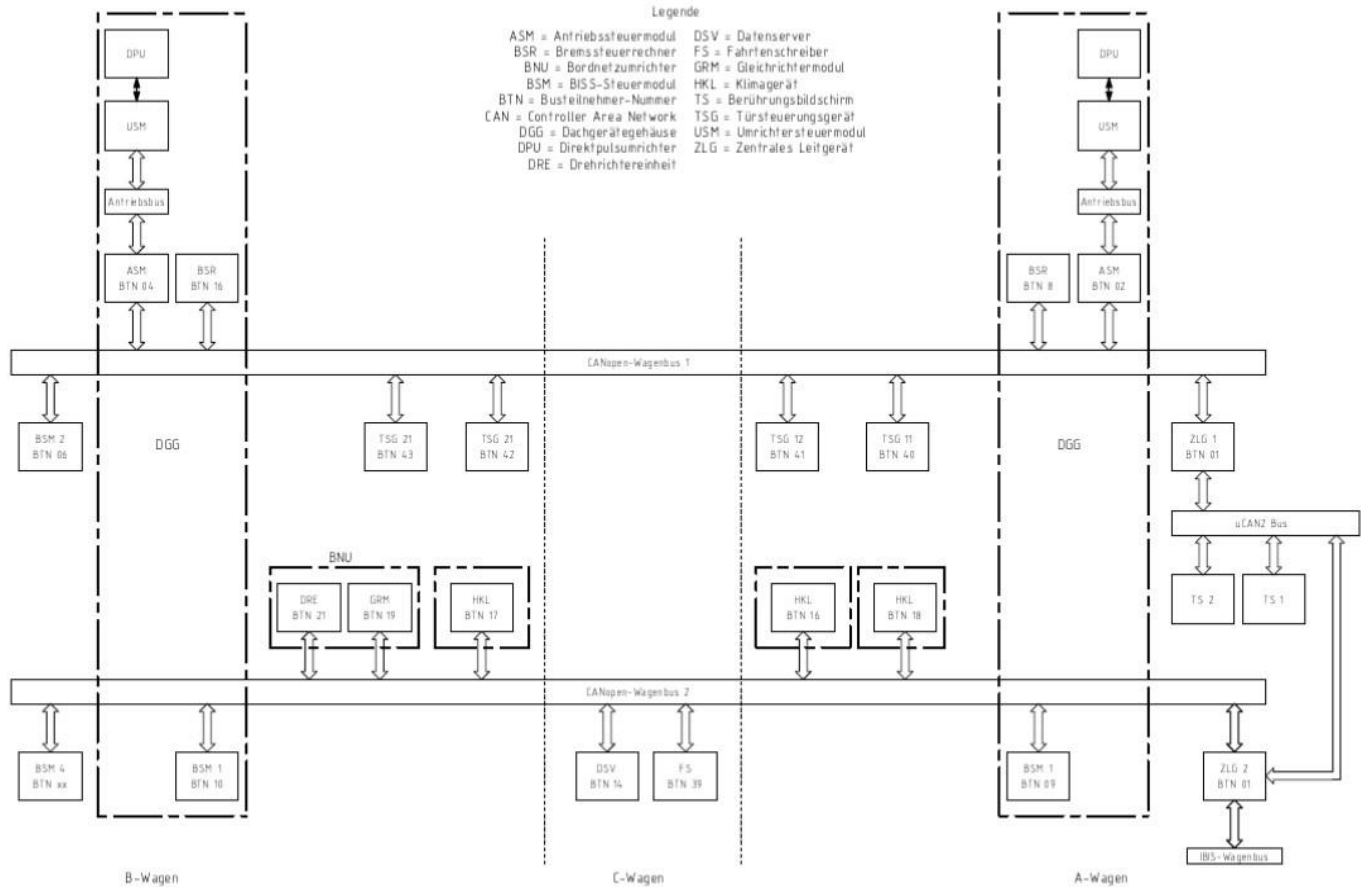
Bremssysteme

- Elektrodynamische Bremse (ED-Bremse):
 - Gleitschutz geregelt
 - lastkompensiert bis zweidrittel Last.
 - Die Verzögerung bei einer Betriebsbremsung erfolgt nur mit der ED-Bremse.
- Elektrohydraulische Bremse (EH-Bremse):
 - Pro Drehgestell ein hydraulisch betätigter Bremsattel
 - Bremsung auf Außenflächen des jeweils nachlaufenden Rades
 - Zwei Bremsättel eines Wagenteils werden jeweils über ein Hydrogerät angesteuert
 - Pro Hydrogerät ist ein Proportional- und ein Notbremsventil verbaut.
 - Prop. Ventil Bremsdruck wird sollwertabhängig und gleitschutzgeregelt über Bremssteuergerät eingestellt.
 - Notbremsventil arbeitet mit fest eingestelltem Bremsdruck

Steuerungskonzept Schwebbahn

- Steuerungskonzept:
 - Die Signalübertragung über Hardware (Leitungen) wie über Software (CAN Bussystem)
 - Sicherheitskritische Funktionen werden nur elektro-mechanisch ausgeführt, d.h. Leitungen, Schütze und Relais
 - Übertragungsmedium Datenbussysteme dienen der Fahrzeugüberwachung und Fehlersuche
 - Signale werden in Telegrammen nach dem CANopen Protokoll übertragen.
 - Datenbussysteme sind galvanische getrennt um Rückwirkungsfreiheit zu gewährleisten

Steuerungskonzept Schwebebahn



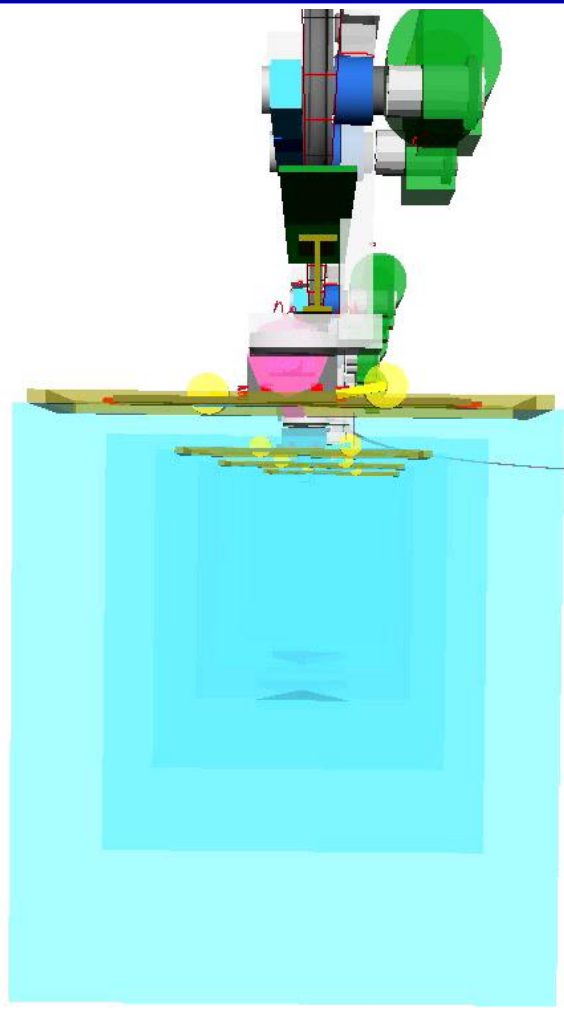
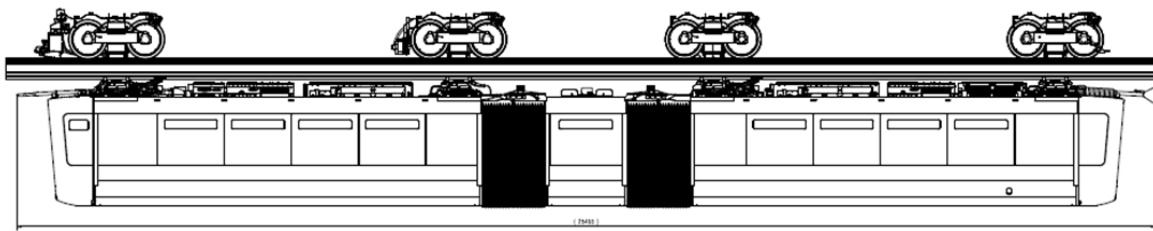
Übersicht CAN-Steuergeräte Architektur

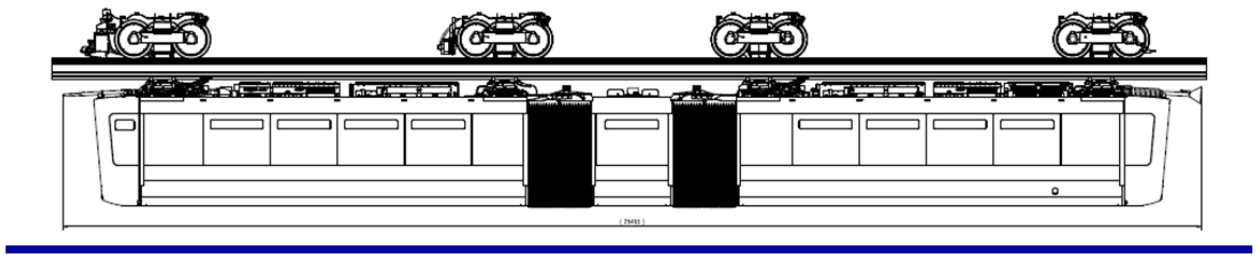
Ausblick

- Die Hauptbaugruppen befinden sich in der Fertigungsphase
- Fertigung der Drehgestelle, Ausbau der Fahrzeug und die statische Inbetriebnahme erfolgen bei Vossloh Rail Vehicles im spanischen Valencia
- Parallel werden Bauteilversuche zum Nachweis der Bauteilfestigkeit absolviert
- Dynamische Testphase 1.Fahrzeug ab Anfang 2016 in Wuppertal (ca. 6 Monate)
- Abschluss ist die Zulassung der Fahrzeuge bei der technischen Aufsichtsbehörde (TAB) in Düsseldorf

 PROSE

 vosslöh
KIEPE





**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**