# 38. Tagung „Moderne Schienenfahrzeuge“

## Die neue Straßenbahngeneration Tango

Technik, Einsatzgebiet, Inbetriebsetzung und

Erfahrungen aus dem Betrieb

Referenten: Dipl.-Ing. Jörg Filter, BOGESTRA
Dipl.-Ing. Ronny Wandtke, STAP



BOGESTRA

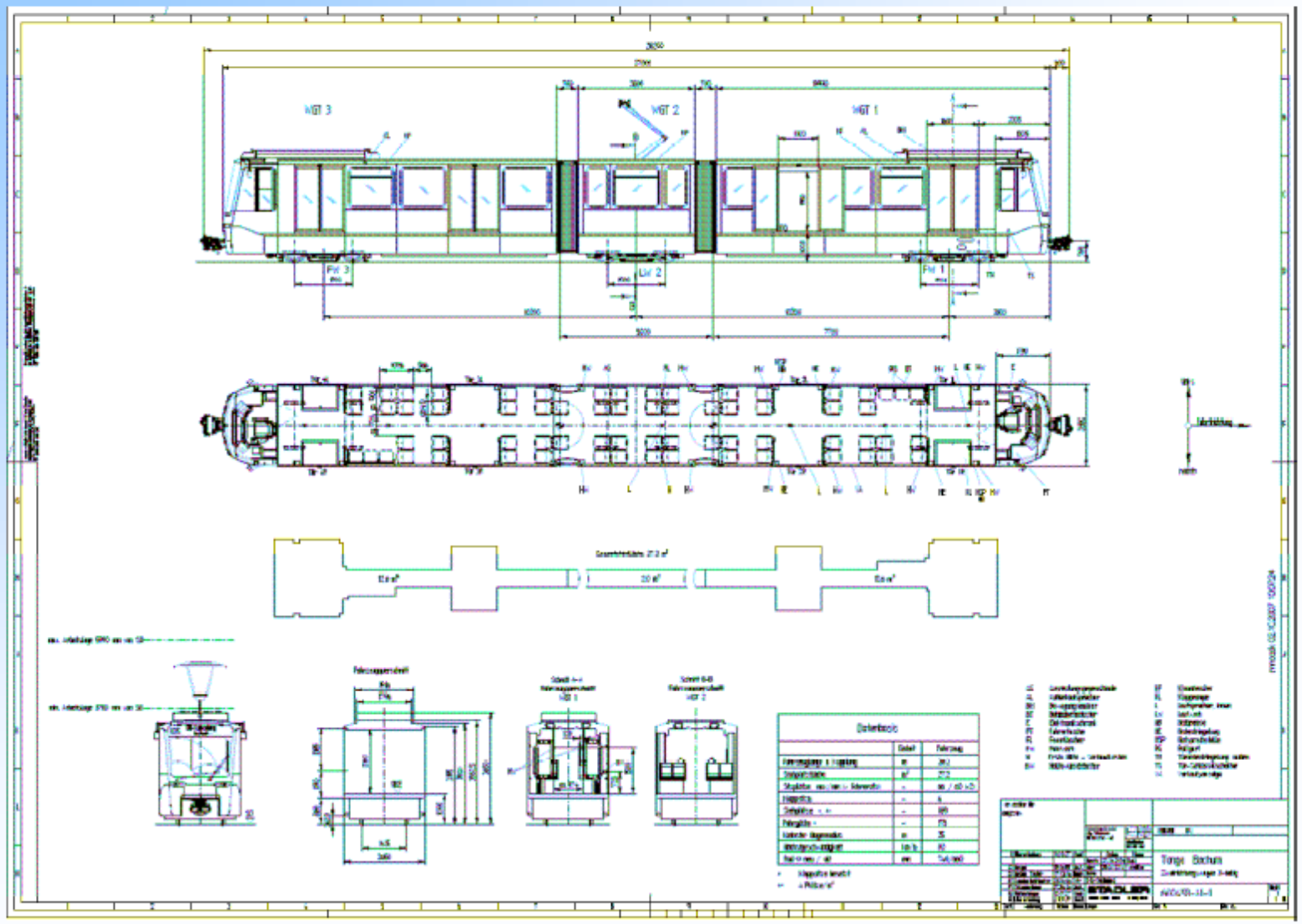
STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 1. Fahrzeugkonfiguration

| | |
|---|---|
| Kunde | Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG (BOGESTRA) |
| Anzahl der Fahrzeuge | 6 |
| Erste Lieferung | 2007 |
| Fahrzeuglänge | 28.200 mm |
| Fahrzeugbreite | 2.650 mm |
| Höhe über Dachgeräten | 3.650 mm |
| Fußbodenhöhe HF | 1.000 mm |
| Leergewicht | 38.300 kg |
| Spurweite | 1.435 mm |
| Außenschwenktüren | 4 je Seite |
| Raddurchmesser | 740 mm (neu) |
| Fahrdrahtspannung | 750 V |
| Antrieb | 4 x 125 kW |
| Max. Geschwindigkeit | 80 km/h |
| Sitzplätze | 66 (inkl. 6 Klappsitze) |
| Stehplätze (4 Pers./m$^2$) | 109 |
| Min. Kurvenradius | 25 m |

BOGESTRA
STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 1. Fahrzeugkonfiguration



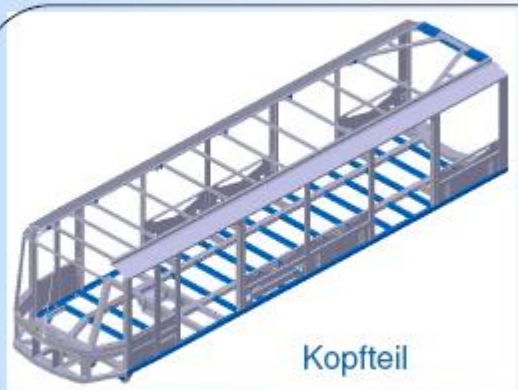



BOGESTRA

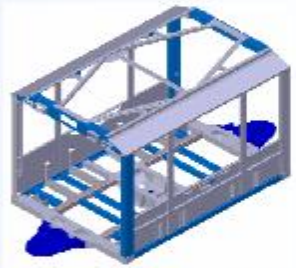
STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 1. Fahrzeugkonfiguration Baukastensystem

Heizung-Lüftung / Klimatisierung

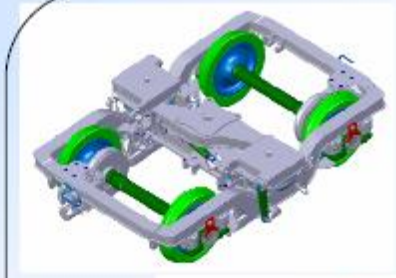


Kopfteil

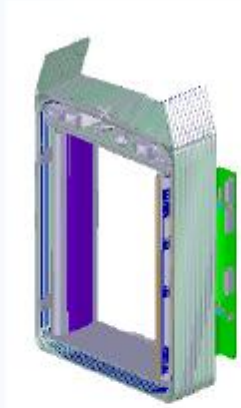


Mittelteil

Frontpartien



Drehgestell



Übergang



BOGESTRA

STADLER

Clevere Lösungen auf der Schiene

# 1. Fahrzeugkonfiguration Außenanbauten

- Außen:

  Aufgeklebte GFK-Teile sorgen für eine ebene und leicht zu reinigende Oberfläche

- Innen:

  Wahlweise geschraubte oder gefügte Verkleidungselemente

  Sitzsystem ist ausgelegt für unterschiedliche Sitztypen

BOGESTRA
STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 1. Fahrzeugkonfiguration Rohbau

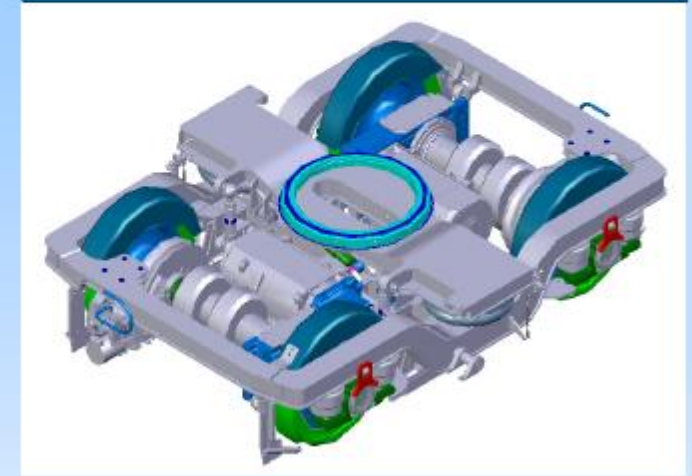
**Technische Daten:**

- Gelenkverbindungen durch einzigartige Kugeldrehkränze
- Außenwandaufbau in Klebetechnologie mittels GFK, Edelstahl, Aluminium
- Breiten: 2,3 m bis 2,65 m
- Längen: je Modul von 3 m bis 10 m
- Längsdruckfestigkeit: 200 kN bis 600 kN

BOGESTRA
STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 1. Fahrzeugkonfiguration Drehgestelle

**Drehgestelle:**



Optional:

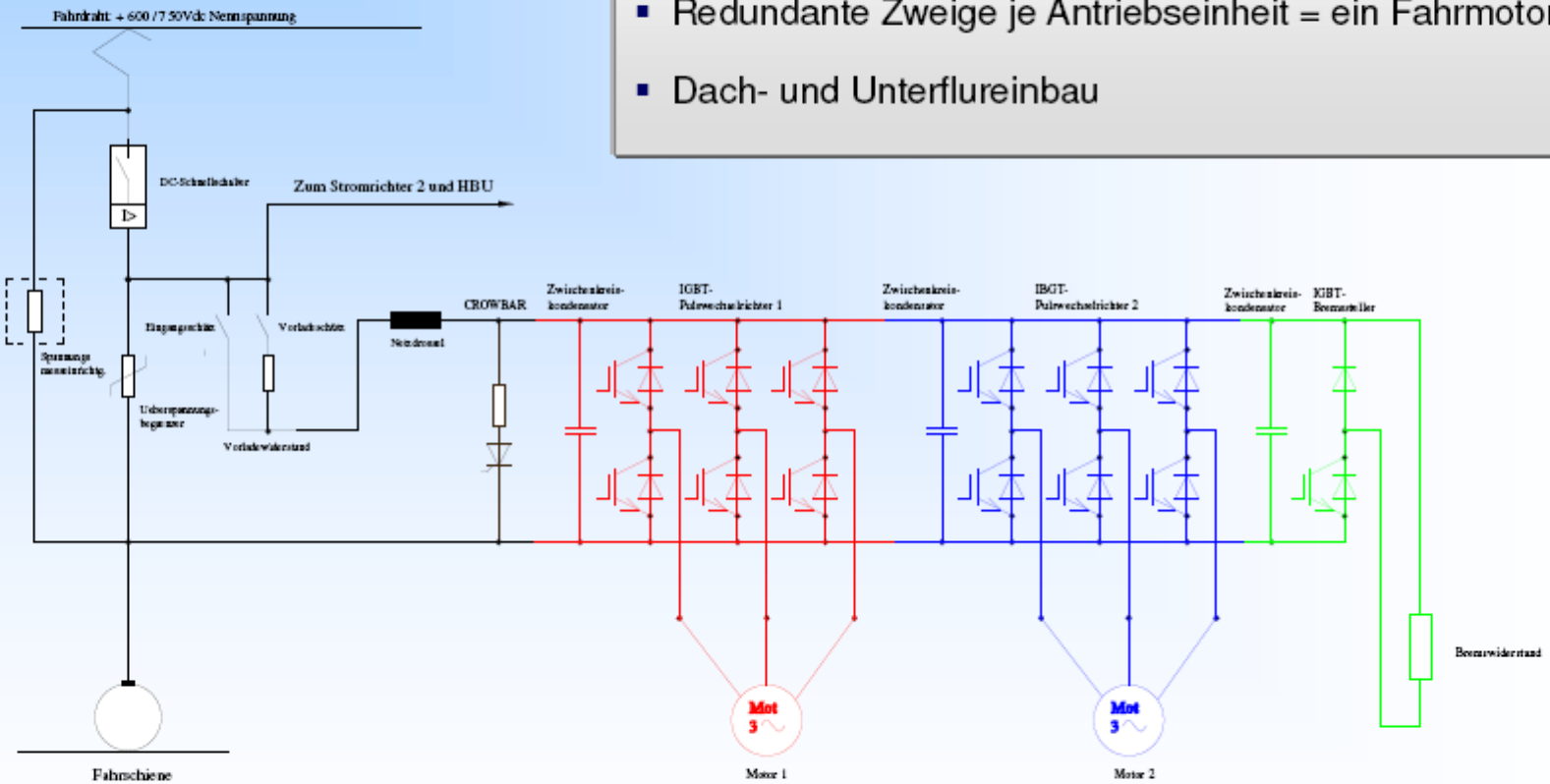
- Normal- und Meterspur Trieb- und Laufdrehgestelle
- Antrieb durch Fahrmotor / Getriebe 85 bis 125 kW
- Raddurchmesser 740 mm – 620 mm
- Bremssystem Hydraulik / Pneumatik
- Luft- oder Stahlfeder



BOGESTRA
STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 1. Fahrzeugkonfiguration Antriebstechnik

- Antriebsleistung von 85 kW – 125 kW pro Motor
- Antrieb über Getriebe
- Redundante Zweige je Antriebseinheit = ein Fahrmotor
- Dach- und Unterflureinbau



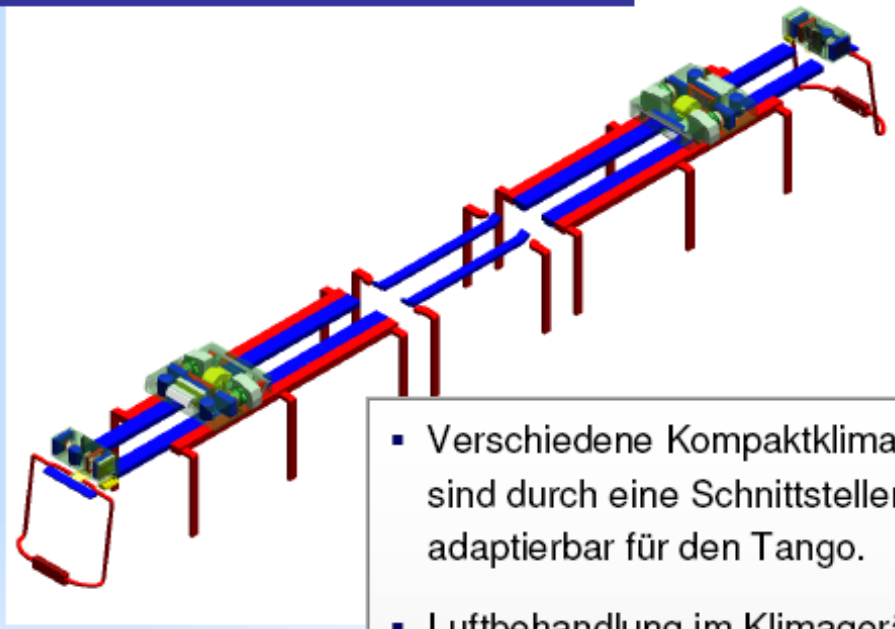



BOGESTRA

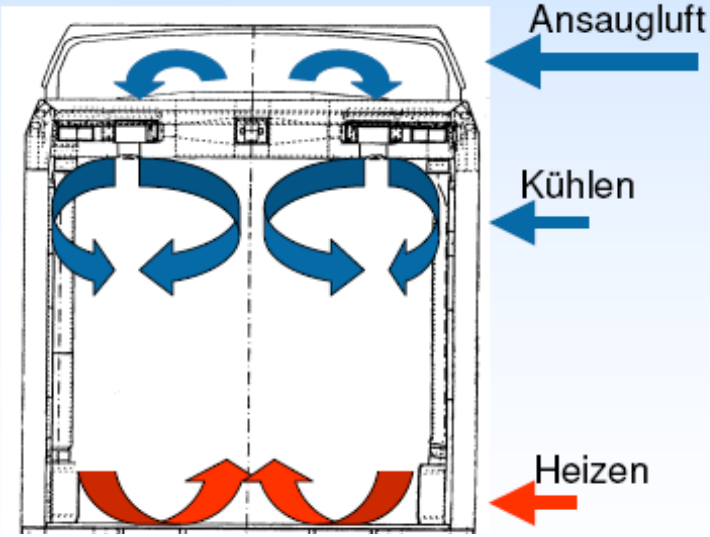
STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 1. Fahrzeugkonfiguration Klimatisierung

- modulares Gesamtsystem
- Kalt- und Warmluftsysteme
- schnelle Reaktionszeit
- Nachrüstfähig
- Ausgelegt nach **EN-Norm 14750** und **EN 14813**



- Verschiedene Kompaktklimageräte sind durch eine Schnittstellendefinition adaptierbar für den Tango.
- Luftbehandlung im Klimagerät
- separate Warmluft und Kaltluftkanäle verteilen die Luft in der Fahrzeugdecke
- Kaltluftwalzen sorgen für angenehme, zugluftfreie Klimatisierung
- Warmluftausblasung an den Tür- und Portalsäulen.

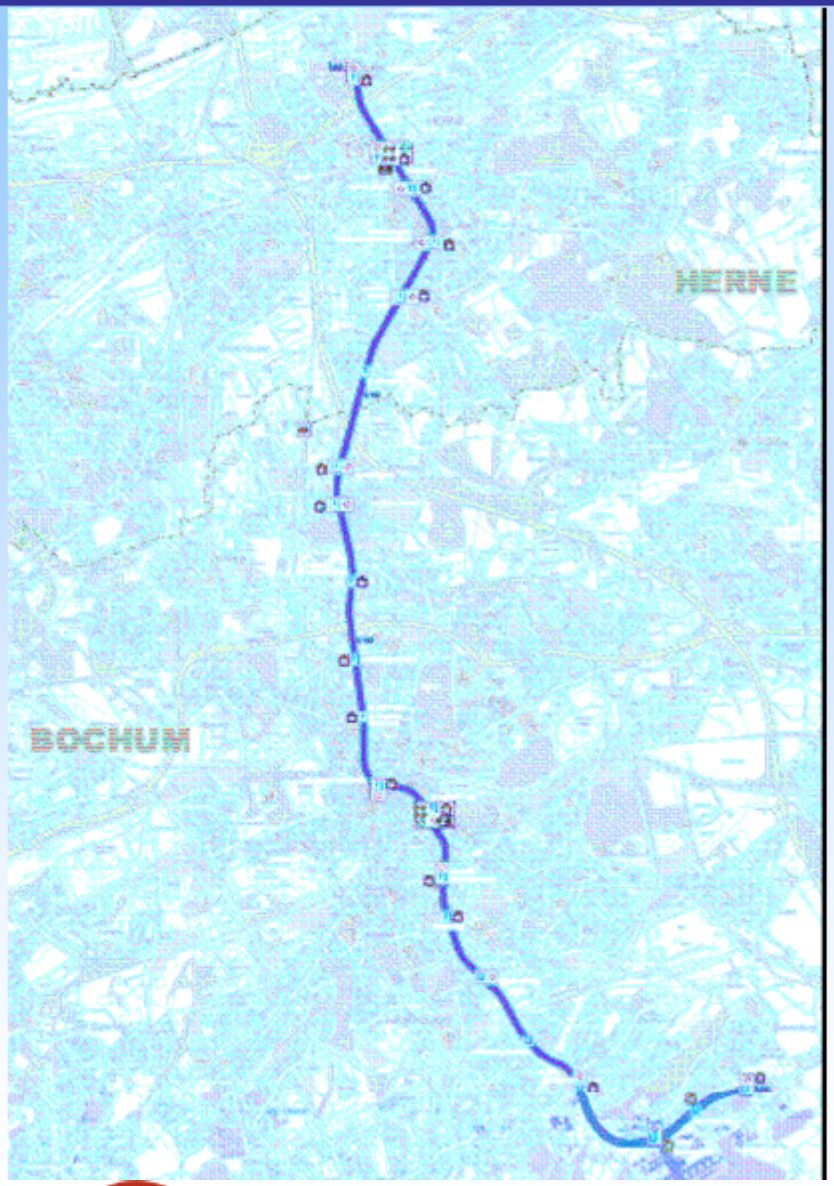





BOGESTRA

STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 2. Netz der Bogestra, Besonderheiten




**Streckencharakteristik**

- Regelspurstrecke zwischen Bochum und Herne
- 70 % der Strecke im Tunnel; gesamte Strecke als unabhängiger Bahnkörper
- Zurzeit 25 Fahrzeuge des gleichen Typs
  - Radreifenstandzeit von ca. 1 Mio. km
  - Strecke muss bearbeitet werden, da kaum Verschleiß; es entstehen „hot spots“
- Täglich ca. 70.000 Fahrgäste, daher war eine Ergänzungsbeschaffung notwendig, um 14 Zugverbände im 5-Minuten-Takt anbieten zu können

# 3. Vorgaben Lastenheft, Behindertenverbände

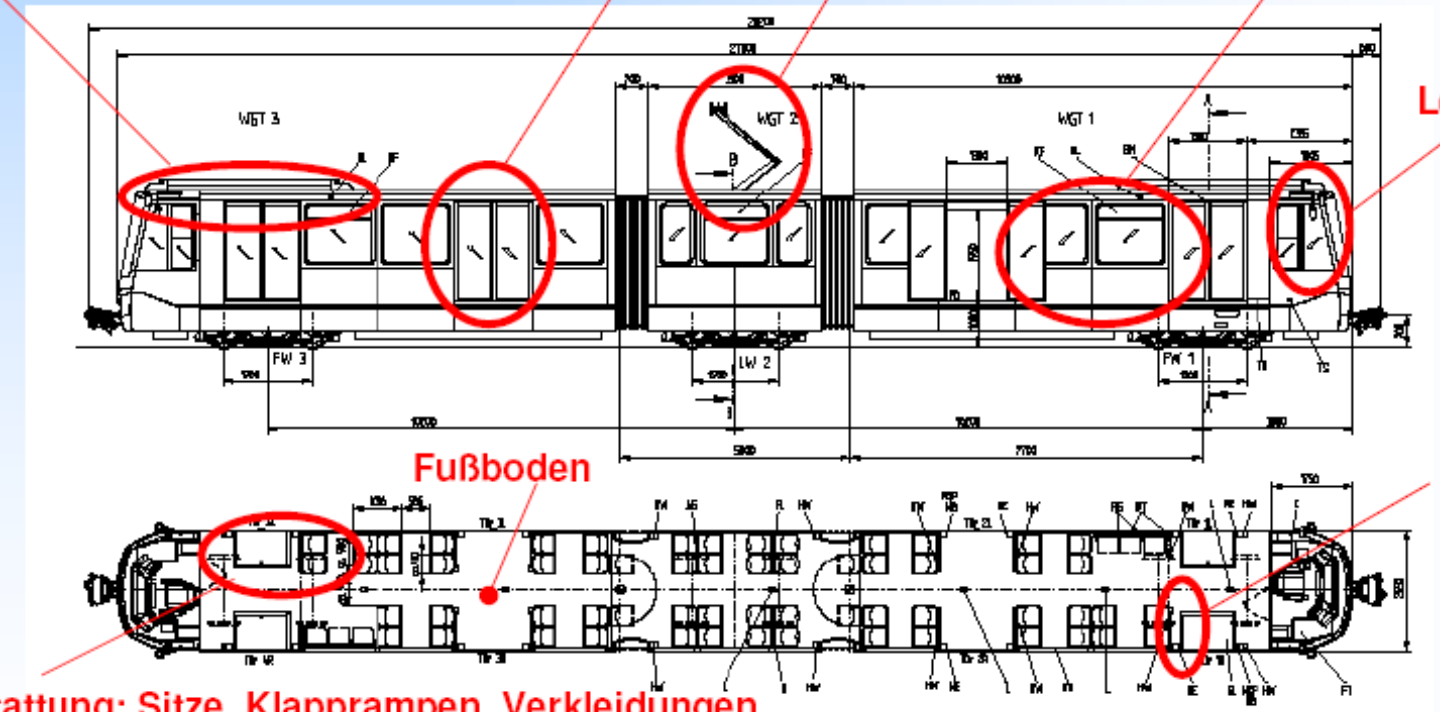
## A. Lastenheft (funktionale Ausschreibung)

- Verfügbarkeit von 98,5 % in den ersten 10 Jahren
- Vorhandene Werkstattinfrastruktur muss nutzbar sein (Drehmaschine, Waschanlage,..)
- Betriebsstoffe im ungünstigsten Fall einmal wöchentlich nachfüllen
- schnellwechselfähige Fenster
- Weitestgehend Gleichteile mit Variobahn (Tür, Fenster, Antriebssteuerung, Innenausstattung,.. ), *siehe nächste Folie*
- Fahrerarbeitsplatz ist anhand eines Modells mit BG und Fahrpersonal zu gestalten
- Zugverband elektrisch und mechanisch aus 2 Fahrzeugen, im Abschleppfall aus 3 Fahrzeugen mechanische Kuppelbarkeit mit vorhandenen Fahrzeugen
- Wartung / Inspektion: 2,5 h / 1000 km nicht überschreiten
- Radlast max. 5 Tonnen

# 3. Vorgaben Lastenheft, Behindertenverbände

## Gleichteile Tango und Variobahn

- Vorteile: gemeinsame Ersatzteilhaltung, effiziente Fehlersuche





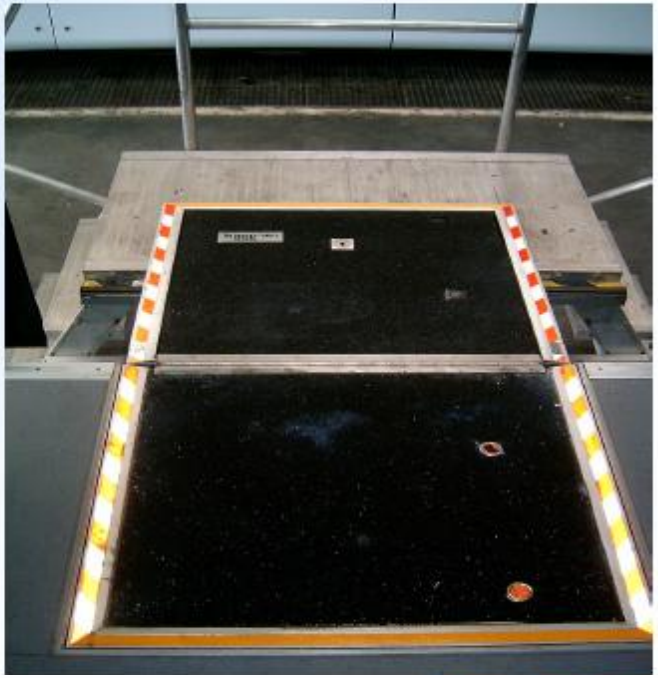

BOGESTRA

STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 3. Vorgaben Lastenheft, Behindertenverbände

## B. Behindertenverbände

- Bundesgesetz über die Gleichstellung behinderter Menschen, (Behindertengleichstellungsgesetz, BehiG) - Fördervoraussetzung
- 2 Klapprampen pro Fahrzeugseite
- Stellplätze für Rollstühle einschl. der entsprechenden Durchgangsbreite
- Linienverlaufanzeige (optisch u. akustisch )
- Kontrastreiche Gestaltung





BOGESTRA

STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 4. Ergebnisse der dynamischen Inbetriebnahme

**Wesentliche Prüfungen in Bochum**

- Prüfung von Türen, Bremse, Beschleunigungsverhalten
- Während der Inbetriebnahme musste eine Abstimmung der Software zwischen Bremse, Tür, Antrieb und Diagnose vorgenommen werden.
- Fahrzeugumgrenzung nach „BOStrab-Lichtraum-Richtlinie“
- Eingleis- und Anhebversuche
- Erweiterte Typprüfung mit Messung der Außengeräusche unterhalb der VDV 154
- Sichtverhältnisse nach BOStrab und UIC 617
- Anforderungen an Frontscheiben nach ECE 43

**Zeitraum für die Prüfungen:** ca. 8 Wochen inkl. Betriebsleiter-abnahme

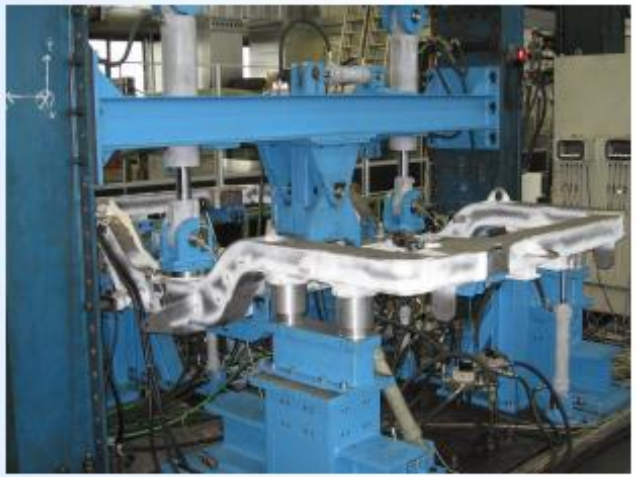
# 5. Ergebnisse der Typprüfungen Druckversuch

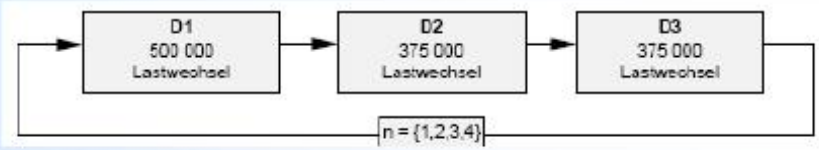
- Druckversuch des Wagenkastens auf 600 kN Längsdruckfestigkeit
- Betriebsfestigkeitsmessungen beginnend ab Herbst 2008
- Messung im gesamten Netz bei leerem und 2/3 beladenem Fahrzeug

# 5. Ergebnisse der Typprüfungen Schwingversuch

| LF | Benennung | Lastwechsel | Belastungskomponenten |
|---|---|---|---|
| D1 | Grund- und Zusatzbeanspruchung des Fahrzeuglaufes in der Geraden *VDV* 5.3.2.1. | $2x10^6$ (50%) | Rollvorgang in der Geraden Weichen – Geradeausfahrt Seitenwind |
| D2 | Grund- und Zusatzbeanspruchung der abzweigenden Weichenfahrt VDV 5.3.2.2. | $1,5x10^6$ (25%) | Rollvorgang in der Geraden Weichenfahrt Fliehkraft |
| D3 | Kombinierte Grund- und Zusatzbeanspruchung des Bogenlaufs/ Anfahren – Bremsen / Bremsen VDV 5.3.2.3 / 5.3.2.4. / 5.3.2.5 | $1,5x10^6$ (25%) | Rollvorgang in der Geraden Fliehkraft Bremsen |
| | | $\Sigma\ 5x10^6$ | |

Tabelle 6-1 : Belastungskombinationen für die dynamische Prüfung






- Definiert in Dokument , Prüfprogramm_DGS_Tango'
- basierend auf DIN EN 13749:2005, G5 (Dauerversuchsprogramm für Drehgestelle von S-, U- und Straßenbahnen):
  - Forderung: 1 Mio. LW Geradeausfahrt + 0,5 Mio. LW Weichenfahrt + 0,5 Mio. LW Kurvenfahrt
  - in Summe 2 Mio. Lastwechsel
- weitere 3 Mio. Lastwechsel waren zur Bestimmung der Sicherheitsreserve vorgesehen
- am 19.10.06 in Absprache mit Gutachter modifiziert:
  - 2,5 Mio. Lastwechsel nach obiger Vorgabe
  - weitere 1,5 Mio. Lastwechsel mit dynamischen Längskräften
  - weitere 1 Mio. Lastwechsel mit Erhöhung der Quer- und Längslasten auf 120 % (Risse zulässig)



BOGESTRA
STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 6. Integrationsprozess bei der Bogestra, Einsatzzeiten und Zulassung

**Integrationsprozess:**

- 17.12.07 Einsatz zur Erprobung der Gebrauchsfähigkeit
- seitdem eine Laufleistung von ca. 10.000 km
- im Mai Typprüfung durch Betriebsleiter und seit 14.05.08 die vorläufige Zulassung für den Fahrgastbetrieb

**Ausblick:**

- ab August 2008 Einsatz als Doppeltraktion im Fahrgastbetrieb
- ab Oktober 2 Doppeltraktionen auf der Strecke

BOGESTRA

STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 7. Einsatz der Fahrzeuge bei der Bogestra, Vorteile des Tangos für die Fahrgäste

- Heller, freundlicher Fahrgastbereich
- Stufenlose Durchgängigkeit des Passagierraumes
- Transparente Fahrerrückwand
- An bestehende Infrastruktur optimal angepasst
- Großzügig gestaltete Multifunktionsabteile im Einstiegsbereich
- Behindertenfreundliche Zugangsmöglichkeiten

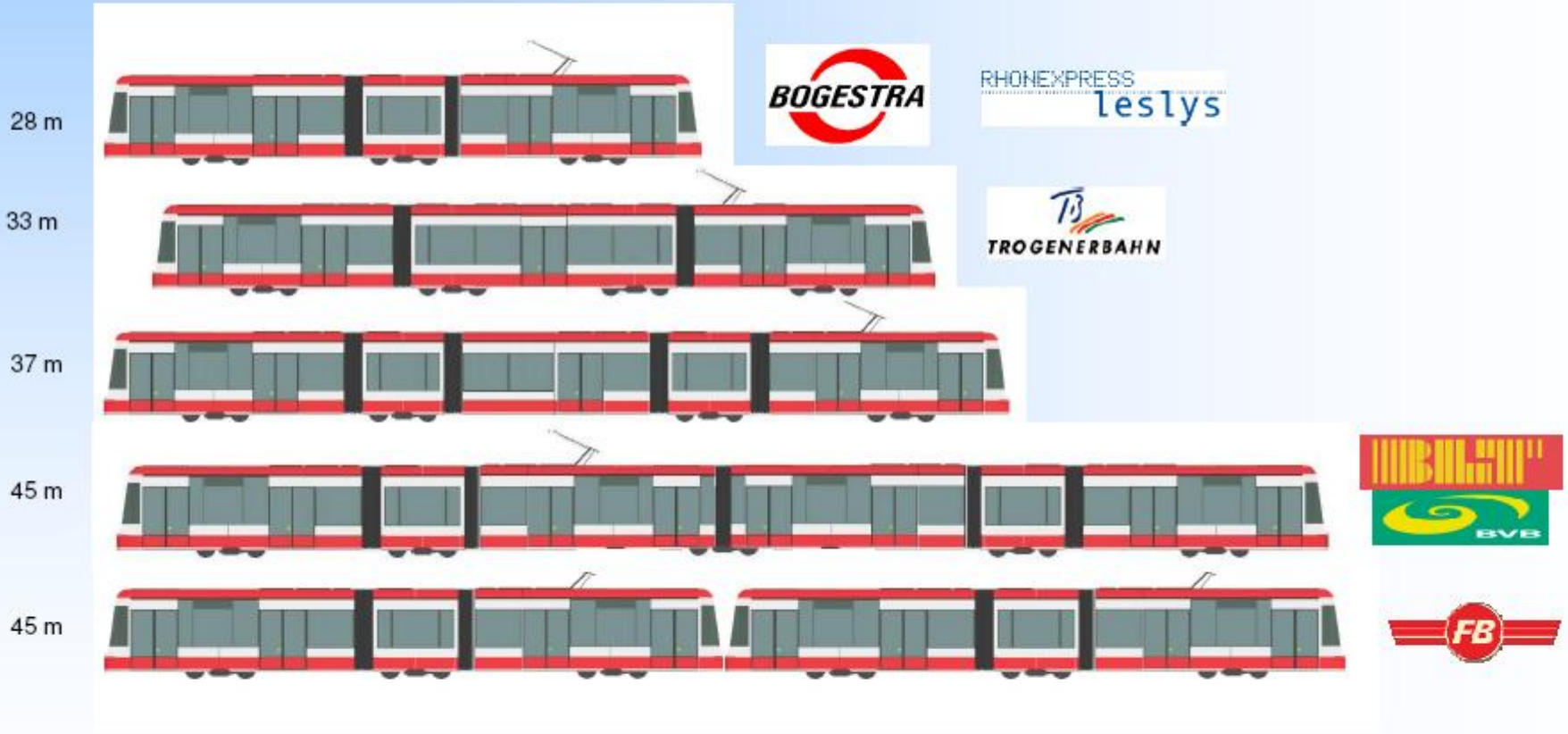
BOGESTRA

STADLER
Clevere Lösungen auf der Schiene

# 7. Einsatz der Fahrzeuge bei der Bogestra, Vorteile des Tangos für die Fahrgäste

- Geräumiger Gelenkübergang
- Linienverlaufsanzeige
- Außenansagen sind durchführbar
- Ergebnisse und Untersuchungen zum Schutz von Passanten
- Gestaltung von Fahrerräumen DIN 5566

# 8. Mögliche Varianten des Tango



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und bei Fragen sind wir gerne für Sie da