

Die Baustelleneinrichtung muss komplett schwimmend erfolgen, da aufgrund der parallel stattfindenden Arbeiten am Durchgangsbahnhof keine ufernahen Installationsflächen vorhanden sind. Die schwimmende Arbeitsplattform befindet sich im heutigen Bereich der Anlegestellen für die Fahrgastschiffahrt der SGV. Daher muss zuvor für diese bauzeitlicher Ersatz östlich des angrenzenden Kultur- und Kongresszentrums (KKL) geschaffen werden.

Die projektierte Bauzeit der Seeunterquerung mittels Absenktunnel beträgt rund fünf Jahre zuzüglich einer vorausgehenden archäologischen Untersuchung im Bereich

Schacht Kurplatz und des Absenkgrabens von einem Jahr.

Fazit

Die spezielle Baumethode bietet für das Projekt darum eine Reihe von Vorteilen; als Fazit lassen sich diese in folgenden Punkten zusammenfassen:

- Mit Hilfe des bauzeitlichen Wasserbaus und einer überwiegenden Vor-Ort-Betonage der Tunnelelemente in Stahlschalen als verlorene Schalung werden ökologische Nachteile eines konventionellen Absenktunnels in Stahlbetonbauweise vermieden.

- Grosse Teile der Tunnelfertigung werden auf den See verlagert. Dies mindert den innerstädtischen Installationsplatzbedarf.

- Die Vorfertigung der Stahlschalenelemente ausserhalb der Stadt Luzern vermindert zudem innerstädtischen Baulärm.

- Im Vergleich zur Caissonbauweise kann die Bauzeit wesentlich verkürzt werden.

- Die Nutzung des Sees zum Antransport von Baustoffen und Abtransport von Aushubmaterial aus dem Absenkgraben trägt dazu bei, die städtischen Strassen von Baustellenverkehr per LKW zu entlasten.

Orion-Triebzüge für die Matterhorn – Gotthard-Bahn

Dario Jossen, Projektleiter, Matterhorn – Gotthard-Bahn

Christian Harbeke, Design, Nose AG

René Brauchli, Technischer Projektleiter, Stadler Bussnang AG

Ziel der Beschaffung

Die Matterhorn – Gotthard-Bahn (MGB) wird bis 2030 insgesamt 37 neue Orion-Triebzüge ABeh 8/12 Nr. 301 – 337 beschaffen und im Regionalverkehr auf dem gesamten Streckennetz zwischen Zermatt und Disentis sowie zwischen Andermatt und Göschenen einsetzen.

Bereits 2017 konnte in Abstimmung mit dem Bundesamt für Verkehr (BAV) der Richtungsentscheid gefällt werden, bestehendes lokomotivbespanntes Rollmaterial durch eine Einheitsflotte von Triebzügen zu ersetzen. Anfänglich wurde das Beschaffungsvolumen auf 23 Zahnrad-Triebzüge in zwei Etappen definiert. Nach der Ausschreibung und der Vergabe an Stadler Rail folgte am 10. März 2020 die Bestellung der ersten Etappe mit zwölf Triebzügen.

Die Inbetriebsetzung startete im Herbst 2022 mit umfangreichen Typentests. Ab dem 19. Juni 2023 konnten wie geplant die ersten sechs Triebzüge in den fahrplanmässigen Betrieb überführt werden. Seit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2023 sind die elf Fahrzeuge Nr. 301 – 311 in Einzel-, Doppel- und Dreifachtraktion im fahrplanmässigen Betrieb. Seither verkehren die Orion-Triebzüge vorwiegend am Oberalppass, womit die mit Lokomotiven des Typs HGe 4/4 II bespannten Züge im Regionalverkehr abgelöst wurden. Vereinzelt sind die Fahrzeuge auf den anderen Streckenabschnitten anzutreffen. Der ABeh 8/12 312 dient als Erprobungsträger für das Innovationsprojekt Geschwindigkeitsreihe V+, das zum Ziel hat, die Tal-fahrt-Geschwindigkeit in der Zahnstange zu erhöhen.

Auswirkungen auf Betrieb und übriges Rollmaterial

Nach Ablieferung der 37 neuen Orion-Triebzüge wird der regionale Personenverkehr (RPV) bei der MGB ausschliesslich mit Triebzügen der Typen Komet ABDeh 4/8 (2021 – 2028) und ABDeh 4/10 (2011 – 2014), Gelenksteuerwagen ABt (2131 – 2134), Shuttle-Triebzügen BDeh 4/8 (2051 – 2054) sowie

den neuen Orion-Triebzügen ABeh 8/12 (301 – 337) abgedeckt.

Das lokomotivbespannte Rollmaterial wird gemäss Flottenstrategie ausrangiert und grossteils entsorgt. Im Rahmen der Rollmaterialerneuerung wurden bisher insgesamt sechs Lokomotiven (Ge 4/4 81 – 82, HGe 4/4 II 2, Deh 4/4 21 und 24, Deh 4/4 55) und 37 Personenwagen stillgelegt.

Weiter ist die Stilllegung von zehn bis 15 Lokomotiven und 40 bis 50 Personenwagen bis Ende 2029 geplant.

Termine

Nach erfolgreicher Ablieferung der ersten Etappe von zwölf Triebzügen konnte am 2. November 2023 die Bestellung zur Lieferung der zweiten Etappe mit 25 weiteren Triebzügen bei Stadler plaziert werden. Ganz ohne Änderungen wird es nicht gehen – diverse technische Änderungen werden derzeit noch vor dem offiziellen Produktionsstart besprochen und auf Machbarkeit geprüft. Soweit technisch möglich und sinnvoll, werden diese Änderungen bei den Fahrzeugen der ersten Etappe in gleicher Weise umgesetzt, um die Gleichheit der Triebzüge zu bewahren.

Die Vorfertigung der Rohwagenkästen beginnt Anfang 2025. Ende September wird die herstellerinterne Inbetriebsetzung starten, bevor das erste Fahrzeug Anfang 2026 nach Brig auf die Strecke der MGB kommt.

Grundkonzept

Fahrzeugausstattung

Mit einer Gesamtlänge von 56,6 m bietet das Fahrzeug insgesamt 146 Sitzplätze, davon 24 in der ersten Klasse. Die beiden Endwagen sind symmetrisch aufgebaut und verfügen über dasselbe Platzangebot. Im Mittelwagen, der den grössten Niederflurbereich aufweist, sind die beiden Rollstuhlplätze und das behindertengerechte WC angeordnet. Multifunktionszonen in jedem der drei Wagenkästen ermöglichen die individuelle Platzierung von Velos, Ski, Gepäck und bieten bei hohem Passagieraufkommen zusätzliche Sitzplätze.

Fahrzeugdesign

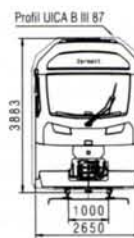
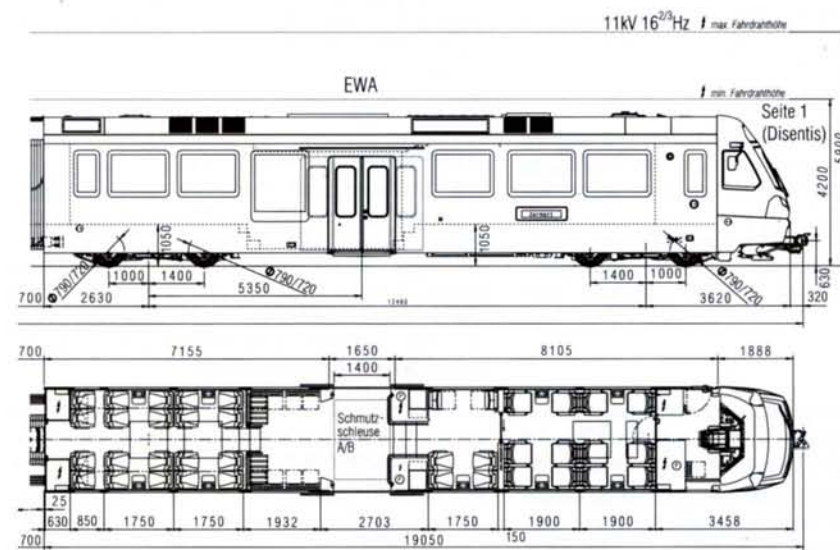
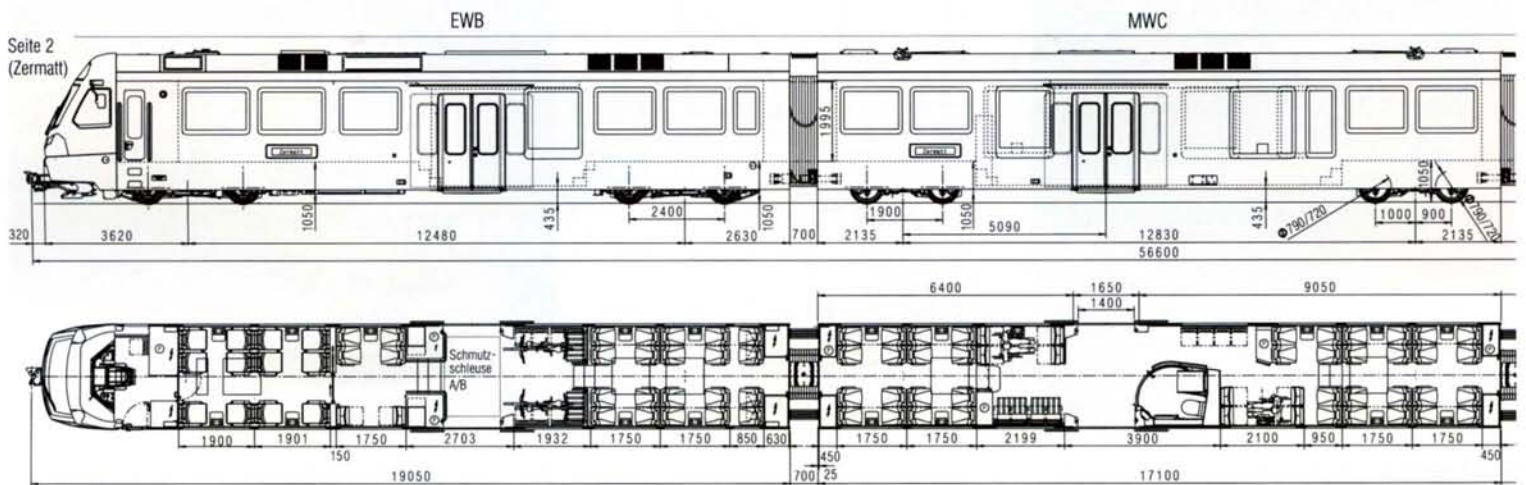
Einleitung

Einer der wichtigsten Faktoren für die Entwicklung des Designs war die Analyse der Kundenbasis. Überraschenderweise ist der Anteil der Einheimischen im Vergleich zu den im schweizerischen Mittelland üblichen Verhältnissen gering; so stammen nur zirka 24 % der Reisenden aus der Region (Uri, Graubünden, Wallis). Rund 60 % fallen in die Kategorie Freizeit und Tagesausflüge, ungefähr 25 % in die Kategorie Ferienreise und -rückreise, und nur 15 % sind Pendler und sonstige Reisende. Dementsprechend ist ein sehr hoher Anteil an verschiedenen Sportgeräten und grösseren Gepäckstücken zu erwarten.

Exterior Design

Neben einer guten Sichtbarkeit im Sommer und Winter und der Kompatibilität zum bestehenden Fuhrpark standen bei der Entwicklung der Lackierung ein hohes Mass an Eigenständigkeit und die Stärkung der Marke im Vordergrund. Um die Seitenansicht aufzuräumen, wurde die bisherige weisse Bänderole an den unteren Rand des Wagenkastens verlegt, so dass das klare Bild eines roten Zuges mit weisser Sockelzone entsteht. Nebeneinanderliegende Fenster wurden in kompakte schwarze Flächen eingebunden und lassen genügend Raum für die „Wind“-Grafikelemente. Die weissen Türen boten genügend Kontrast zur roten Grundfarbe und mussten nur im unteren Bereich durch zwei seitliche Kontraststreifen in Steingrau markiert werden.

Beim Design der Frontkabine stand die Synthese von Kraft und Eleganz im Vordergrund. Man soll sehen, dass der Zug den Urgewalten des Hochgebirges zu trotzen vermag, ohne dabei an eleganter Souveränität einzubüssen. Daneben waren auch gewisse funktionale Anforderungen zu erfüllen. So wurde darauf geachtet, dass die Teiltrennung zwischen Pflug und Frontscheibe zu leicht austauschbaren, relativ preiswerten Operteilen führte. Ein guter Zugang zu den Schiebwerfern und zum Scheibenwischerantrieb war zu gewährleisten, und



Typenzeichnung des MGB-Triebzuges Orion (Zeichnung: Stadler).

Interior Design

Die Innenraumgestaltung wird durch die kantig verkleideten Fenstersäulen geprägt, die zusammen mit der durchgehenden unteren Seitenwandverkleidung dem Interieur seinen charakteristischen architektonischen Ausdruck verleihen. Auch die Eingangsbereiche und Multifunktionszonen sind sehr klar strukturiert und wirken aufgeräumt. Das Lichtkonzept ist auf eine hochwertige Inszenierung des Innenraums abgestimmt. Sowohl die erste als auch die zweite Klasse werden über zwei in die Decke integrierte Lichtbänder indirekt beleuchtet. Das Licht wird zwischen den Lichtbändern blendfrei an die Decke abgestrahlt, so dass der Raum an Höhe zu gewinnen scheint. Direkt neben den Lichtbändern sind Strahler positioniert, die einen Grossteil der benötigten Lichtmenge liefern. Der hohe Lichtanteil der Strahler erzeugt eine abwechslungsreiche Licht- und Schattendramaturgie und bringt metallische Oberflächen zum Funkeln.

selbstverständlich war eine möglichst gute Rundumsicht für den Lokomotivführer anzustreben.

Die entscheidenden Faktoren jedes Frontdesigns sind die Kontur des Wagenkastens und der Abstand vom Ende des Wagenkastens bis zum vordersten Punkt der Front. Aufgrund des geringen Abstands war es naheliegend, dass die Konturen des Wagenkastens an den Seiten und am Dach nach vorne eingezogen wurden und mit der Frontfläche abschliessen. Eine klar erkennbare, umlaufende Kante definiert den oberen Teil der Frontfläche, die den Scheibenwischerantrieb, die Frontscheibe und die Scheinwerfer in einer gemeinsamen Linienführung zusammenfasst. Die Crashelemente wurden in einem gemeinsamen, leicht vorspringenden Volumen versteckt, die Kupplungsöffnung möglichst klein gehalten. Der Pflug wurde so weit vorne wie möglich platziert und in das Design der unteren Schürzen integriert. Die Opferteile umfassen das untere Volumen nach hinten bis zum Wagenkasten und den Bereich zwischen Kupplungsöffnung und Frontscheibeneinfassung.

Die Scheinwerfer wurden so konzipiert, dass die Diffusorscheiben der Signallichter die Form der Frontfläche in den unteren Ecken aufgreifen und so die straffen Linien des Gesichts noch einmal betonen. Es wurde grosser Wert darauf gelegt, dass auch bei genauerem Hinsehen keine Schrauben, Platinen oder einzelne LEDs im

Scheinwerfergehäuse sichtbar sind. Zwischen den Scheinwerfern ergab sich die Möglichkeit, das „Wind“-Motiv dreidimensional in einem polierten Metallfinish aufzubringen.

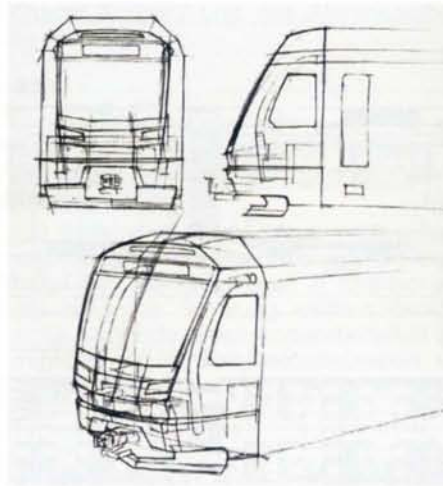
Technische Daten

Fahrleitungsspannung	11 kV / 16,7 Hz
Gesamtgewicht: Tara / Brutto	113,5 t / 139 t
Höchstgeschwindigkeit, Adhäsion	120 km/h
Höchstgeschwindigkeit, Zahnrad ≤ 90 ‰, Berg- / Talfahrt	35 km/h
Höchstgeschwindigkeit, Zahnrad > 90 ‰ / ≤ 125 ‰ Berg- / Talfahrt	35 / 27 km/h
Höchstgeschwindigkeit, Zahnrad Göschenen, Berg- / Talfahrt	30 / 21,5 km/h
Radsatzlast maximal	15,5 t
Länge über Kupplung	56600 mm
Wagenkastenbereite	2650 mm
Maximalhöhe	3875 mm
Sitzplätze erster Klasse	24
Sitzplätze zweiter Klasse	90
IV Klappsitze (Rollstuhlplätze)	8
Klappsitze	24
Umgebungstemperatur	- 25 bis + 40 °C
Raddurchmesser neu / abgenutzt	790 / 720 mm
Maximale Zugkraft am Rad, Adhäsion	140 kN
Maximale Zugkraft am Rad, Zahnrad (inkl. Adhäsion)	320 kN
Maximale elektrische Bremskraft am Rad, Adhäsion	140 kN
Maximale elektrische Bremskraft am Rad, Zahnrad (inkl. Adhäsion)	320 kN
Maximale Leistung am Rad, Adhäsion	1600 kW
Maximale Leistung am Rad, Zahnrad (inkl. Adhäsion)	2400 kW
Maximale elektrische Bremsleistung am Rad, Adhäsion	2200 kW
Maximale elektrische Bremsleistung am Rad, Adhäsion + Zahnrad	2600 kW
Maximale Beschleunigung / Verzögerung	0,8 / 0,8 m/s ²



Oben: Signallichter als wichtiges Element des Aussendesigns (Fotos: Nose).

Rechts: Entwicklung der Frontkabine mit Hand-skizzen und im CAD (Zeichnung und Screenshot: Nose).



Das Material- und Oberflächenkonzept arbeitet mit gedeckten Erdtönen, subtilen Grauabstufungen und einem hellen Holzton in den Sitzbereichen, während die Eingänge mit dem zurückhaltenden Blau der Eingangstüren eine eher kühlere Ausstrahlung haben.

Inspiziert von den Gesteinsformationen des Matteredals wurde für die erste Klasse ein Flachgewebe und für die zweite Klasse ein Veloursstoff entwickelt. Der Entscheid für Velours in der zweiten Klasse wurde aufgrund der zu erwartenden höheren Beanspruchung getroffen. Die Kopfstützen sind zur Reduktion des Unterhaltsaufwands komplett in Leder gehalten und mit dem „Wind“-Motiv versehen.

Während des gesamten Entwicklungsprozesses wurde laufend ein digitaler Zwilling des Innenraums in Form eines virtuellen Modells nachgeführt. So konnten sich alle Beteiligten jederzeit ein dreidimensionales Bild über den Entwicklungsstand machen. Darüber hinaus wurde zur Überprüfung der Funktionalität ein White-Mockup von der Multifunktionszone, dem Eingangsbereich und dem Übergang zum Hochflurbereich gebaut.

Technische Beschreibung

Wagenkasten

Bei der MGB beträgt die maximal zulässige Radsatzlast 16,0 Tonnen. Damit war eine einfache Adaptierung der für eine Radsatzlast von 17 Tonnen konzipierten Fink-Triebzüge der Zentralbahn nicht möglich. Folglich war eine Neukonstruktion unumgänglich.

Um möglichst leichte Wagenkästen zu erzielen, bestehen diese aus verschweissten

Überprüfung der Kollisionsfreiheit von Kabine zu Kabine und von Kabine zu Kupplung (Screenshot: Nose).



Aluminium-Strangpressprofilen. In den Bereichen der Türen und Drehgestelle sowie an den Fronten sind Frästeile verschweisst. Die beiden Endwagen sind wagenbaulich gleich.

Redundanzkonzept

Um die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Züge zu maximieren, sind die Triebzüge mit umfangreichen Redundanzen versehen. Wo möglich und sinnvoll, sind alle Komponenten doppelt vorhanden. Wie bei Zahnradbahnen üblich, können die Züge auch ohne Energiezufuhr immer talwärts verkehren.

Drehgestelle

Um mit lediglich zwei Drehgestelltypen auszukommen, wählte Stadler erstmalig die Achsanordnung A1z' 1zA' + 2' 2' + A1z' 1zA'.

Zwei Motordrehgestelle (MDG), mit je einem Adhäsions- und einem Zahnradantrieb ausgestattet, befinden sich unter jedem Endwagen des Fahrzeugs. Zwei Bremsdrehgestelle (BDG), mit je einer Brems- und einer Laufachse ausgestattet, befinden sich unter dem Mittelwagen des Fahrzeugs.

Alle Drehgestelle sind mit zwei Luftfederbälgen versehen. Die Monobloc-Räder sind mit Radschallabsorbieren von Schrey & Veit ausgestattet.

Alle vier Motordrehgestelle sind prinzipiell gleich aufgebaut. Die Enddrehgestelle verfügen aufgrund des höheren Gewichts des Führerstands über eine stärkere Federung sowie einen zusätzlichen Schienenräumer. Der Radsatzstand beträgt 2400 mm, wobei zur Erhöhung des Adhäsionsgewichts der Drehpunkt von der Adhäsionsachse lediglich 1000 mm entfernt ist. Die Kräfte auf den Wagenkasten werden mittels eines Drehkranzes übertragen. An jeder Radscheibe ist eine Klotzbremseinheit mit Federspeicher vorhanden.

Die von TSA gelieferten fremdbelüfteten Fahrmotoren des Typs TMF 42-38-4 unterscheiden sich für den Zahnrad- und für den Adhäsionsantrieb nur mechanisch.

Die Laufdrehgestelle weisen einen Radsatzstand von 1900 mm auf. Die Bremskraftübertragung auf den Wagenkasten erfolgt mittels einer Zug-/Druckstange. Die gegen die Zugmitte liegenden Achsen tragen ein Bremszahnrad. Alle Radscheiben sind mit je einer Bremsklotzeinheit versehen. Die Zahnradbremse (Zahnrad und Bremsstrommeln) stützt sich auf eine exzentrische Hohlwelle, die weiterhin auf der Radsatzwelle gelagert

ist, ab. Dieses System erlaubt eine Höhenverstellung der Zahnradbremse von 35 mm gegenüber der Achse. Bezogen auf die Radabnutzung, kann dadurch die Bremsachse wie eine normale Adhäsionsachse betrachtet werden.

Traktionsausrüstung

Die Traktionsausrüstung ist so ausgelegt, dass ein weiterer Zwischenwagen eingereiht werden kann. Dieser Wagen dürfte brutto maximal 37,5 t wiegen; der verlängerte Triebzug wäre aber auf der Schöllenenbahn nicht mehr zulässig. Auf den Zahnradstrecken arbeiten sowohl der Zahnrad- als auch der Adhäsionsantrieb.

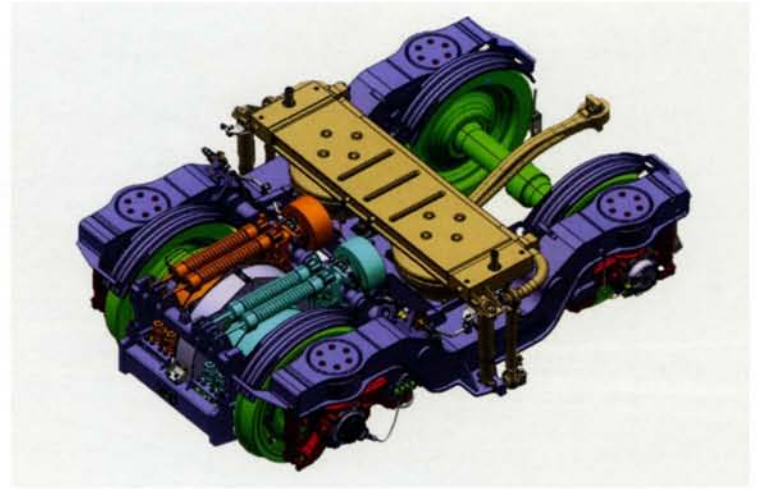
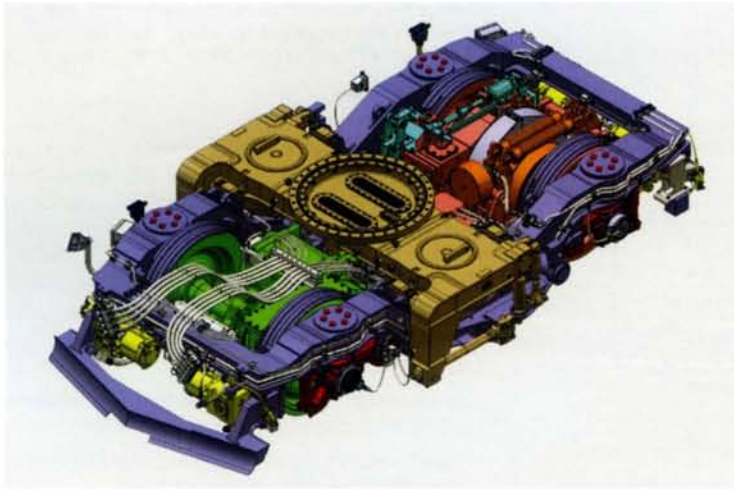
Im Adhäsionsbetrieb sind die Züge auch mit lediglich zwei Fahrmotoren noch betriebsfähig. Im Zahnradbetrieb dürfte ein ganzes Drehgestell ausfallen.

Im Bremsbetrieb wird bis zur höchstmöglichen Fahrleitungsspannung rekuperiert; die darüber anfallende Leistung wird in die Bremswiderstände geleitet. Unter 6,75 kV werden die Nebenbetriebe ausgeschaltet und unter 6,5 kV beziehungsweise über 14,5 kV der Hauptschalter geöffnet, ebenso ausserhalb des Frequenzbereichs von 16,1 bis 17,3 Hz. Es besteht eine Blindleistungskompensation.

Das Fahrzeug ist so ausgelegt, dass alle Zugsicherungsanlagen im Bereich der MGB und der RhB nicht beeinträchtigt werden.

Eingebaut sind zwei komplett unabhängige Antriebsblöcke, die jeweils die vier Fahrmotoren der beiden Motordrehgestelle eines Endwagens speisen. Jeder Block besteht aus:

- einem Einholmstromabnehmer, 1/C1 beziehungsweise 1/C2,
- einem Überspannungsableiter (für Fahrzeugschutz), 9.1/C1 beziehungsweise 9.1/C2,
- einem Dachleitungstrenner, 2/C1,
- einer Hochspannungsbox, 5/C1 beziehungsweise 5/C2,
- einem Überspannungsableiter (Schutz Trockentransformator), 9.2/B1 beziehungsweise 9.2/A1,
- einem Trockentransformator mit zwei Schenkeln, 7/A1 beziehungsweise 7/B1,
- einem Doppelstromrichter, 13/A1 beziehungsweise 13/B1,



Von vorne links nach hinten rechts: der Bahnräumer, die Adhäsionsachse mit zwei Bremsklotzeinheiten und der Adhäsionsmotor, die Wiege mit Drehkranz, die Zahnradachse mit Zahnradmotor und den beiden Bandbremsen der Bremssysteme 1 und 2 (Grafik: Stadler).

Von vorne links nach hinten rechts: die Zahnradachse mit den beiden Bandbremsen der Bremssysteme 1 und 2, die Wiege mit der Zug-/Druckstange und die Laufachse mit den beiden Bremsklotzeinheiten (Grafik: Stadler).

- einem Erdungstrenner (Hauptzwischenkreis Stromrichter), 4/A1 beziehungsweise 4/B2,
- zwei Adhäsions- und zwei Zahnradfahrmotoren (je einem pro Motordrehgestell), 20/1 und 20/2 in den Motordrehgestellen ZM1 und ZM2 beziehungsweise ZM3 und ZM4,
- einem VLU-Widerstand bestehend aus zwei Teilwiderständen, 23/A1 beziehungsweise 23/B1

In der Hochspannungsbox auf dem Dach des Mittelwagens sind folgende Komponenten untergebracht:

- ein Primärspannungswandler,
- ein Vakuum-Hauptschalter,
- ein Erdungsschalter,
- ein Primärstromwandler.

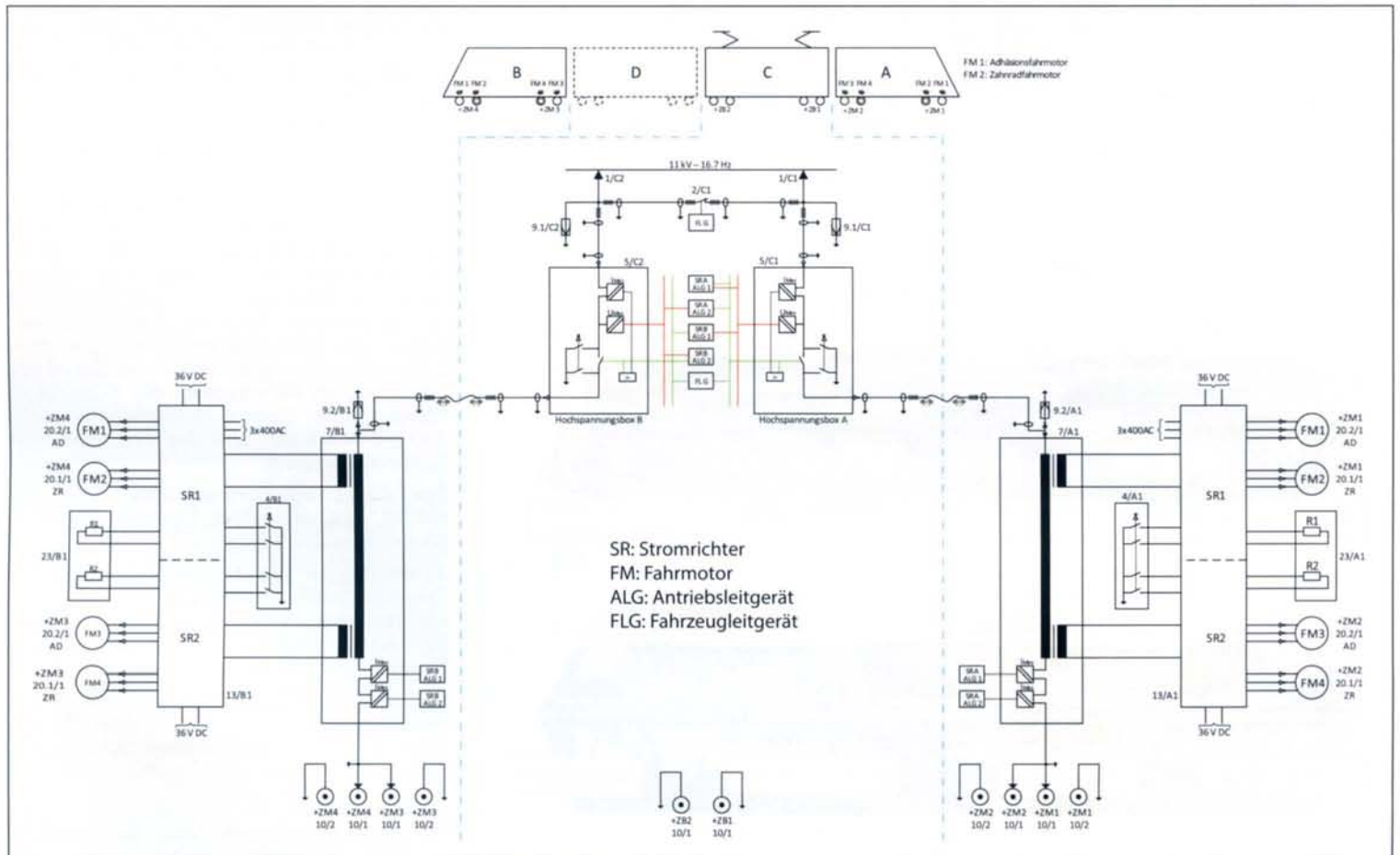
Die beiden Stromabnehmer verfügen über einen pneumatischen Antrieb. Normalerweise wird nur der hintere Stromabnehmer angehoben, bei Raureif aber beide. In der Parkstellung sind beide Stromabnehmer angehoben. Im Schlummerbetrieb kann bei Schnee die Anpresskraft leicht erhöht wer-

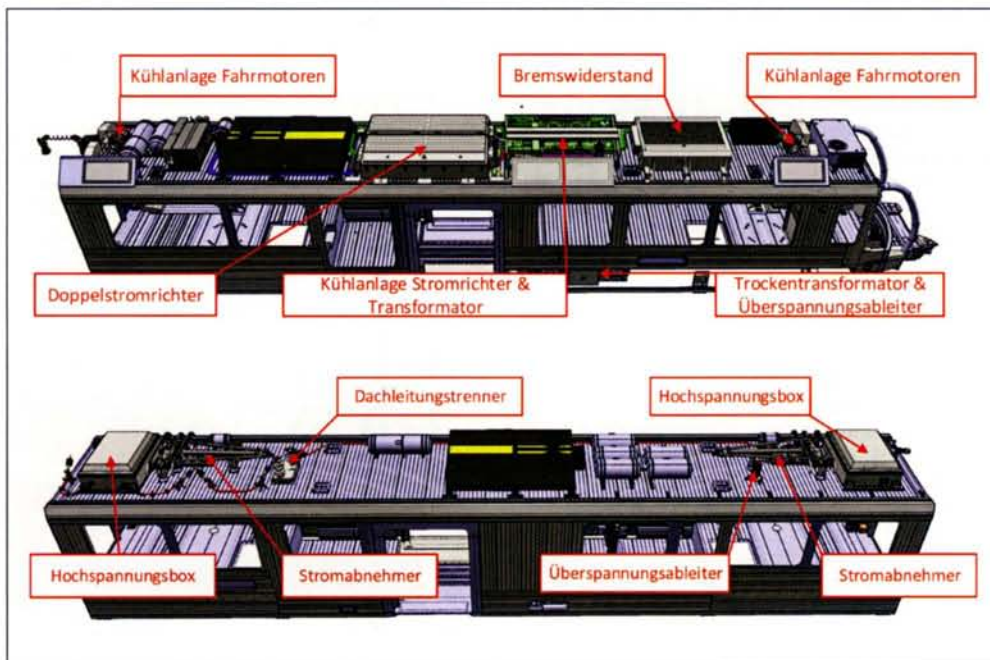
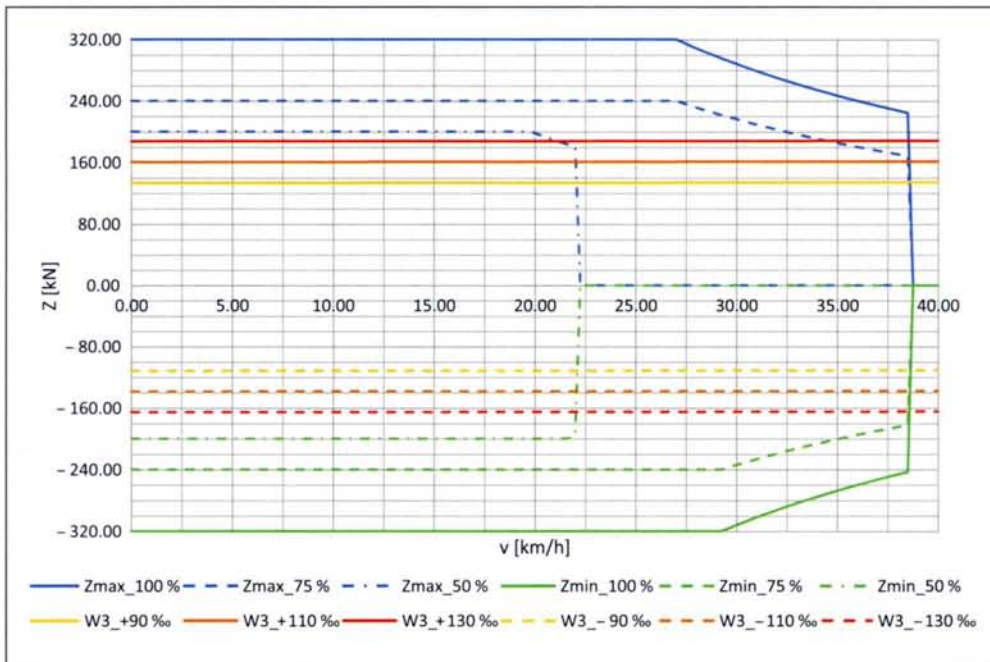
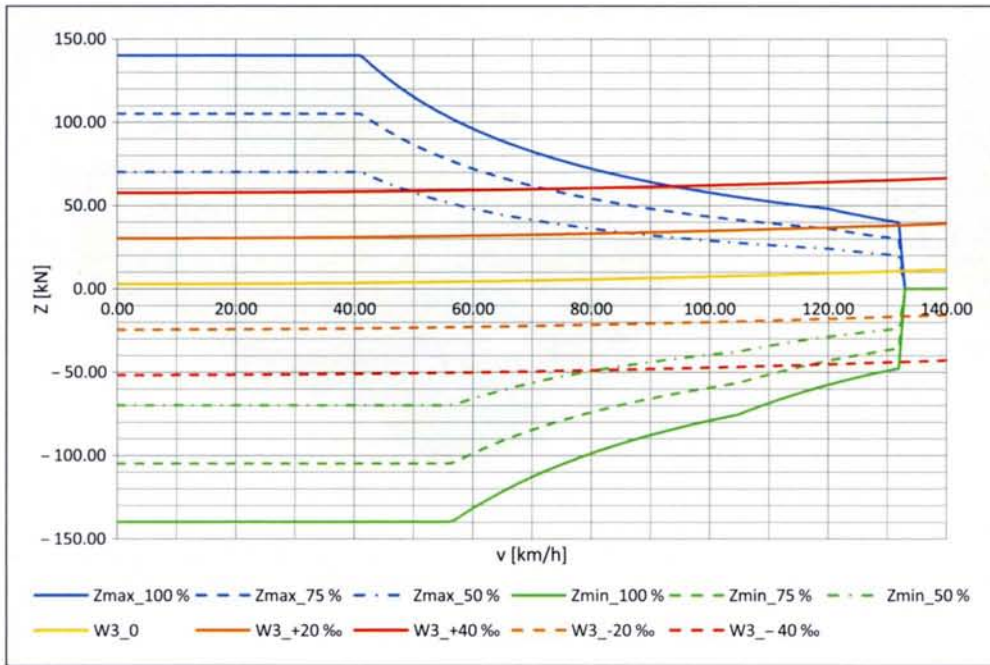
den. Bei Schneefall senkt sich etwa alle Viertelstunden je einer der Stromabnehmer abwechselnd, um den Schnee abzuwerfen. Die Wippen sind 1500 mm breit und mit isolierten Auflaufhörnern versehen, womit die Kompatibilität mit der RhB gegeben ist.

Die Übertragung der Hochspannung auf die Endwagen erfolgt über den Wagenübergängen mittels Spiralkabel. Die Wagenkästen sind zum Potentialausgleich auf dem Dach mit einem Kabel verbunden.

Die unterflur montierten zweischenkligen Trockentransformatoren sind dank neuer Wickeltechnik nur je 3150 kg schwer und für 800 kVA Leistung ausgelegt. Durch die

Blockdiagramm der Traktionsanlage (Zeichnung: Stadler).





Zugkraft-Geschwindigkeitsdiagramm für die gelieferten dreiteiligen Fahrzeuge im Adhäsionsbetrieb und im Zahnradbetrieb (Grafik: Stadler).

Wicklungen wird mittels zweier Lüfter ab dem Dach Kühlluft geblasen. Im Nennpunkt beträgt der Wirkungsgrad 95,6 %. Um beim Aufrüsten des Zuges zu hohe Einschaltströme zu vermeiden, werden die Transformatoren zeitlich nacheinander eingeschaltet. Das trifft auch bei Mehrfachtraktion zu.

Die IGBT-Stromrichter sind vom ABB-Typ Bordline CC1500 V AC.

Die wesentlichen Komponenten des wassergekühlten Doppelstromrichters sind:

- zwei Netzstromrichter (Pulsleichrichter) in Drei-Punkt-Topologie, kurz NSR,
- zwei niederinduktive Gleichspannung-Zwischenkreise mit Vorladeeinheit am Stromrichtereingang,
- vier Motorstromrichter (Wechselrichter) in Drei-Punkt-Topologie, kurz MSR,
- zwei Voltage Limiter Units (Bremschopper), kurz VLU,
- zwei Precharge Units (potentialgetrennte Hochsetzsteller) zur Vorladung ab dem 36-V-DC-Bordnetz bei einem Fahrleitungsausfall, kurz PCU,
- ein Intermediate Buck Converter (Tiefsetzsteller) zur Speisung des Zwischenkreises des Hilfsbetriebeumrichters, kurz IBC,
- ein Hilfsbetriebeumrichter (Wechselrichter) inklusive Sinusfilter für das Bordnetz 3 x 400 V / 50 Hz, kurz HBU,
- zwei Antriebsleitgeräte, je eines pro Teilstromrichter, kurz ALG,
- ein interner Lüfter zur Vermeidung von Hotspots und Kühlung des Sinusfilters.

Pro Endwagen ist ein 310 kg schwerer zweiteiliger Widerstand montiert, der 2 x 600 kW Spitzen- und 2 x 190 kW Dauerleistung aufnehmen kann.

In Abhängigkeit des Schlupfes wird die maximal zulässige Beschleunigung selbstständig berechnet.

Direkt in die beiden Antriebsstromrichter integriert sind die Hilfsbetriebsstromrichter. Sie versorgen den Zug mit 3 x 400 V / 50 Hz und 150 kVA Leistung. Betrieben werden damit: die Wasserpumpen und Ventilatoren der Stromrichter und der Transformatoren sowie die Motorenventilatoren, die Heizungen/Klimaanlagen sowie die Scheibenheizungen im Führerstand, die Kupplungsheizung, die beiden Kompressoren, alle 230-V-Steckdosen und das WC sowie die Batterieladegeräte.

Das Gleichstrombordnetz des Zuges ist auf 36 V DC ausgelegt. Die Batterien dazu bestehen aus NiCd-Zellen.

Jeder Wagen hat ein eigenes 24-V-DC-Steuerstromnetz, zum Beispiel für Scheibenwischer und Rückspiegel, das aus dem 36-V-Netz mittels redundanten DC/DC-Wandler gespeist wird.

Das Erdungskonzept ist mit mehreren mechanisch gegenseitig verriegelten Schlüsseln realisiert. Die Schlüsselvervielfacher

Die Einbausituation in den beiden Endwagen und im Mittelwagen (Grafiken: Stadler).



Orion-Triebzug am 15. Juni 2023 am Oberalpsee (Foto: U. Jossi).

befinden sind im Mittelwagen diagonal gegenüber dem WC in der Türsäule.

Zur Stromversorgung in den Depots ist an den Endwagen im Bereich der Faltenbälge eine Depotsteckdose des Typs CEE 63 (400 V, 63 A) montiert.

Unten links: Führertisch: links die Elemente zur Türbetätigung und der Führerbremshelb, rechts der Tisch für das Aufrüsten, die Steuerung und den Fahrbetrieb mit dem Fahrshalter. Auf der Konsole: links die Tafel für Video / FIS / Kommunikation, in der Mitte die Tafel der Sicherheitssysteme sowie der USB-Ladekabel für das i-Pad mit dem Fahrplan, rechts die Tafel für die Bedienung und Diagnose. An der Front links und rechts je eine 230-V-Steckdose. Rechts der elektrische Schalfer für die Notbremse, unten links der Notbrenshelb (Foto: MGB).

Unten rechts: Aufbau des Stromrichters (Zeichnung: Stadler).



Leittechnik/Steuerung

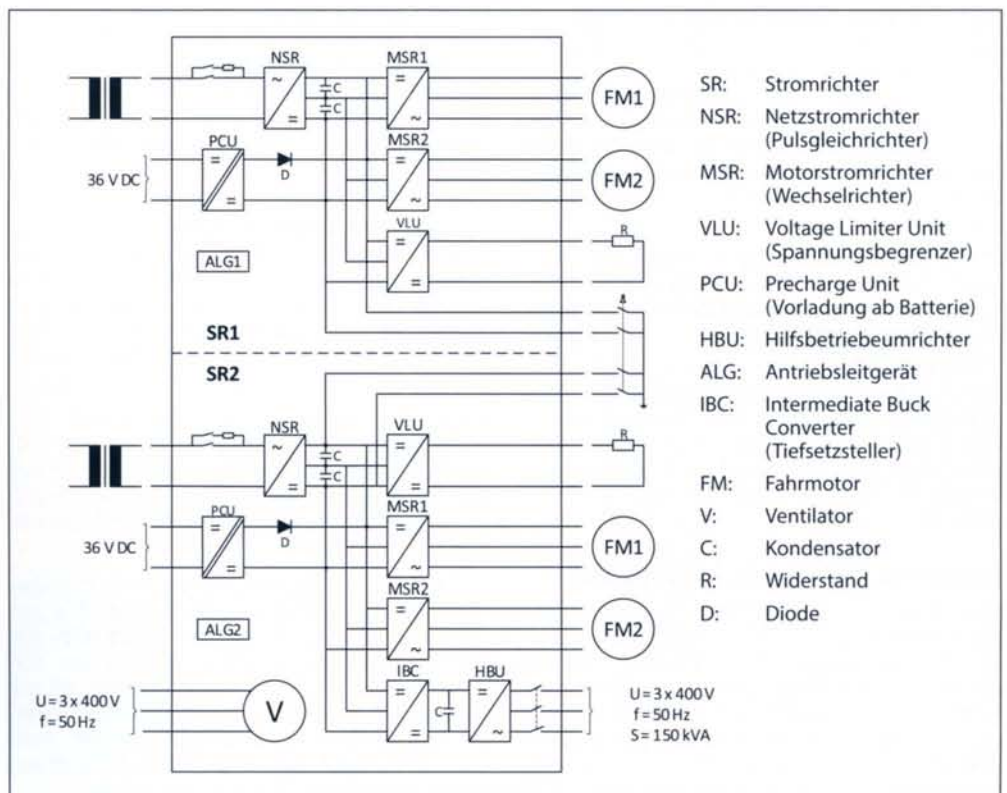
Die Züge sind für Mehrfachtraktion mit bis zu drei baugleichen Einheiten konzipiert. Auf eine Vielfachsteuerung mit dem bestehenden neueren Rollmaterial der MGB (Komet) wurde bewusst verzichtet, ebenso auf jene mit den Triebzügen der RhB.

Die Leittechnikstruktur baut auf jener der bereits gelieferten normalspurigen Triebzüge der Typen Flirt und Kiss auf. Der Fahrzeugbus besteht aus einem ringförmigen 100-Mbit-Ethernet. Der redundante Zugbus erkennt automatisch die Zugkonfiguration.

Mit dem Datacenter der MGB besteht mittels Mobilfunknetz wie auch über WLAN-Hotspots eine Echtzeitverbindung für Diagnosedaten, Videobilder und das Fahrgastinformationssystem. Einmal täglich wird der Energieverbrauch mit Zeitstempel per Mobilfunk an die MGB übermittelt.

Die Balisen der Zugsicherung sind bei der RhB, wie üblich, in der Mitte zwischen den Schienen montiert. Bei der MGB ist dies wegen der Zahnstange nicht möglich; da sind die Balisen, südwärts verschoben, neben der Zahnstange befestigt. Da die Orion optional bis nach Landquart verkehren sollen, sind die Antennen der Züge pneumatisch auf eine Seite um 250 mm und in der Höhe um 9,5 mm verschiebbar. Folglich dürfen die Züge auf den RhB-Strecken nicht gewendet werden. Im Gemeinschaftsbahnhof Disentis sind die Balisen auf jeder Bahnhofseite nach den Normalien der entsprechenden Bahn montiert.

Die Orion sind zusätzlich mit „GeoFencing“ versehen. Dazu sind Empfänger für die Satellitensysteme von GPS, Galileo und GLONASS vorhanden sowie eine Wegmessung. Verwendet wird das System zum Beispiel für die Zahnradsynchronisation, die





Oben links: Blick in die erste Klasse. Die Rückwand wurde oberhalb der Kopfstützen verdickt, um den Display flächenbündig integrieren zu können (Foto: Nose).

Oben rechts: Blick in die zweite Klasse (Foto: MGB).

Links: Für die Glasflächen der Windfänge wurde ein leicht transparentes Muster entwickelt. Zur Erhöhung der Kontrastwirkung sind die Mulden der Haltestangen im dunklen Blau der Türen gehalten (Foto: Nose).

Einstiege

Die drei Einstiege auf jeder Wagenseite sind mit einheitlichen Schwenk-Schiebetüren und Schiebetritten versehen. Die lichte Weite beträgt bei geöffneten Türen 1400 mm, und die Wagenbodenhöhe liegt im Einstiegsbereich auf 435 mm.

Der Niederflerbereich erstreckt sich über zirka 40 % des Passagierbereichs. Über den Drehgestellen beträgt die Wagenbodenhöhe 1050 mm; sie wird aus dem Niederflurbereich mittels dreier Trittstufen erschlossen.

Inneneinrichtung

Alle festen Sitze sind in einer Vis-à-vis-Bestuhlung angeordnet, ausser in den Endwagen mit je einer Sitzreihe in der zweiten Klasse. Die Abteillängen betragen in der ersten Klasse 1900 mm und in der zweiten Klasse 1750 mm. Je ein Bereich der ersten Klasse mit zwei Abteilen mit je sechs verstellbaren Sitzen befindet sich im Hochflurbereich an beiden Zugenden. Die erste Klasse ist mit einer Schiebetüre von der zweiten Klasse abgetrennt. Alle Sitze sind in Cantilever-Bauart an den Wänden montiert. In der ersten Klasse ist zwischen den Sitzen und gegen den Gang je eine herunterklappbare Armlehne vorhanden, in der zweiten Klasse nur gegen den Gang. In jedem Abteil sind als Ablageflächen unterhalb der Fenster kleine Tischchen mit Abfallbehältern und 230-V-Steckdosen vorhanden. Der Fensterleiter stimmt in allen Abteilen mit dem Sitzteiler überein. Die grossflächigen Fenster sind in der ersten 1550 oder 1700 mm breit und in der zweiten Klasse 1450 oder 1700 mm.

Ausser im Bereich der Klappsitze sind überall über den Fenstern Gepäckablagen vorhanden. In der Zugmitte steht ein behindertengerechtes WC zur Verfügung. In den Endwagen können im Bereich der Klappsitze im Winter Skirechen ausgeklappt und im Sommer Fahrräder hingestellt werden. Dazu bestehen in diesen Bereichen Abtropfwannen mit Wasserablauf. Der Mittelwagen bietet Platz für zwei Rollstühle.

Zur Beleuchtung sind über den Abteilen je zwei Leuchtbänder montiert sowie dimmbare LED-Spots. Deren Betriebsspannung beträgt 36 V; die Farbtemperatur liegt normalerweise bei 3000 K.

Jeder Wagenkasten verfügt über ein eigenes Klimagerät, das zur Reduzierung von Bakterien und Viren aktiv ionisierte Luft erzeugt. Die Zu- und Abluft fliesst über Deckenkanäle. Konvektionsheizkörper entlang den

Schutzstrecken, die Schienenkopfkonditionierung und die Funkbereichsumschaltung.

Führerkabine und Bedienung

Das Konzept der Führerräume entspricht weitestgehend dem Design, der in den letzten Jahren von Stadler an diverse Meter-spurbahnen gelieferten Züge.

Beim Befahren von Schutzstrecken betätigt der Lokomotivführer lediglich die Schutzstreckentaste. In Mehrfachtraktion werden die Hauptschalter der geführten Fahrzeuge erst beim Erreichen jener Position ausgeschaltet, in der das führende Fahrzeug diese ausgeschaltet hat. Die Wiedereinschaltung der Hauptschalter erfolgt in jedem Fall gestaffelt.

Zur Energieoptimierung verfügen die Züge über mehrere wählbare Stufen: Remisierstellung, reduzierte Remisierstellung, Schlummer-, Reinigungs-, Überfuhr- und Steuerwagenbetrieb.

Jeder Führerstand verfügt über ein eigenes Klimagerät. Die Front- und Seitenscheiben, sowie die Scheiben der Scheinwerfer sind beheizbar. Der Sitz lässt sich kühlen und beheizen. Das Frontrollo ist elektrisch verstellbar.

Pneumatik, Bremssystem und Kupplung

Die Züge sind für die Zahnradbahn-Geschwindigkeitsreihe 3 konzipiert. Dies betrifft abhängig vom Gefälle explizit die Höchstgeschwindigkeiten bei Talfahrten. Normalerweise dient zum Bremsen alleine die elektrodynamische Bremse. Die elektropneumatische Bremse kommt meist nur zum Stillsetzen des Zuges zur Anwendung.

Wie alle Zahnradfahrzeuge sind auch die Orion mit zwei redundanten Zahnradbremsensystemen versehen. Fällt eines der beiden Systeme aus, darf nur noch der leere Zug nach der Geschwindigkeitsreihe 2 weiterfahren. Der Zug verfügt über Gleitschutzventile. Die Fahrgastnotbremse kann durch den Triebfahrzeugführer überbrückt werden.

Die beiden Kompressormodule sind für eine Aussentemperatur von bis zu -40°C ausgelegt. Ein Modul würde für den normalen Betrieb genügen. Aber damit würde bei einem vollständig entleerten Zug die Aufüllzeit gegen 15 Minuten betragen. Das Gesamtvolumen der Druckluftvorräte beträgt 400 l bei 10 bar.

In den Endwagen bestehen Spurkranz- sowie Zahnrad- als auch Zahnstangenschmieranlagen, in den Mittelwagen eine Schienenkopfkonditionierung. Eine Sandung kann nur der Lokomotivführer auslösen. Die pneumatische Lokomotivpfeife arbeitet zweistufig.

Sollte gar keine Druckluft mehr im Zug vorhanden sein, so ist es möglich, mit dem batteriebetriebenen Hilfskompressor die Pantografen anzuheben. An den Fahrzeugenden bestehen pneumatische Depot-einspeisungsdosen.

Auf Adhäsionsstrecken kann ein total ausgefallener Orion zwischen zwei betriebsfähigen Orion abgeschleppt werden. Sollte sich nur ein betriebsfähiger Orion zusammen mit einem ausgefallenen Orion bewegen, ist der betriebsfähige immer talwärts einzureihen. Im Zahnradbetrieb sind dazu immer zwei betriebsfähige Orion erforderlich. In all diesen Fällen dürfen die Züge nur leer fahren.



Orion-Triebzug am 21. Februar 2023 auf dem Oberalppass (Foto: U. Jossi).

Seitenwänden im Fussbereich übernehmen die Grundlast. In den Türbereichen sind zusätzliche Warmluftheizgeräte eingebaut. Die Heizleistung im ganzen Zug beträgt brutto maximal 73 kW und die Kühlleistung 76,3 kW. Bei einer Aussentemperatur von + 40 °C kann die Innentemperatur auf 30 °C gehalten werden, bei - 20 °C auf + 22 °C.

Im Innern befinden sich – über die Abteile verteilt – mehrere Halteanforderungstaster. An den Rollstuhlplätzen sowie im WC sind Hilferufspruchstellen montiert. Bei allen Türen sind Notsprechstellen vorhanden.

Sollte die Fahrleitungsspannung ausfallen und folglich nur noch eine Fahrt talwärts möglich bleiben, muss auf Klimaanlage und Heizung verzichtet werden.

Fahrgastinformationssystem

Das Kundeninformationssystem verfügt über zwei Front-, sechs Seiten- und dreimal vier Innenanzeigen mit 21,5-Zoll-TFT-Bildschirmen sowie ein Audiosystem und Notsprechstellen. Dazu besteht eine ständige Verbindung mit der Betriebsleitzentrale. Die 17 Videokameras zeichnen die Daten für 72 Stunden auf. Im Ereignisfall werden die Bilder in die Leitstelle übertragen. Für die Fahrgäste besteht ein WLAN. Dazu gibt es ein Fahrgastzählensystem.

Erwähnenswerte Zahlen

Zur Erstellung der ersten zwölf Triebzüge wurden insgesamt mehr als 234 t Aluminium verbaut. Dazu waren 2300 km, respektive

Neue Hebeanlage für ganze Triebzüge, abgestimmt auf die Drehgestellanordnung des Orion (Foto: MGB).

9,6 t, Schweißdraht erforderlich. 364 Firmen lieferten 17 448 verschiedene Positionen mit total 667 543 Teilen. Die Lackierung benötigte 6 t Farbe.

In jedem Triebzug sind 22 710 elektrische Komponenten verbaut und mit zirka 42 000 elektrischen Anschlüssen verbunden. Dazu waren pro Zug zirka 70 km Kabel erforderlich, gesamthaft für alle zwölf Züge also 840 km, was etwa der Distanz Brig – Mallorca entspricht.

Ausblick: die Geschwindigkeitsreihe V+

Auf Zahnstangenstrecken wird die Höchstgeschwindigkeit bei der Talfahrt durch die thermische Leistungsfähigkeit der mechanischen Bremssysteme 1 und 2 bestimmt. Jedes Bremssystem für sich muss allein den Triebzug sicher zum Stillstand bringen. Dabei wird das System 2 nur für Notbremsungen verwendet.

Angestrebt wird nun, dass bei der Talfahrt die gleiche Höchstgeschwindigkeit wie bei der Bergfahrt möglich wird. Das wären bei der MGB 35 km/h, respektive auf der Schöllenenstrecke 30 km/h. Dies würde sich insbesondere auf der kurzen Steilstrecke von Andermatt nach Göschenen markant auswirken, indem die technische Fahrzeit von 631 auf 512 Sekunden gesenkt werden könnte, also um fast zwei Minuten.

Die Grundidee ist nun, dass nicht nur die beiden Bremssysteme in die Bremsberechnung einbezogen werden, sondern auch die elektrische Bremse. Zudem liessen sich die beiden Bremssysteme abwechselnd oder gleichzeitig, aber dosiert anlegen.

Der dazu erforderliche regulatorische Aufwand ist sehr hoch. Folglich sind die Fahrzeugausrüstungen dazu lediglich vorbereitet. Das Fahrzeug 12 ist hingegen damit bereits ausgerüstet, und es finden dazu umfangreiche Versuche statt.

