Ceneri-Basistunnel:
Von der Idee zur Inbetriebnahme der alpenquerenden Flachbahn

Wolfgang Schlesinger / Beat Furrer, Urs Wili / Nicolas Steinmann

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Inhaltsübersicht

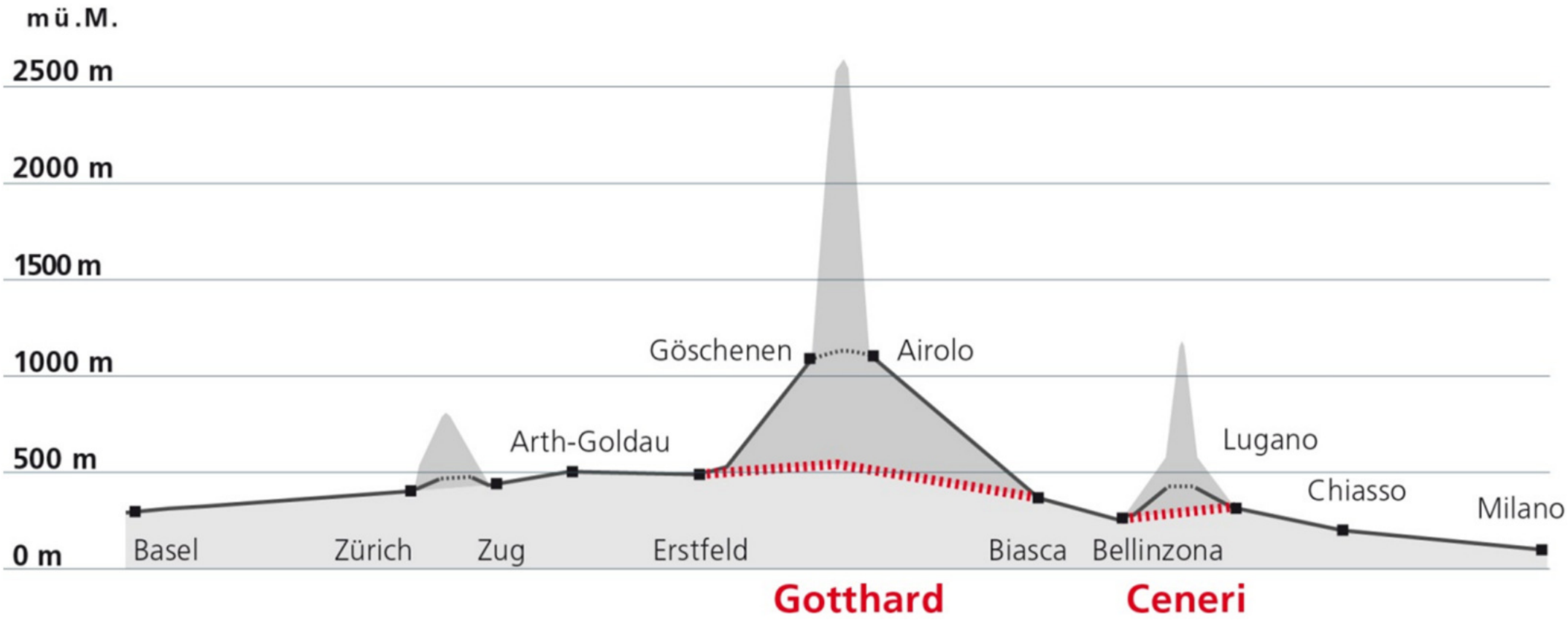
- Neue Eisenbahn Alpentransversale Gotthard
- Ausschreibung und Vergabe
- Organisation
- Planung und Ausführung
- Inbetriebsetzung, Ersteinschaltung
- As built Dokumentation
- Kontaktkraftverlauf
- Schlussfolgerung

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Gesamtbetrachtung zur Alpentransversale

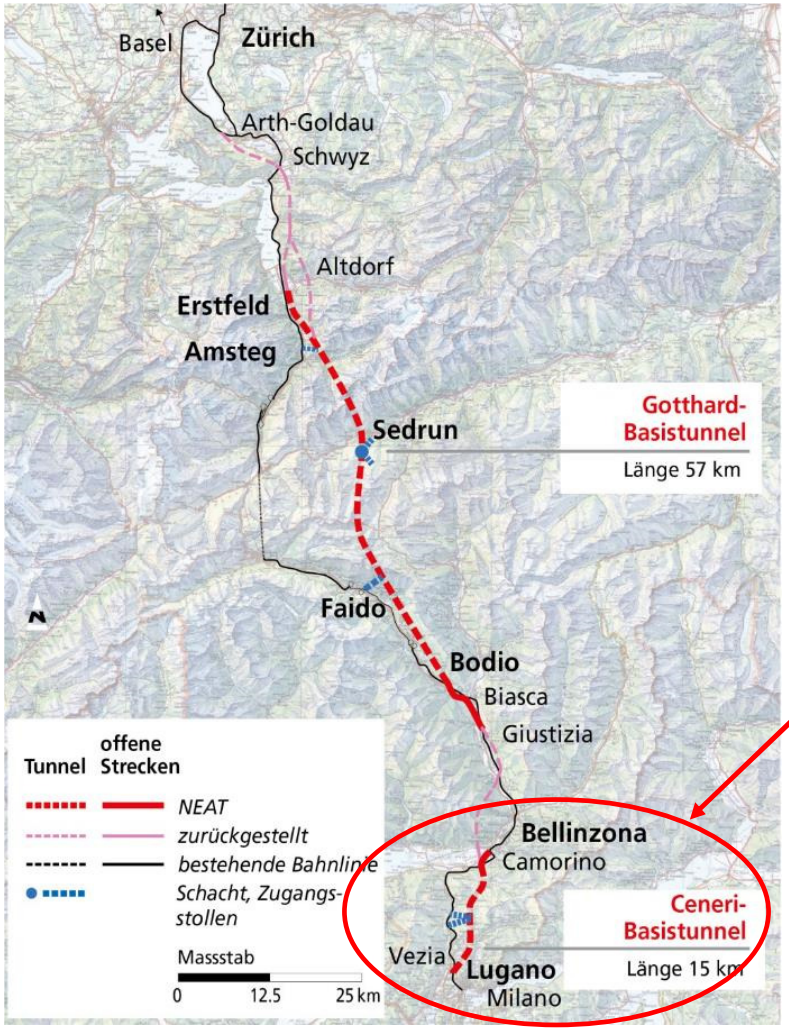
Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

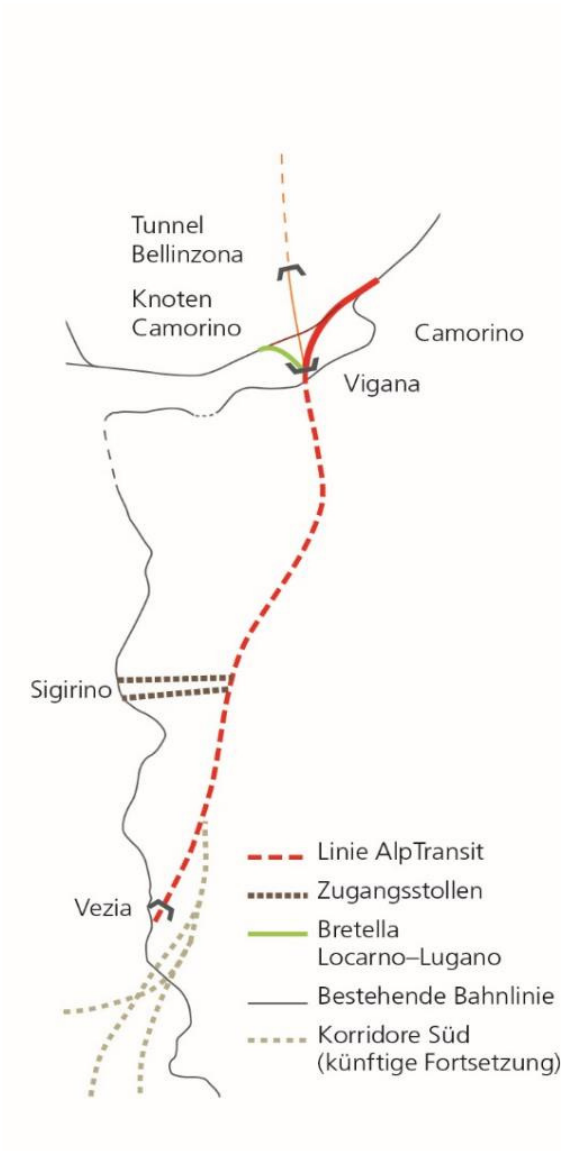
Eine Flachbahn durch die Alpen



Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Erste Etappe: zwei Basistunnels





- Gotthard Basistunnel = 57 km
- Ceneri Basistunnel = 15,4 km
- Mischverkehr (P & G)
- Kommerzielles Geschwindigkeitsspektrum 100 km/h bis 230 km/h
- Anzahl Züge pro Tag:
  - GBT bis 200 (max. 300)
  - CBT bis 400 (Regionalverkehr)

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Entscheidungsfindung Kettenwerksoberleitung zu Stromschiene

- Gotthard Basistunnel:
  - Konventionelle Oberleitung (Kettenwerk mit Verstärkungsleitung für I = 2300 A)
- Grund:
  - In der Zeit der Ausschreibung (2006) kein erprobtes Deckenstromschienensystem für v=250 km/h typenzugelassen
  - Eine Projektänderung nach Vertragsvergabe hätte starken zeitlichen Auswirkungen auf die Planung und die Ausführung der Anlagen sowie deutliche Mehrkosten verursacht !

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Entscheidungsfindung Kettenwerksoberleitung zu Stromschiene

- CBT:
  - Deckenstromschiene
- Grund:
  - Verdoppelung der Lebensdauer Fahrdraht
  - Erhöhte Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit dank Robustheit (MTBF & MTTR verbessert)
  - Interventions- und Reparaturzeit nach Ereignis deutlich geringer
  - Einsparpotentiale bei der Fahrbahnabsenkung bei Sanierung von bestehenden Tunnels bei Vergrösserung des Lichtraumprofils für 4 m Korridor

Entscheid SBB Ende 2011 => neue Tunnels nur mit Deckenstromschiene

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Die Ausschreibung

- Verlangt war ein erprobtes System
  - Der CBT sollte nicht zur Versuchsstrecke für noch nicht fertig entwickelte Systeme werden
- Die öffentliche Ausschreibung Bahntechnik im CBT richtete sich an Bahntechnik-Konsortien.
  - Furrer+Frey hatte sich gegenüber Alpic InTec / Kummler&Matter mit der DSS Furrer+Frey® exklusiv verpflichtet.
- Im Rahmen der Fragestellung an ATG war zu lesen, dass sich K&M gegenüber der ATG beschwert hat, dass nur DSS ausgeschrieben wurde und die DSS nicht erprobt sei.
  - Die Antwort ATG:
  - Eine öffentliche Vergabestelle wie die ATG darf als Auftraggeberin frei darüber bestimmen, welche Leistungen sie benötigt und welche konkreten Anforderungen sie stellt, was also im Einzelnen Gegenstand und Inhalt der Ausschreibung ist. Entsprechend verlangen die Vorgaben für das Fahrleitungssystem im CBT ausdrücklich den Einbau einer Deckenstromschiene. Unternehmervarianten bezüglich einer konventionellen Fahrleitung sind ausgeschlossen.

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®, Betriebserprobung

- 1984 Opfikon, Pilotanlage 105 km/h

Opfikon, Versuchsausführung eines Übergangs Stromschiene → N-FL

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®, Betriebserprobung

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen

- 1984 Opfikon, Pilotanlage 105 km/h
- 1988 Simplon, Versuchsstrecke 160 km/h
- 2004 Kerenzerbergtunnel und Vingelztunnel je 2 x 4 km 160 km/h

Kerenzerberg, Messfahrt am Übergang Stromschiene → R-FL

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®, Betriebserprobung

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen

- 1984 Opfikon, Pilotanlage 105 km/h
- 1988 Simplon, Versuchsstrecke 160 km/h
- 2004 Kerenzerbergtunnel und Vingelztunnel
  je 2 x 4 km 160 km/h
- 2004 Sittenbergtunnel (AT) 200 km/h
- 2014 Sittenberg Abschnitt 2 250 km/h
  bei Versuchsfahrt 302 km/h

ICE-S in Pöchlarn am 17.8.2004 für Zulassungs-Messungen im Sittenbergtunnel

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®, Betriebserprobung

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen

- 1984 Opfikon, Pilotanlage 105 km/h
- 1988 Simplon, Versuchsstrecke 160 km/h
- 2004 Kerenzerbergtunnel und Vingelztunnel
  je 2 x 4 km 160 km/h
- 2004 Sittenbergtunnel (AT) 200 km/h
- 2014 Sittenberg Abschnitt 2 250 km/h
  bei Versuchsfahrt 302 km/h
- 2020 CBT, freigegeben für 250 km/h
  Testfahrten bis 275 km/h

ICE-S am Südportal des CBT in Vezia bei Abnahmemessungen 2020
2020.05.19 2020.05.19-CBT-Portale Vezia 9.jpg bessere Auflösung?

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®, Betriebserprobung

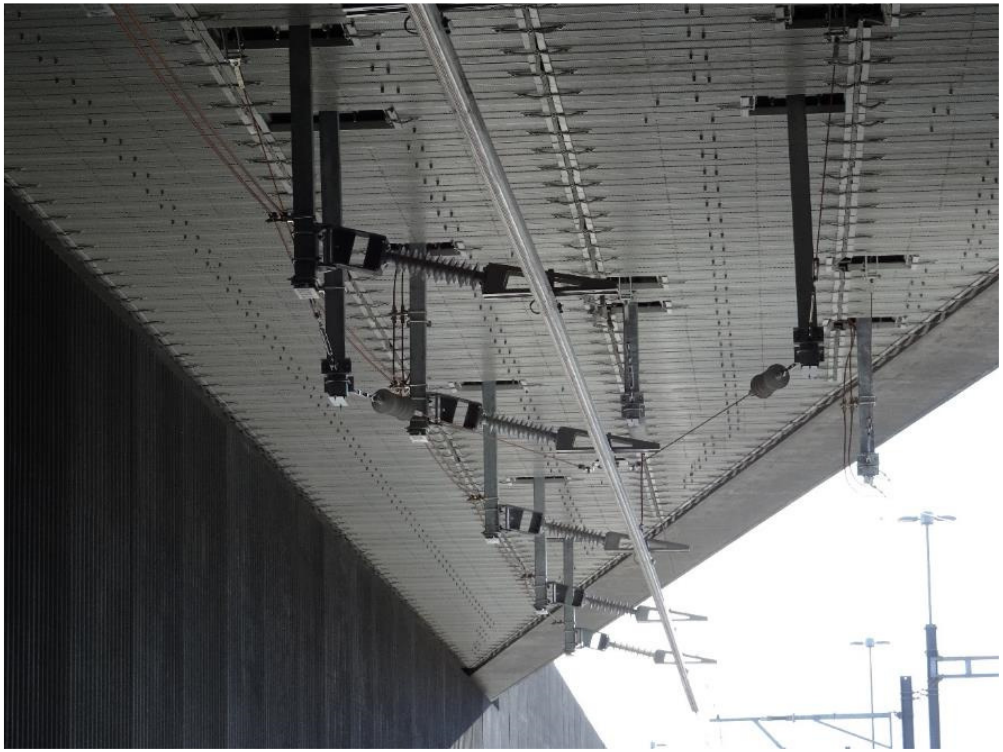
Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen

- 1984 Opfikon, Pilotanlage 105 km/h
- 1988 Simplon, Versuchsstrecke 160 km/h
- 2004 Kerenzerbergtunnel und Vingelztunnel
  je 2 x 4 km 160 km/h
- 2004 Sittenbergtunnel (AT) 200 km/h
- 2014 Sittenberg Abschnitt 2 250 km/h
  bei Versuchsfahrt 302 km/h
- 2020 CBT, freigegeben für 250 km/h
  Testfahrten bis 275 km/h
- 2020-09-30 Übergabe an die SBB

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®
Federbalken und Fahrdrahtverankerung

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen



Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®
Schwenktragwerke

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®
Längenausgleichsvorrichtung (Dilatationsstoss)

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®
Fixpunkt

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®
Streckentrenner

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen

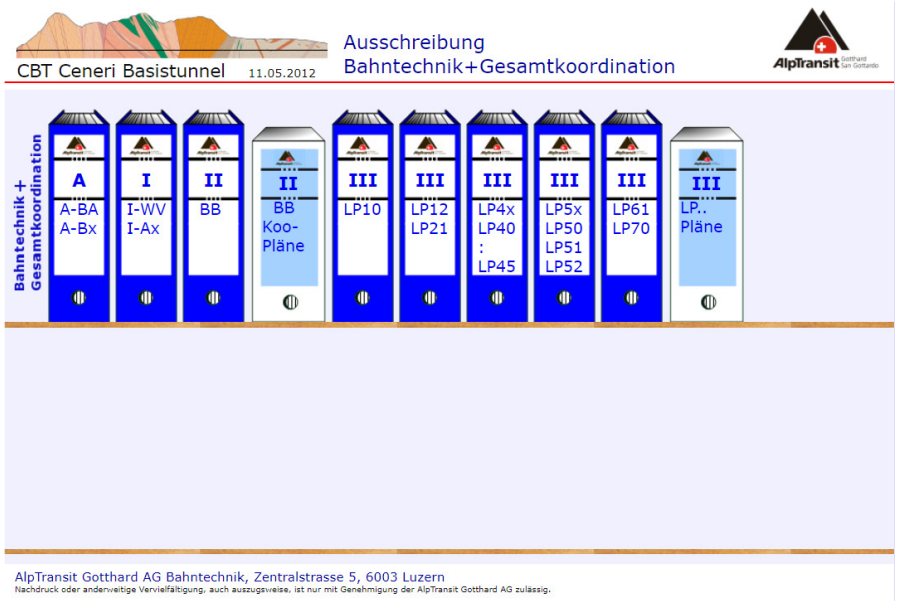
Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Das System Deckenstromschiene Furrer+Frey ®
Weiche

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Un Bt+GK Unternehmer Bahntechnik + Gesamtkoordination

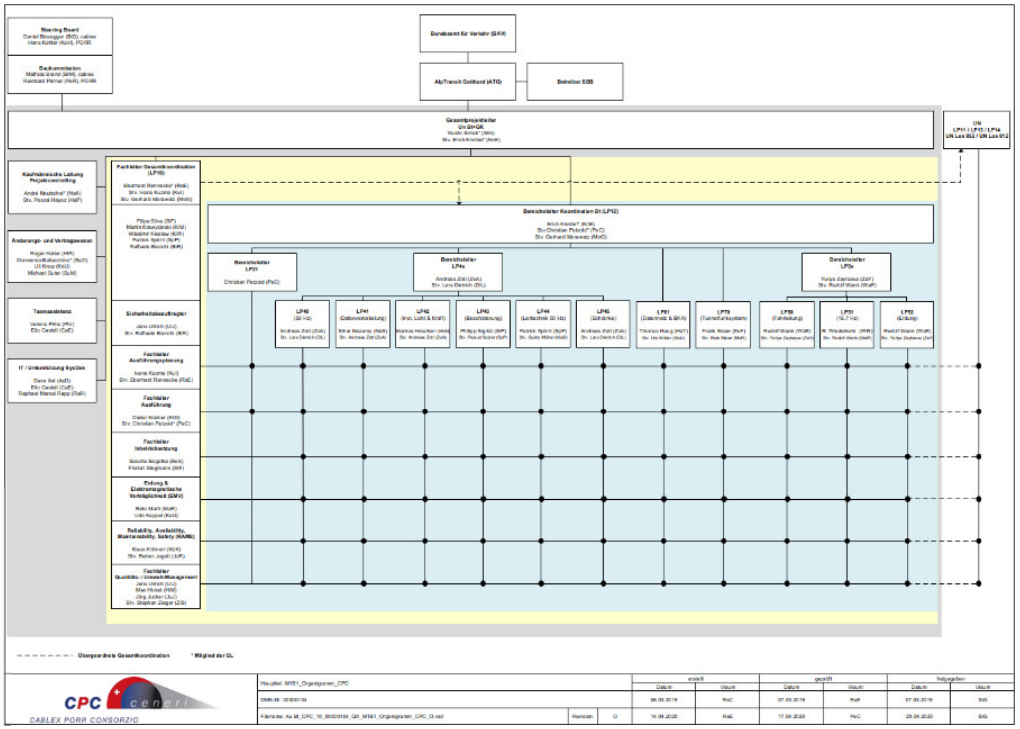
21.05.2012	Publikation der Ausschreibung auf der Internetplattform SIMAP
ab 11.06.2012	Versand der Ausschreibungsunterlagen
26.06.2012	Begehung und Einführung in die Ausschreibungsunterlagen
27.07.2012	Schlusstermin für telefonische Auskünfte zum Bezug und Versand der Ausschreibungsunterlagen sowie zum terminlichen Ablauf der Ausschreibung
06.08.2012	Termin 1. Fragerunde
17.09.2012	Termin 2. Fragerunde
14.12.2012	Abgabetermin Angebote
August 2013	Geplante Vergabe
Juni 2014	Geplante Vertragsunterzeichnung und Planungsbeginn Unternehmer Bahntechnik+Gesamtkoordination
Oktober 2015	Baubeginn Installationsplatz
November 2016	Beginn Einbau Fahrbahn in Tunnel
Juni 2017	Beginn Einbau Bahntechnik in Tunnel
April 2019	Beginn Inbetriebsetzungsphase



Un Bt+GK	Unternehmer Bahntechnik+Gesamtkoordination
Un Fb+Log	Unternehmre Fahrbahn+Logistig
Un SA	Unternehmer Sicherungsanlagen
Un TLT	Unternehmer Tunnelleittechnik

ARGE CABLEX – PORR – CONDOTTE

- Un Bt + GK
- LP10 Übergeordnete Gesamtkoordination
- LP12 Koordination Bahntechnik
- LP21 Logistig Bahntechnik
- LP40 50Hz
- LP41 Datenverkabelung
- LP42 Licht&Kraft
- LP43 Beschilderung
- LP44 Leittechnik 50 Hz
- LP45 Schränke
- LP50 Fahrleitung
- LP51 Schaltanlagen / Leittechnik 16,7 Hz
- LP52 Erdungen
- LP61 Datennetz & BKA
- LP70 Tunnelfunksystem



Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Aufgaben von LP5x

- LP 50 — Fahrleitung für die Zulaufstrecke Nord > Systemvorgabe SBB R2
  Herstellung der Fahrleitungsmastfundamente
  Fahrleitung Tunnel > DSS System v = 250 km/h
  Bohren und Montage der Hängesäulen
  Montage des strahlenden Kabels

- LP51 — Schaltanlagen im Bereich der Zulaufstrecke
  Schalter im Tunnel
  Leittechnik 16,7 Hz im Tunnel

- LP52 — Herstellung des Grunderdungsnetzes
  Herstellung aller Oberleitungsspezifischer Erdungen im Tunnel und auf den Zulaufstrecken inkl. Bahntechnikgebäuden

Schnittstellen: 67 Schnittstellen unter Verantwortung von LP5x

Beteiligte Firmen an LP5x

EUROPTEN	Koordinierung aller im LP5x beteiligten Firmen Montage der Oberleitungsanlagen, Schaltanlagen, Erdungen, Aufhängungen für das strahlende Kabel
Furrer+ Frey	Systemlieferant der DSS Planung der Oberleitungsanlage und Lieferung der Komponenten
PORR	Herstellung der Fundamente im Bereich der Zulaufstrecke Nord
REMTEC	Fernwirktechnik / Steuerung Schalter im Tunnel
WIEDERKER	Planung Erdung
ELBATECH	Montage des strahlenden Kabels (Lieferung System LP70)

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Bauablauf

- Februar 2015 — Vergabe an CPC

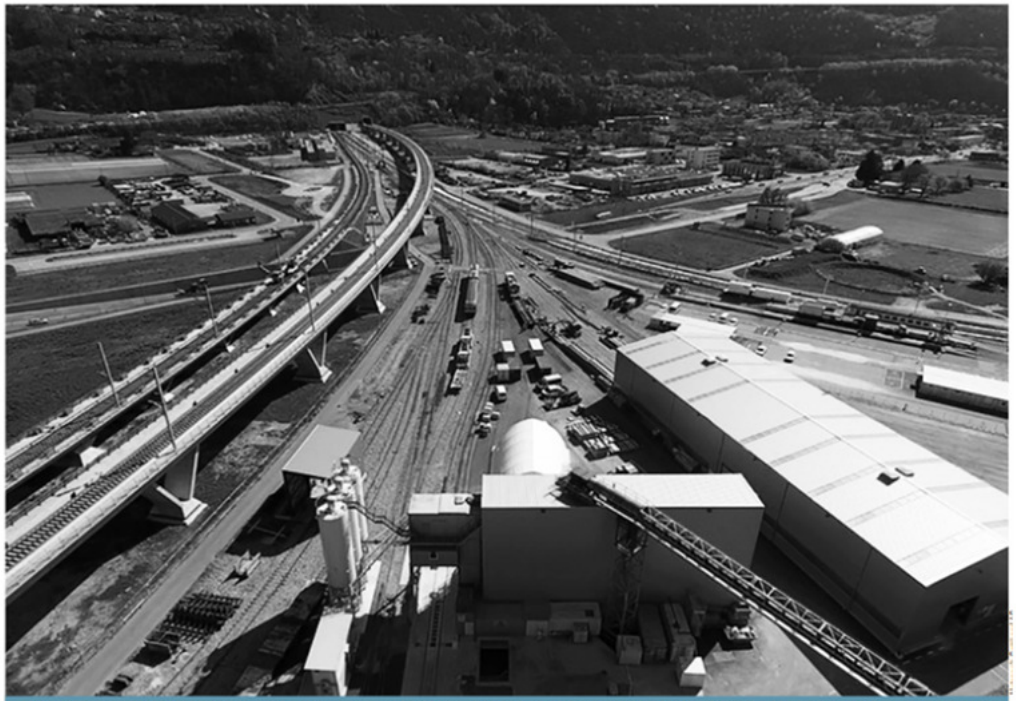
  Konzeptphase (2 Abgaben von je 6 Dokumenten)
  Detailprojekt (3 Abgaben von je 55 Dokumenten)
  Ausführungsprojekt (5 Abgaben von je 300 Dokumenten)

- Sommer 2016 — Montagebeginn (Erdungsarbeiten BTGY)
- Sommer 2017 — Montagebeginn (Erdungsarbeiten BTGV)
- Dezember 2018 — Herstellen der Sonderfundamente (Nord)
- März 2018 — Start Vermessungsarbeiten im Tunnel
- Mai 2018 — Start Montage der DSS
- August 2019 — Fertigstellung Tunnel
- Februar 2020 — Fertigstellung Strecke Nord
- 31.8.2020 — Übergabe an SBB

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

… zur Ausführung, Montagetechnologie, Baustellenorganisation &- Logistik

- Installationsplatz Camorino im Norden (1 Q 2018)
  Quartiere für Monteure
  Kantine
  Baubüro
  Lagerhallen für Materialantransporte / Logistik
  Tunnelleitzentrale
- Tunnel konnte nur über den Norden befahren werden.
- 1 Röhre durfte gearbeitet werden.
  Röhre 2 wurde für Rettungseinsätze und Personentransporte beim Schichtwechsel verwendet
- Bauprogramm / Koordination
- Anlieferungen auf Baustellen musste 2 Wochen davor angemeldet werden.
- Sicherheitskonzept
- Mo-Fr 2 – Schicht Betrieb



Der grosse Installationsplatz von Camorino: Das höhere Viadukt wird dereinst von Zügen in Richtung Norden befahren

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Fundierung im Norden

40 Stk Sonderfundamente

20 Stk Fundamente SBB - Standard

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Maststellen mit Hubschrauber

100 Stk	Masten
1 Stk	Schaltgerüst
1 Stk	Schaltposten

Bohrarbeiten im Tunnel

65000 Bohrungen für DSS und Funkkabel

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

4500 Stk	Hängesäulen / Tragwerke
120000 m	Rückleiterseil

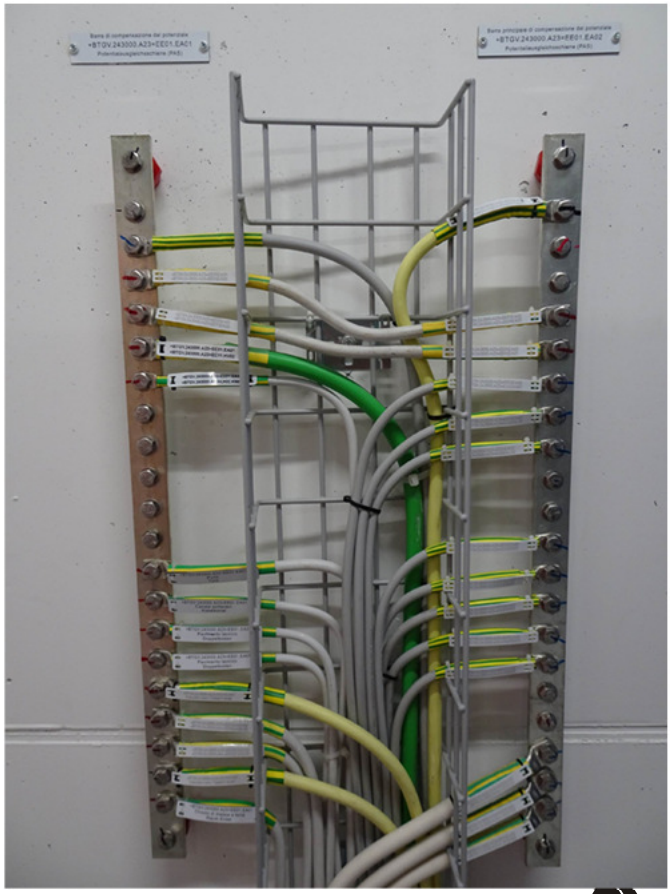
Einsatz HYBRID - MTW

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

2550 Stk	DSS – Elemente			
44 Stk	Dilatationen	/	9 Stk	Streckentrenner
30000 m	Fahrdraht			

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

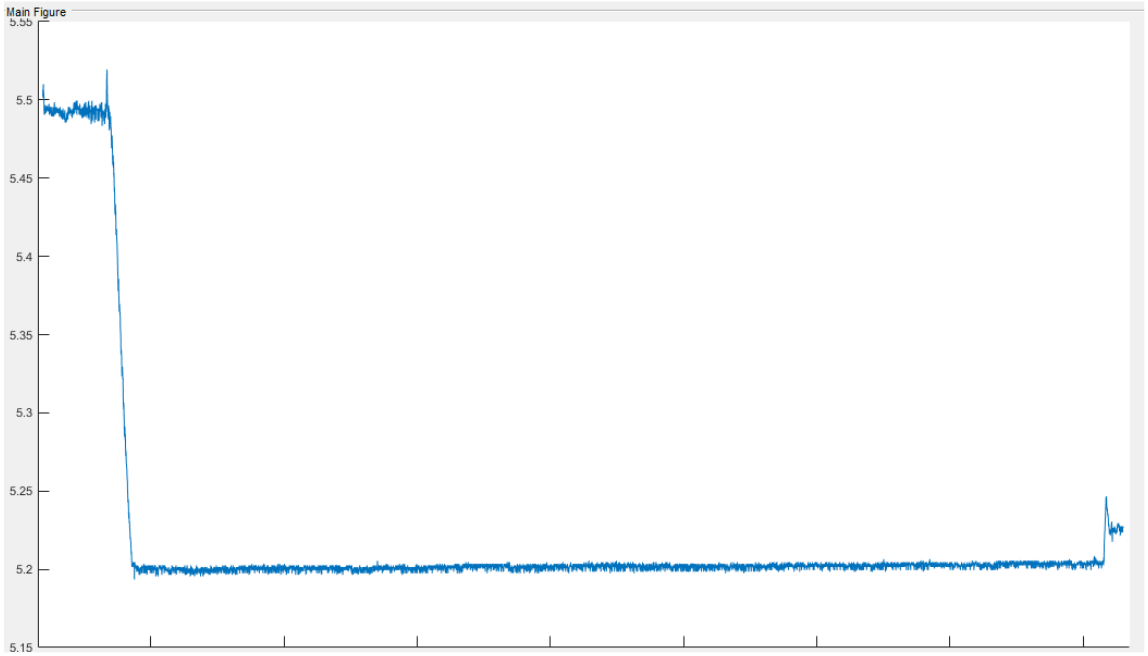
- CU- Seile 12.450m
- CU-Kabel 13.500m
- HPAS/PAs 400 Stk



Zwischenthema: Die Toleranz bei der Planung, bei der Ausführung und Abnahme

Furrer+Frey baut Fahrleitungen

- Die Aussenanlage wurde nach Vorgabe der SBB Handbücher geplant und gebaut.
- Die DSS im Tunnel nach den Vorgaben im DSS Handbuch für den CBT. Die Höhen- und Seitenlage des Fahrdrahtes im DSS Profil wurde mit +1/- 2 cm in der Seitenlage und +/- 2 mm in der Höhenlage gefordert und auch so ausgeführt.



Messung der Höhenlage über die ganze Tunnellänge (Weströhre)

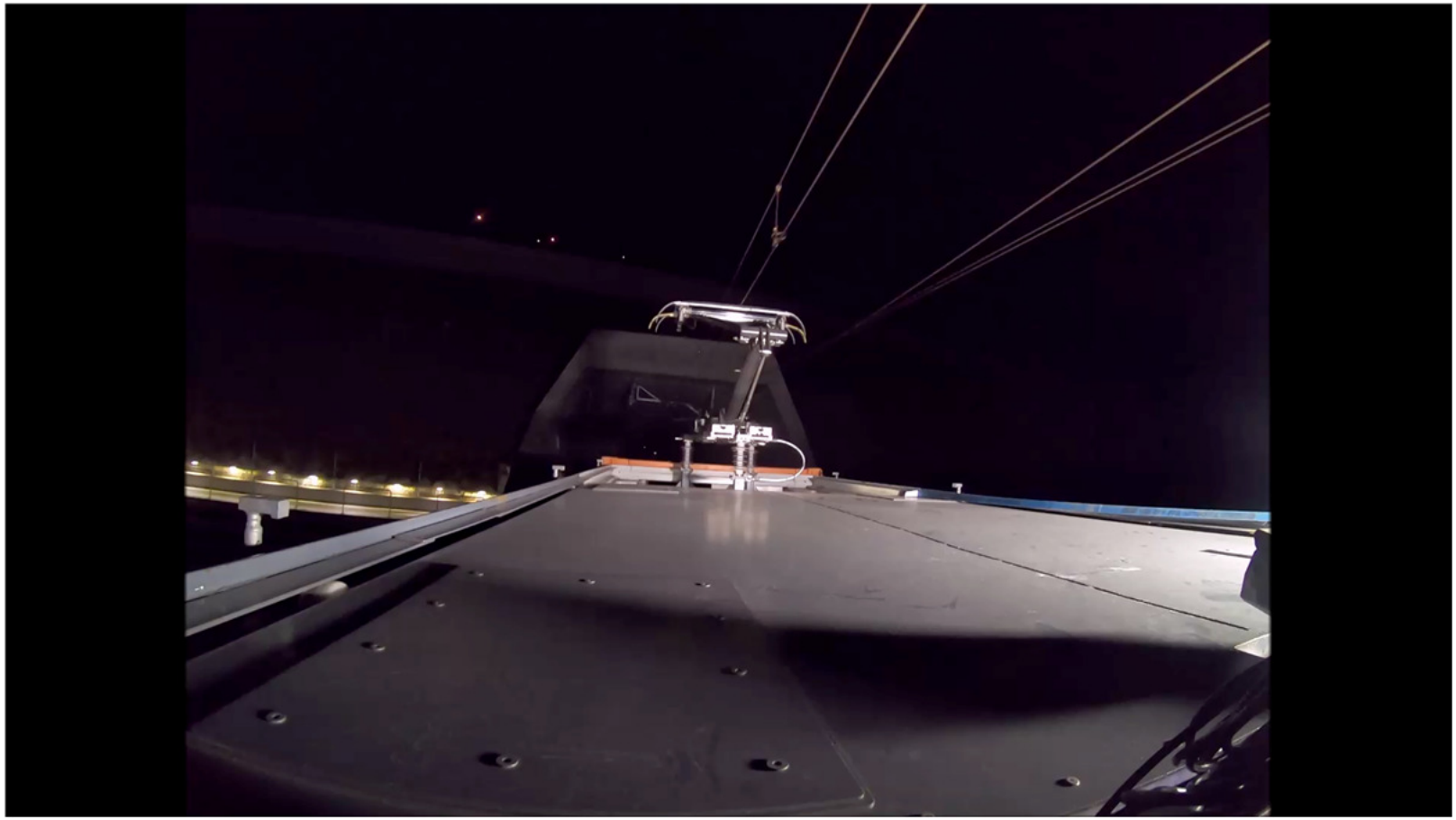
EUROPTEN 100 JAHRE LEITUNGSBAU

AlpTransit Gotthard San Gottardo

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Zwischenthema: Die Toleranz bei der Planung, bei der Ausführung und Abnahme

Furrer+Frey®
baut Fahrleitungen



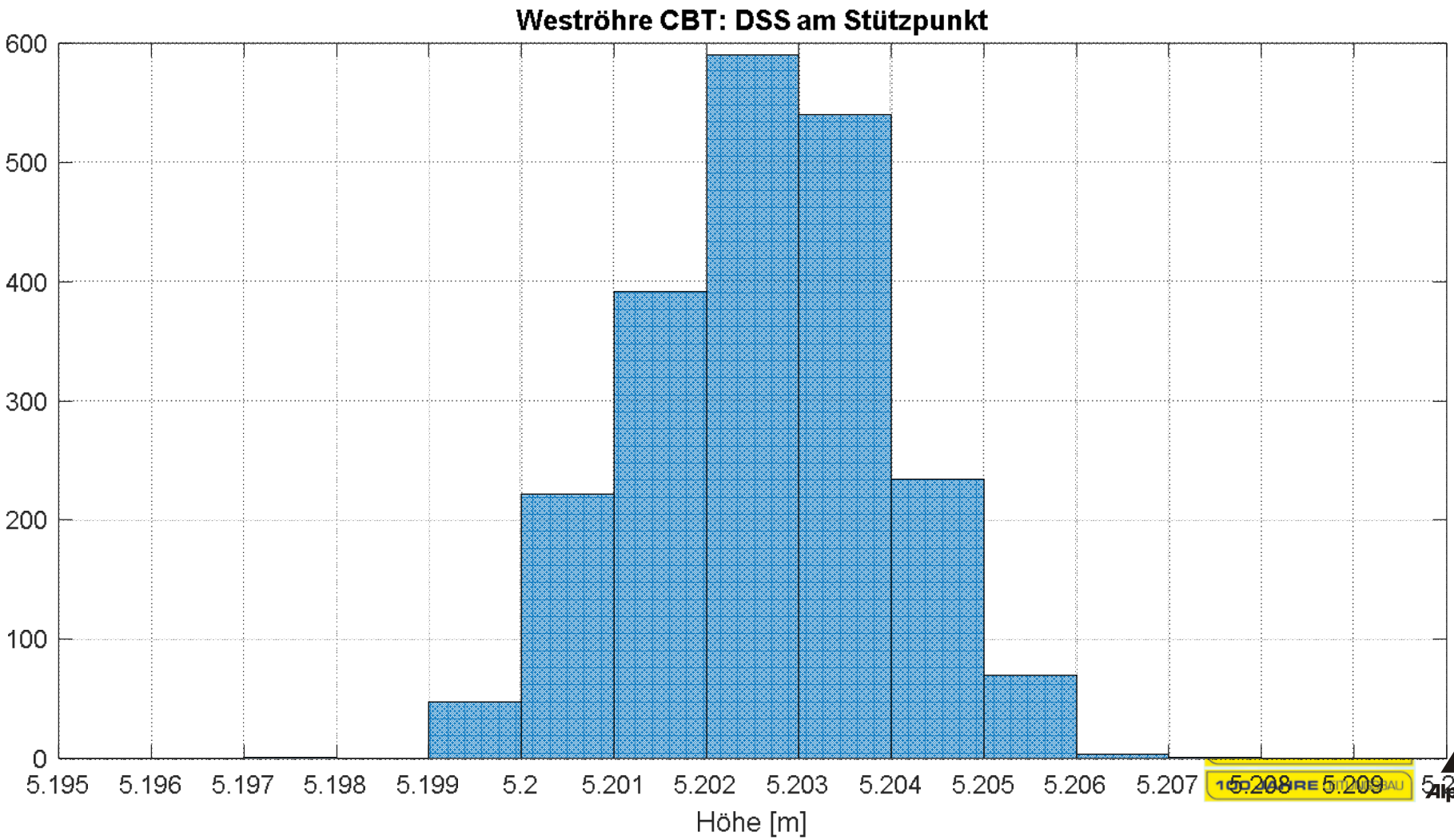
Messung der Höhenlage über die ganze Tunnellänge (Weströhre)

EUROPTEN
100 JAHRE LEITUNGSBAU

AlpTransit Gotthard San Gottardo

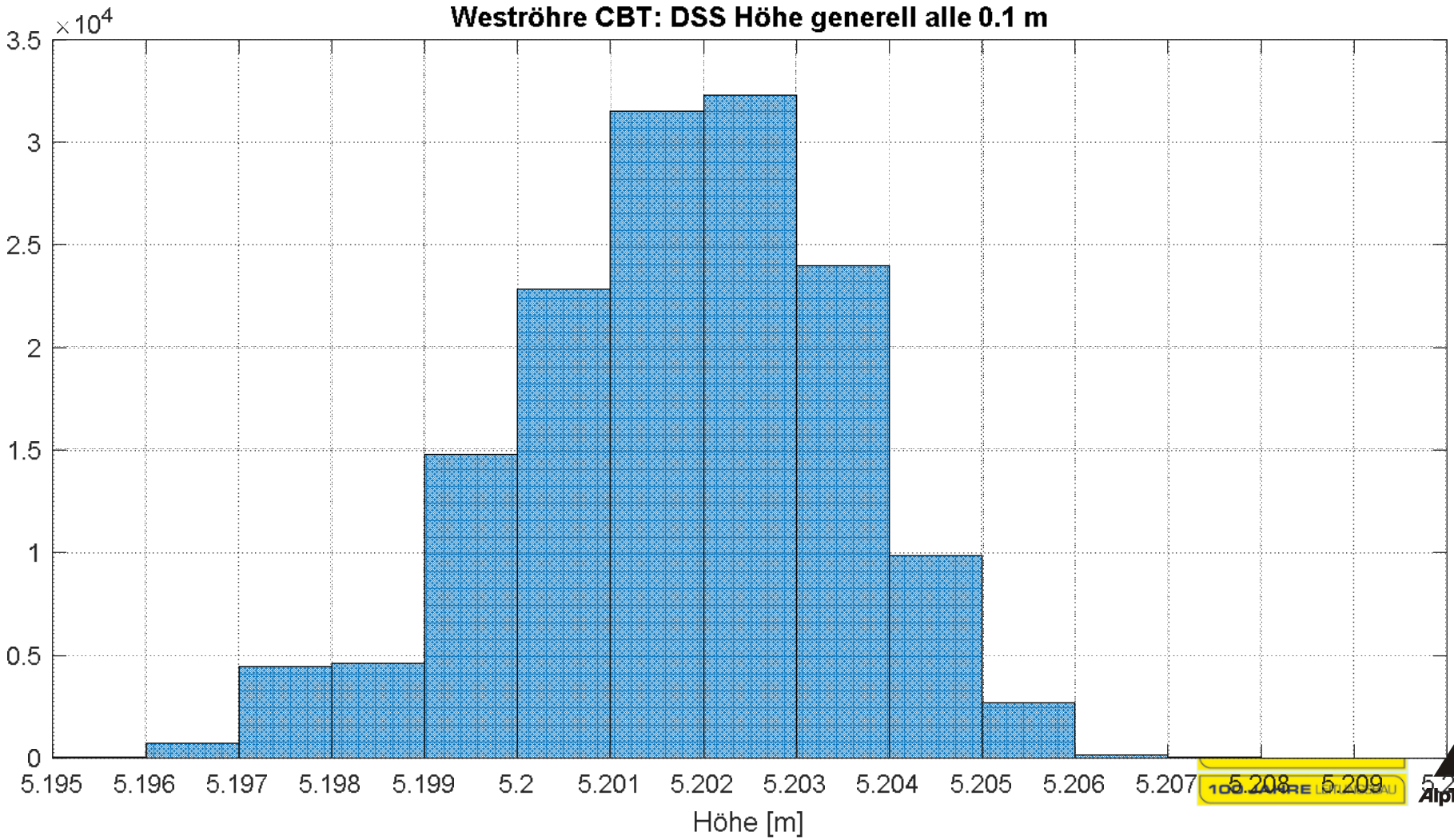
Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Zwischenthema: Die Toleranz bei der Planung, bei der Ausführung und Histogramm von hf am Stützpunkt



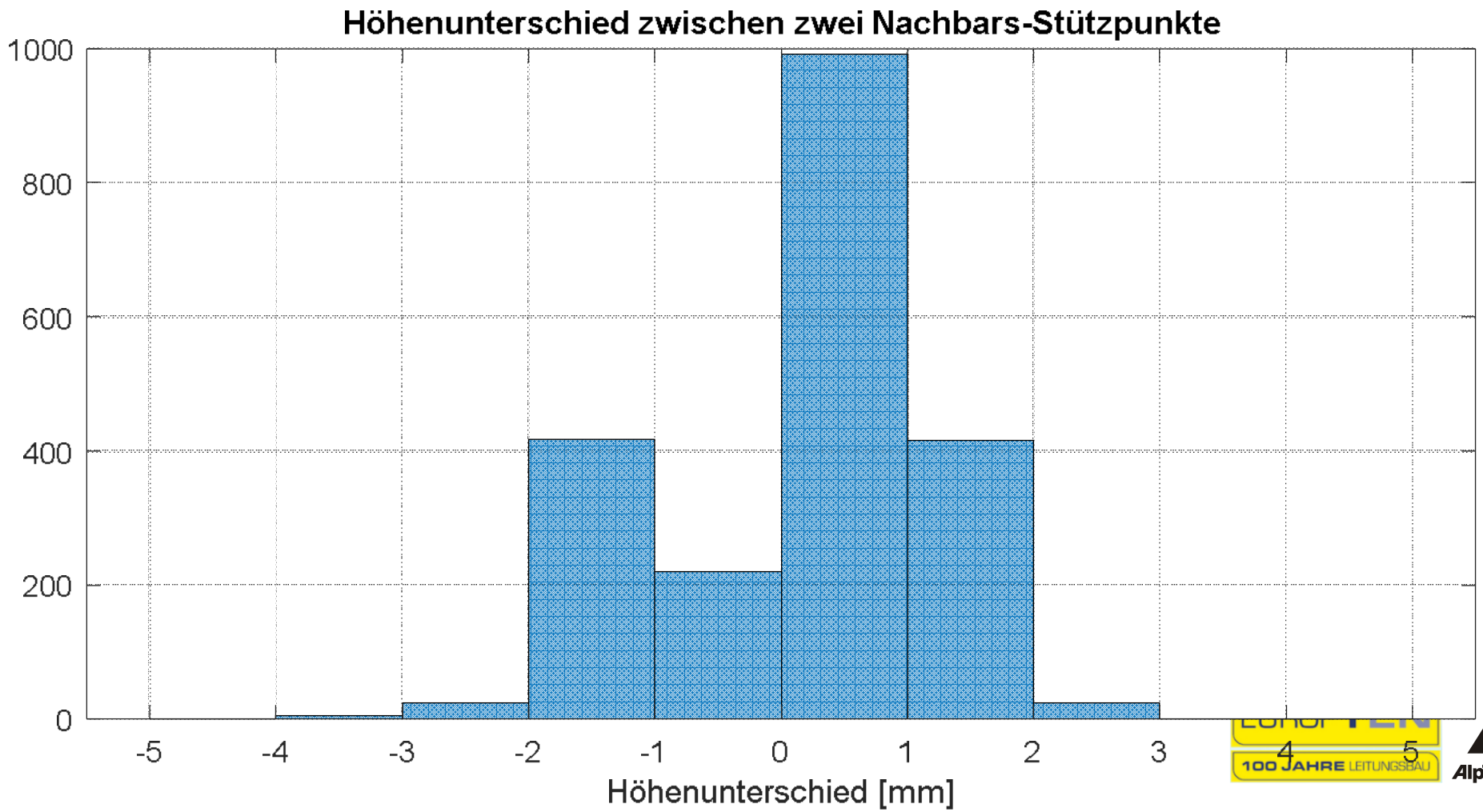
Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Zwischenthema: Die Toleranz bei der Planung, bei der Ausführung und Histogramm von hf am Stützpunkt



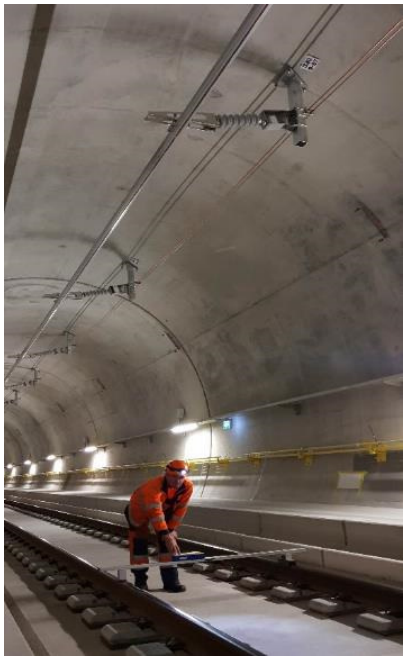
Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Zwischenthema: Die Toleranz bei der Planung, bei der Ausführung und relative Höhenabweichung von Stützpunkt zu Stützpunkt



Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Messmethoden, Nachweise



145 NW Unterlagen mit Prüfprotokollen
Das Nachweisdokument FAT LP50 Tunnel hat alleine 980 Seiten.
Die Auswertung Dilatation hat ca. 800 Seiten. (1600 Fotos)

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Messmethoden, Nachweise

- Einsatz von DEVOS zur Verwaltung der über 400.000 Bilder und Standortbezogenen Protokolle

Prüfprotokoll Hängesäule

EUROPTEN

Bereich: Ost
Datum Bericht: 06.02.2020
Datum Prüfung: 25.03.2019
Stützpunkt: 242.6-06
Ersteller: Benjamin Wieland
Prüfer: Schmiedhofer
Temperatur: 15°C

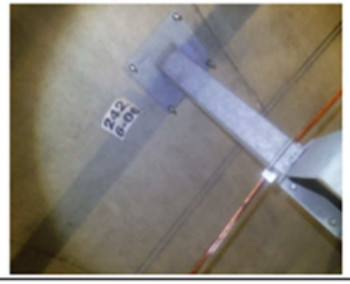
Stützpunkt	Baugruppe	Prüfungsart	Bauteil	Soll	Ergebnis		Bemerkung
	Hängesäule	Sichtprüfung (Schäden, Material, vollständig)	Hängerohr				• Komm.: Mängel behoben • Mangel: Zinkabplatzung • Maßn.1/1: -
			Erdseilbride				
			Gelenksupport kpl.				• Komm.: Mängel behoben • Mangel: Zinkabplatzung • Maßn.1/1: -
			Bride Abspannung				• Komm.: keine
			Isolator				
			Konsole				
			Höhenverstellung				• Komm.: DSS-Nov2018
			Masseband				
		Drehmoment	Anker M16	65 Nm			
			Bügel M16 - RL	70 Nm			
			Pendelrinde Seilklemme - RL	70 Nm			
			Bride - RL	70 Nm			
			Bügel M16 - Gelenksupport	70 Nm			
			M16 Isolator	70 Nm			
			M12 (Masseband)	40 Nm			
		Maße (Hängesäule)	Abstandsmontage				• Messw.: 28
			Überstand	>= 10 mm			• Messw.: 123
			90° zur Gleisachse				
			Länge				• Messw.: 1100
	Konsole	Maße (Konsole)	Neigung				• Messw.: 25

Version 5, Status: offen, Bearbeiter: Benjamin Wieland

Bildanhänge Prüfprotokoll Hängesäule (8)

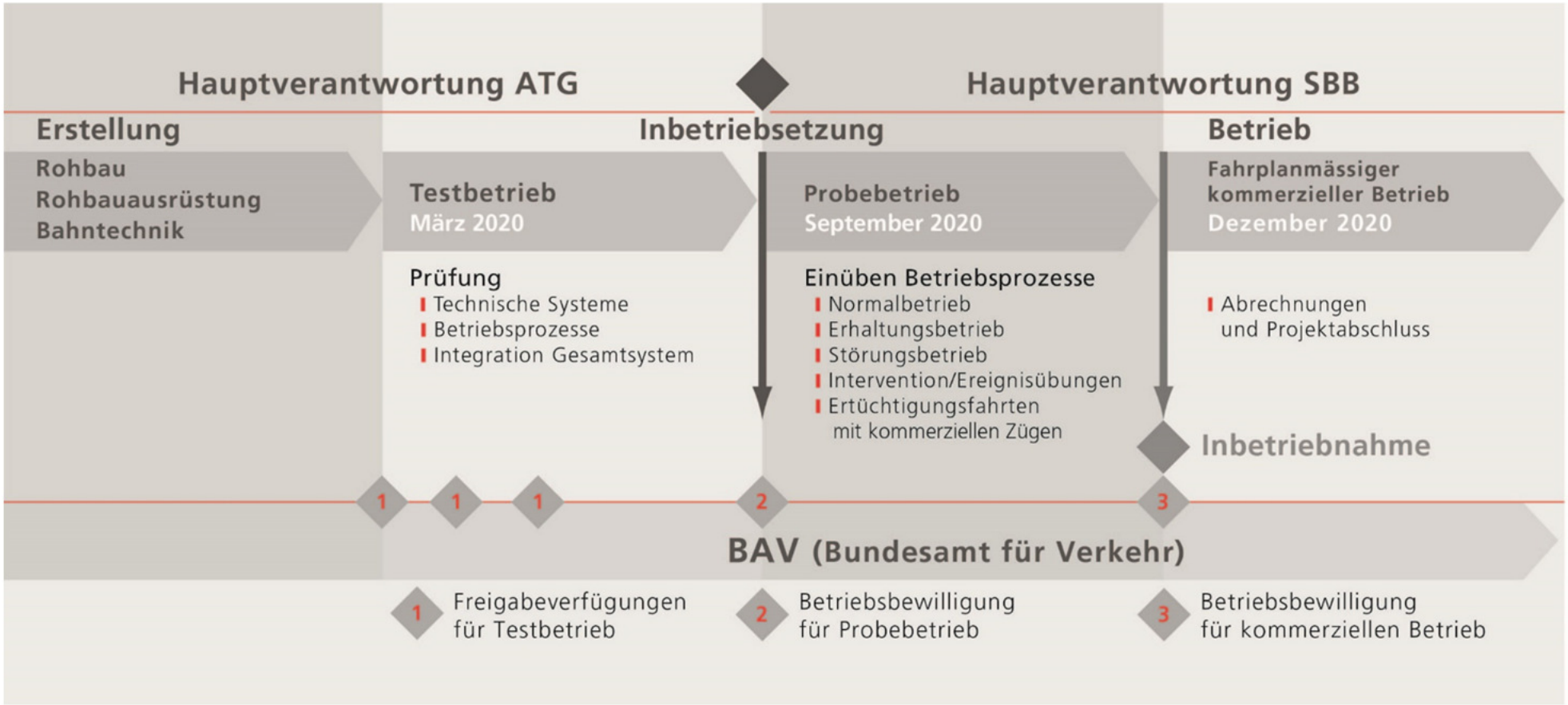
Bild 1/8
Allgemein (DSS-QPK): 242.6-06_DSS-QPK_20191030_221559_000361_684.jpg (3.5 MB)
Aufgenommen am 30.10.2019 22:15:59 von Jürgen Lindner

Bild 2/8
Allgemein (DSS-QPK): 242.6-06_DSS-QPK_20190325_172036_000361_827.jpg (8.1 MB)
Aufgenommen am 25.03.2019 17:20:36 von Benjamin Wieland



Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Inbetriebsetzungsprozesse Ersteinschalten, Organisation Testbetrieb



Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Inbetriebsetzungsprozesse Ersteinschalten, Organisation Testbetrieb

- Vor und nach dem Ersteinschalten werden sämtliche Funktionen der Bahnstromanlagen ab dem UW konsequent getestet
- Einmal die Anlagen unter Spannung werden die elektrischen Messungen als Nachweise durchgeführt:
  - Impendanzmessungen
  - Stromrichtungsmessungen
  - 24 Std-Hochspannungstests
  - Kurzschlusstests
  - Stromverteilungsmessungen
  - Erdungsmessungen

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Inbetriebsetzungsprozesse Ersteinschalten, Organisation Testbetrieb

- Nach Bestätigung der Befahrbarkeit der Bahnlinie werden sämtliche Messfahrten und Fahrzeugs-Homologationen durchgeführt
- Es wurden 20 verschiedenen Messkompositionen eingesetzt
- Dynamische Messungen:
  - Kontaktkraftmessungen sowie Hochtastfahrten mit Lok-bespannten Kompositionen und mit ICE-S der DB Systemtechnik
  - Anhubmessung beim Kettenwerk
  - Optische Beobachtungen des Stromabnehmerlaufs

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Inbetriebsetzungsprozesse Ersteinschalten, Organisation Testbetrieb

- Messprinzip der Kontaktkraftmessung:
  - Messstromabnehmer mit Beschleunigungssensoren
  - Seilfahrten zur Ermittlung der aerodynamischen Korrekturfaktoren
- Ermittelte Kenngrösse:
  - Mittlere Kontaktkraft F_m
  - Standardabweichung σ
  - Maximale Kontaktkraft F_{max}
  - Minimale Kontaktkraft F_{min}

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

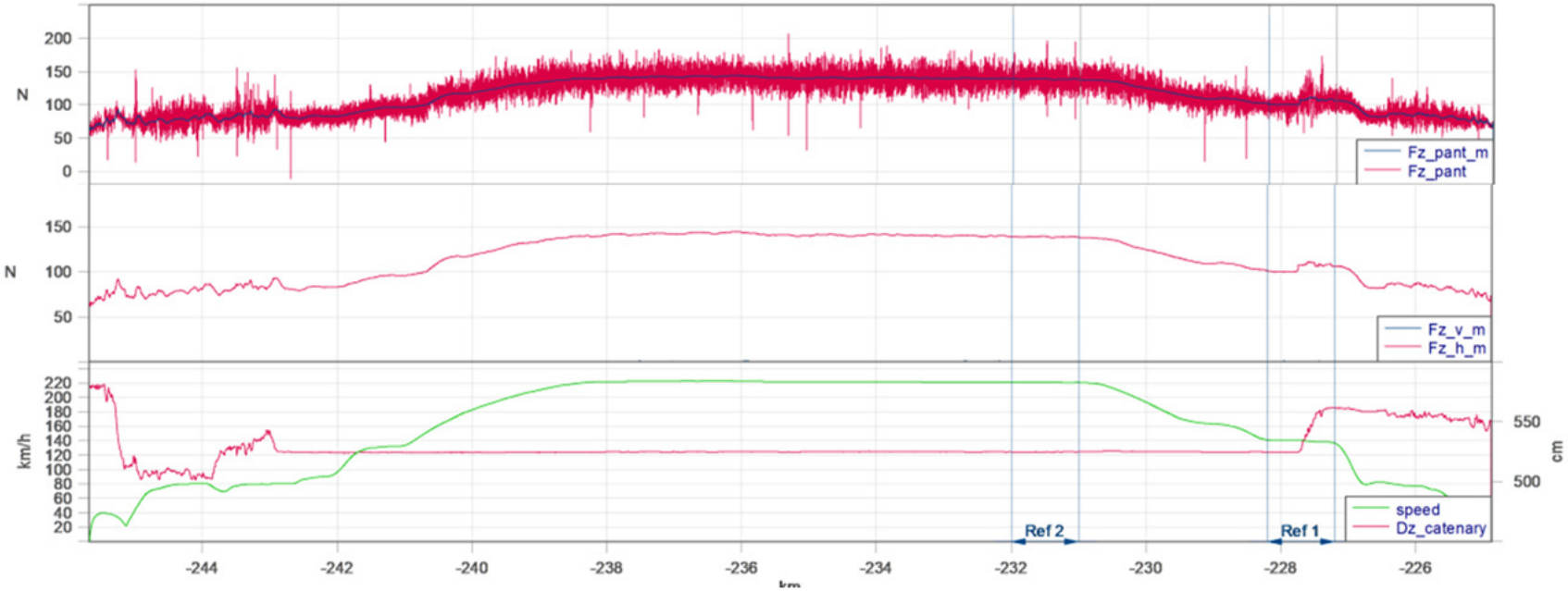
Messergebnisse der Kontaktkraft

Logfile data					
Line	LG-GIU	Date, Time:	24.04.2020 , 04:53	MP Pos:	1
Configuration:	2LZ	Test run no.:	134 / 97890	Track:	East
Panto dir.:	S	Stat. force:	67 N	Weather:	dry
Deflector Ver.:	V_Re460	Speed.:	220 km/h	Temperature:	16 °C

Statistical evaluation

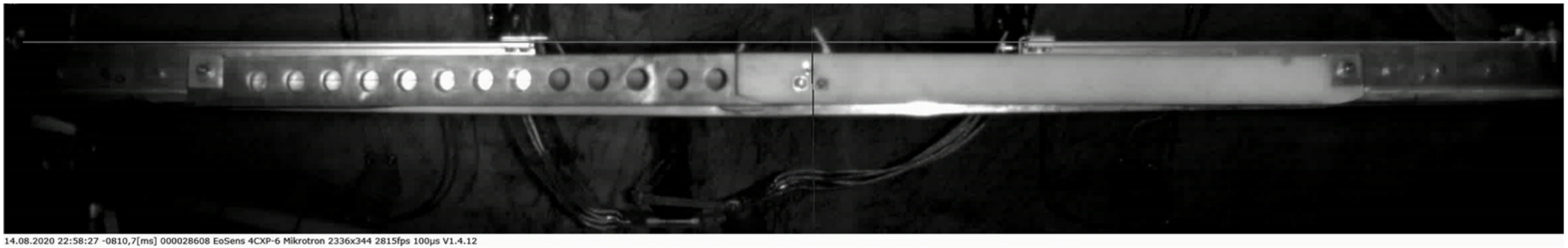
km from	km to	Fm [N]	sigma	Fm-3*sig	Fm+3*sig	Fmin [N]	Fmax [N]	V [km/h	Balance
-227.200	-228.200	104.7	12.4	67.7	141.8	58.0	173.4	139.7	0.00
-231.000	-232.000	138.8	12.5	101.2	176.4	78.9	196.3	221.4	0.00

Remarks:



Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Optische Beobachtungen bei einem Streckentrenner



- Highspeed-Kamera (2800 Bilder pro Sekunden mit v_{Zug}=220 km/h)

Fazit

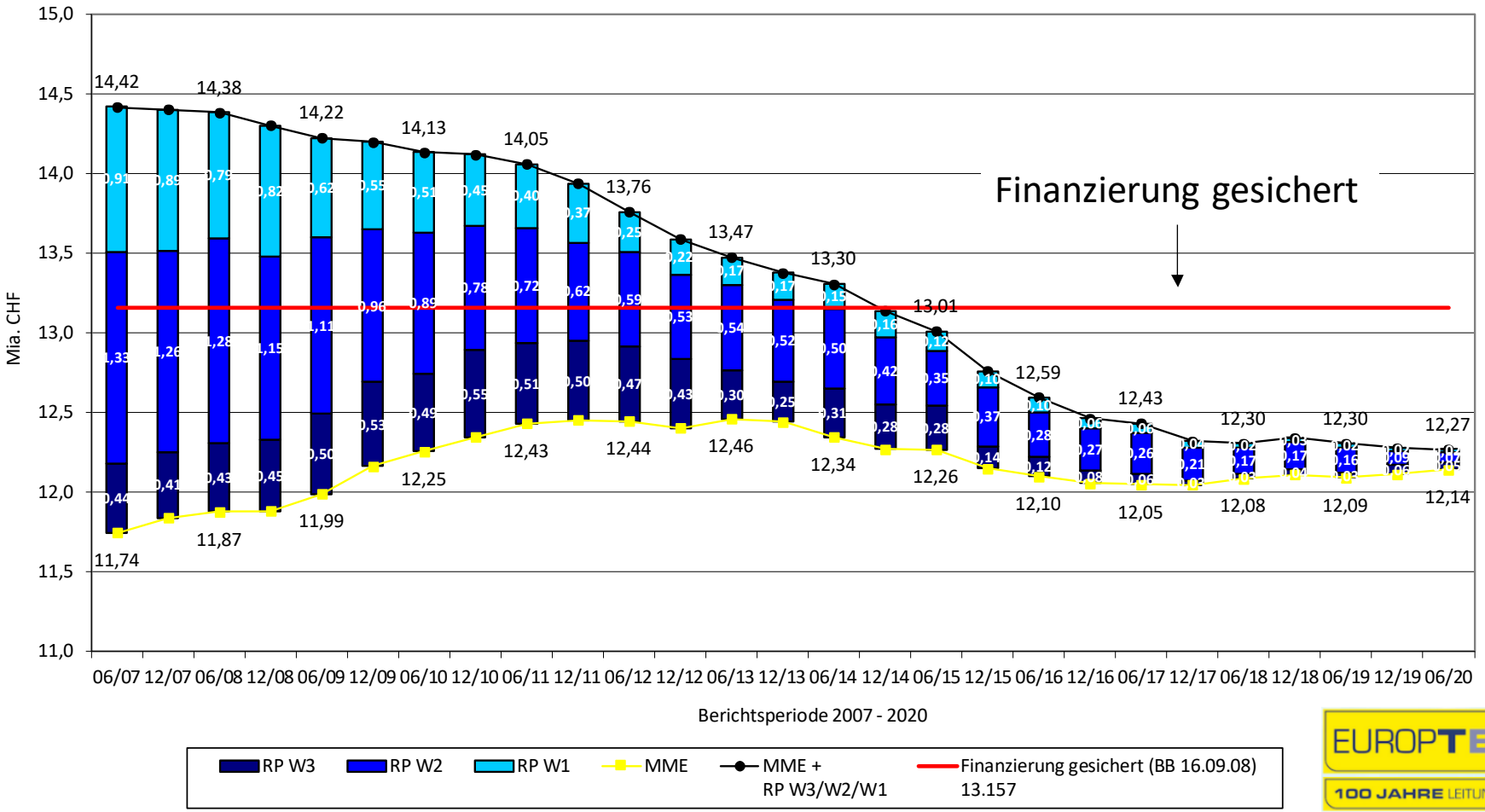
- Deckenstromschiene bis 250 km/h vorteilhaft – auch in 1-Spurtunnel
  - Alle Qualitätskriterien sind eingehalten
  - Robustheit → Weiterbetrieb auch nach Kurzschluss auf Triebfahrzeug → im Brandfall länger in Betrieb als ein Kettenwerk
  - Grosse Lebensdauer → zulässige Fahrdrahtabnutzung 50%
  - Grosser äquivalenter Cu-Querschnitt → keine Verstärkungsleitungen nötig
  - Einheitliche, einfache Bauweise → mechanisierte Montage möglich

- Optimierungen und Weiterentwicklungen laufen

Ceneri-Basistunnel: von der Idee zur Inbetriebnahme

Kostenentwicklung, Termintreue

Gotthard Basislinie (GBTB & CBT): Entwicklung der mutmaslichen Endkosten (MME) und Risikopotential (RP)



Schlusswort