

Herausforderungen bei den TBM Vortrieben in Sochi (RUS)



Referent
Bruno Röthlisberger
Amberg Engineering

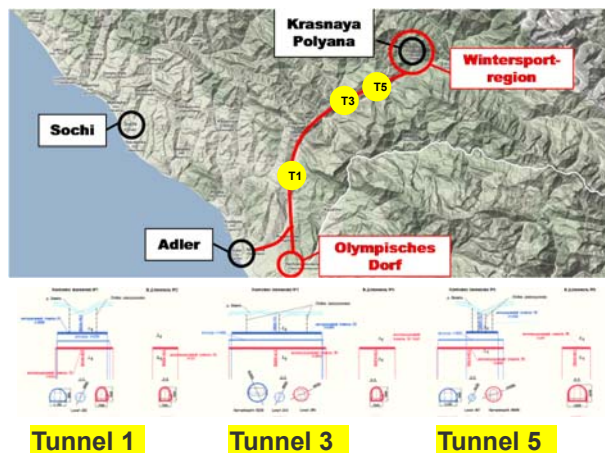
Co Autoren:
Markus Rupnig
Gerd Wieland
Roland Trunk

mit Unterstützung von HK Schwanau AG

EINLEITUNG und PROJEKTÜBERSICHT

- Planung und Bau von Verkehrsinfrastrukturbauten von Adler nach Krasnaya Polyana für die olympischen Winterspiele 2014
- Baubeginn: Januar 2009
- Je 3 Tunnelbauwerke in 6 Tunnelkomplexen (total ca. 30 km Tunnel)
- 6 Tunnel wurden maschinell aufgeföhren (ca. 20 km Länge)
- Enge Zeitpläne - "last minute" Entscheidungen notwendig
- Neue Linienführung während dem der Vortrieb schon gestartet ist
- Gleichzeitige geologische Vorauserkundungen, Planung und Ausführung bei diesem riesigen Projekt gehören zum Alltag

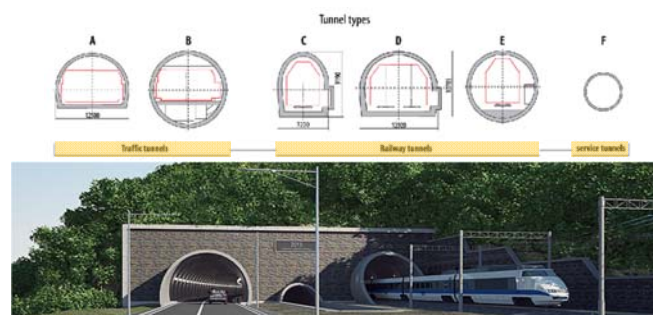
EINLEITUNG und PROJEKTÜBERSICHT



EINLEITUNG und PROJEKTÜBERSICHT

Tunnel System

- Parallele Führung von Strassen-, Service- und Eisenbahntunnel
- Unterschiedliche Tunnelquerschnitte für jeden Tunnelkomplex
- Maschineller und konventioneller Tunnelvortrieb



TUNNEL COMPLEX 3

Nordportal: Rutschmasse, ursprüngliche Variante (Frühjahr 2009)

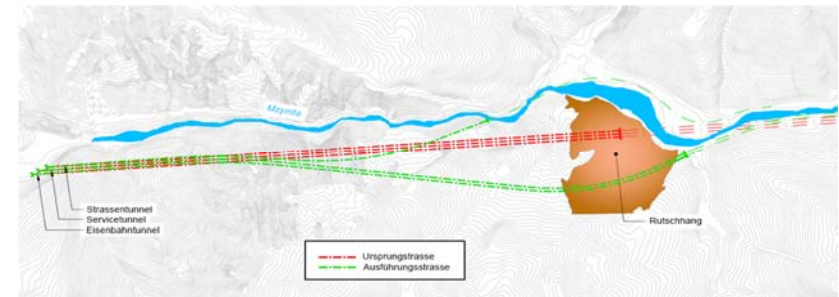


TUNNEL COMPLEX 3

Nordportal: Rutschmasse, Variante 3 (22. Dezember 2009)

Umfahrung des Rutschhanges

- Strassentunnel talseits (Verkürzung um 1'000 m)
- Eisenbahn- und Servicetunnel bergseits (Verlängerung um je 600 m)



TUNNEL COMPLEX 3 – SERVICE TUNNEL

Technische Daten

- Länge: ~ 4'800 m
- Robbins TBM - Doppelschild
- Bohrdurchmesser: 6'180 mm
- Nominelle Vortriebskraft: 11'481 KN
- Schneiderantriebsleistung: 1'440 kW
- Nominelles Drehmoment: 3'440 kNm @ 4 rpm
- Gewicht TBM + Nachläufer: ca. 500 t

TUNNEL COMPLEX 3 - SERVICE TUNNEL

Probleme beim Service Tunnel



TUNNEL COMPLEX 3

Vortrieb Service Tunnel (Süd)

Verschub TBM

Durchschlag 1.3.2011



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

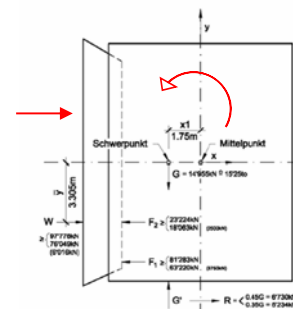
Technische Daten

- Länge: ~ 3'200 m
- S-534 Herrenknecht - Einfachschild
- Bohrdurchmesser: 13'240 mm
- Nominelle Vortriebskraft: 63'000 KN
- Max. Vortriebsgeschwindigkeit: 40 mm/min
- Schneideradantriebsleistung: 3'520 kW
- Nominelles Drehmoment: 13'424 kNm @ 2.34 rpm
- Gewicht TBM + Nachläufer: ca. 1'500 t
- Länge TBM + Nachläufer: ca. 80 m

TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

TBM Start - Übergang Schildwiege/Lockermaterial

- Südportal liegt in Moräne
- Kein Vollaussbruch möglich
- 40 m konventioneller Kalottenvortrieb mit Rohrschirm zu früh abgeschlossen



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

TBM Start - Übergang Schildwiege/Lockermaterial

- Risiko vom Absinken des Bohrkopfes gegeben
- Bodenverbesserungsmassnahmen im Strossen- und Sohlenbereich

kaum Injektionssäulen

Erfolg fraglich



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

TBM Start - Übergang Schildwiege/Lockermaterial

- Start am 15. Mai 2010



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

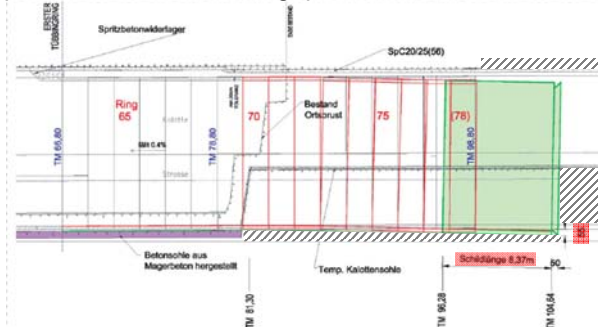
Massnahmen für TBM Fahrt

- Bohrkopf schräg stellen
- Unterschiedlicher Druck auf Pressen
- Vorgängige Bodenverbesserungsmassnahmen im Bereich der Aufstandsflächen
- Reduktion der Reibungswerte zwischen TBM und Gestein unter der Verwendung von Bentonit

TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

Südportal

- Unterbruch des Vortriebs nach einigen Metern. Absenkung des Bohrkopfs um ca. 6 mm/m pro Takt. Nach ca. 20 m war der Bohrkopf 0.55 m unterhalb der geplanten Position.



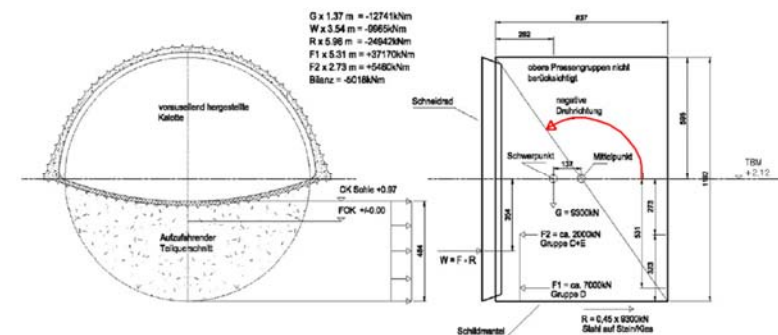
Source: Geomechanics and Tunneling 2 (2009), No. 5

TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

Südportal

Problem

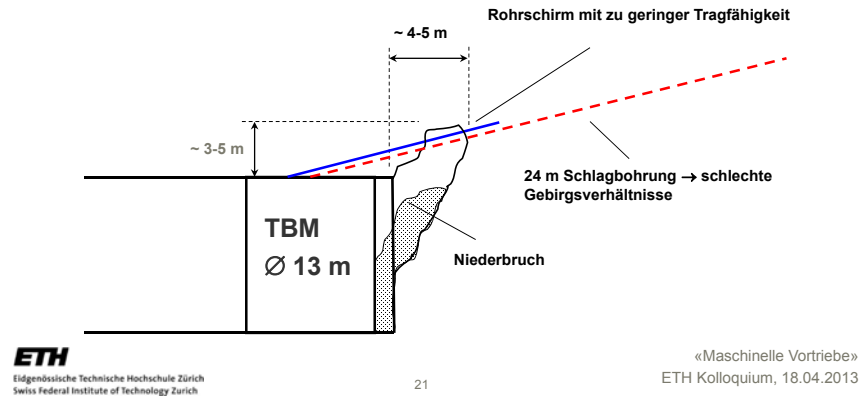
- Berechnungen zeigten, dass der Drehmomentenausgleich der TBM negativ war und eine Absenktendenz zu erwarten war.



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

TBM Vortrieb - Niederbruch unmittelbar nach Rohrschirmende

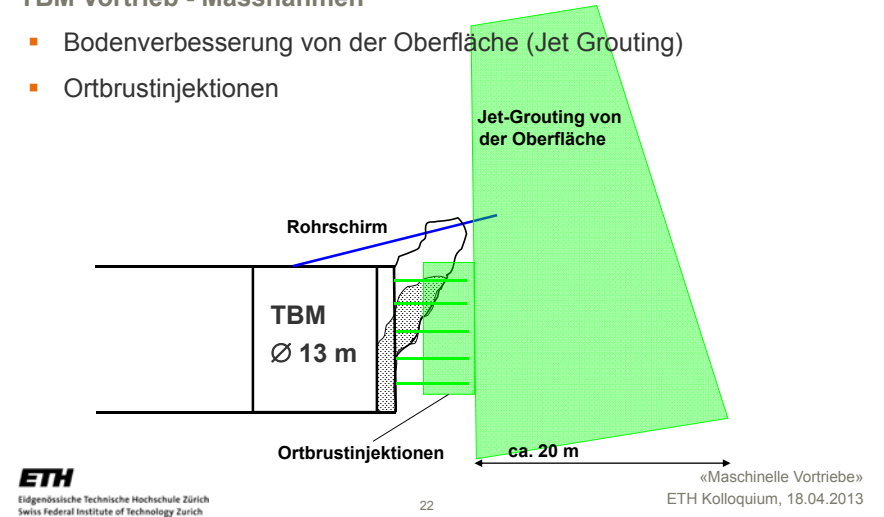
- 22. Juli 2010 - Niederbruch vor dem Bohrkopf bei Tm 86
- Schneidrad blockiert - Vortrieb gestoppt



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

TBM Vortrieb - Massnahmen

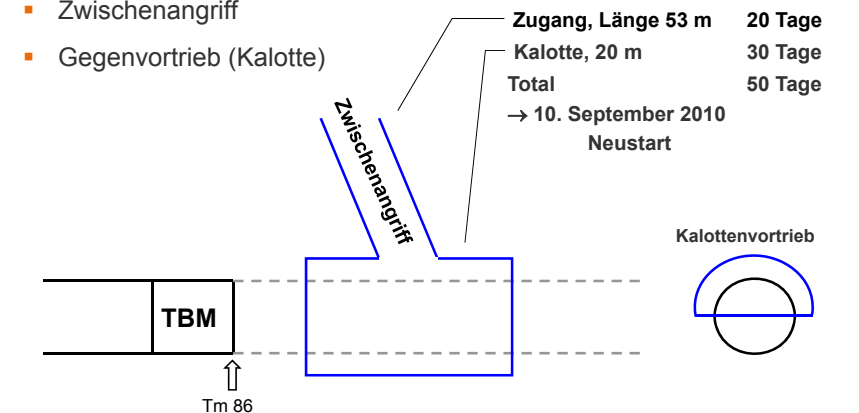
- Bodenverbesserung von der Oberfläche (Jet Grouting)
- Ortbrustinjektionen



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

TBM Vortrieb - Massnahmen

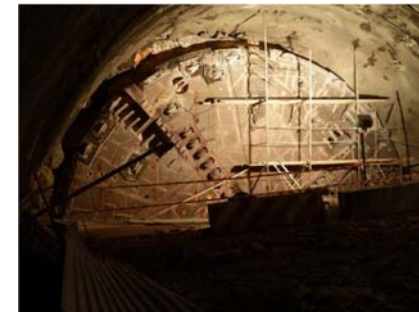
- Zwischenangriff
- Gegenvortrieb (Kalotte)



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

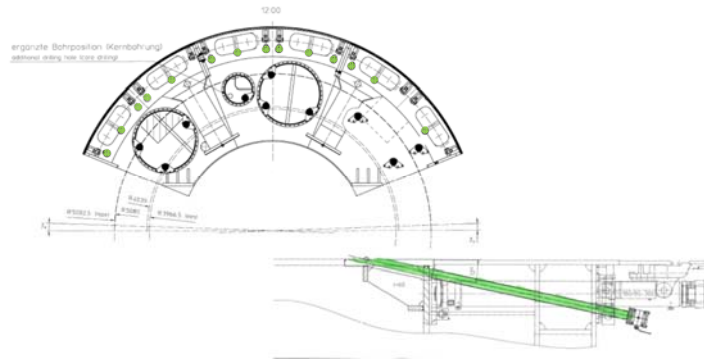
TBM Vortrieb

- Niederbruch bei Tm 520 am 16. Dezember 2010
- Erneutes Freilegen aus einem Zwischenangriff (Länge ca. 94 m)
- Neustart am 28. März 2011



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

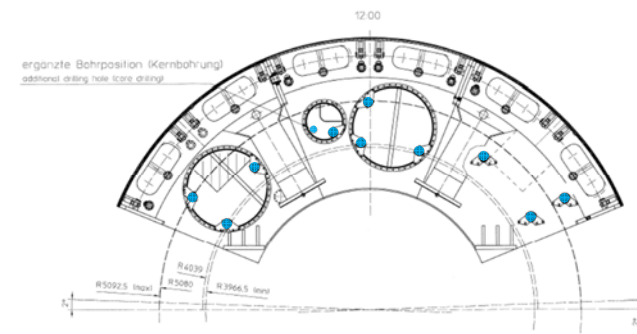
Rohrschirm über Bohrkopf



→ Abstand zu gross

TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

Injektionen durch den Bohrkopf

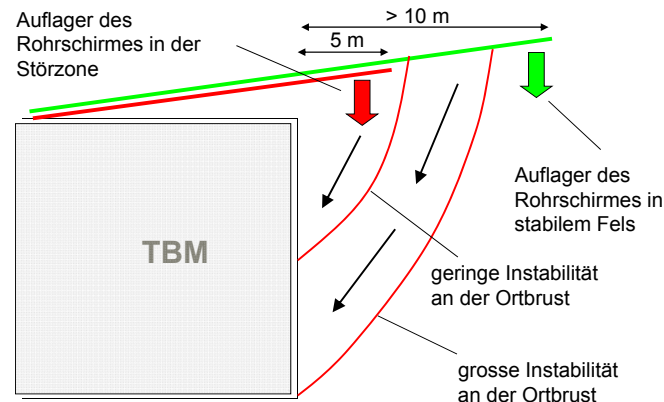


→ Raster zu gross

TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

Geologische Verhältnisse - Massnahmen

- Vortrieb im Schutz eines Rohrschirmes



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

Laufend Niederbrüche

- Drehmoment zu klein → Bohrkopf freischaufeln
- Schliessen der Räumeröffnungen



TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

TBM Vortrieb - Massnahmen

- Freilegen der Kalotte vom Zwischenangriff aus
- TBM Neustart 11. November 2010



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

29

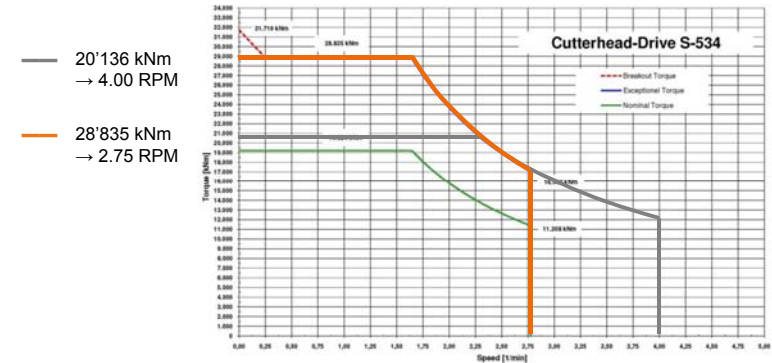


«Maschinelle Vortriebe»
ETH Kolloquium, 18.04.2013

TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

Geologische Verhältnisse - Massnahmen

- Drehmomenterhöhung der TBM
=> Reduktion der Gefahr eines erneuten Blockierens vom Bohrkopf



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

30

«Maschinelle Vortriebe»
ETH Kolloquium, 18.04.2013

TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

Durchschlag am 15. Februar 2012



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

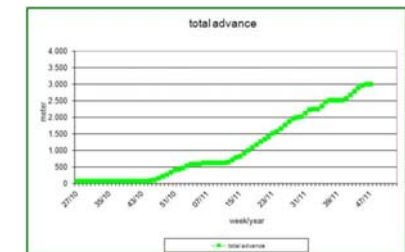
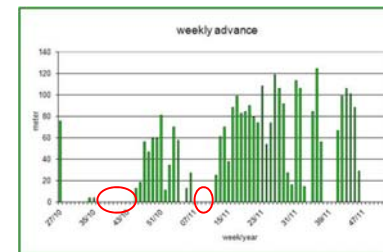
31

«Maschinelle Vortriebe»
ETH Kolloquium, 18.04.2013

TUNNEL COMPLEX 3 - STRASSEN TUNNEL

Erfahrungen/Resümee

- Ungenügende geologische Erkundung
- TBM Wahl suboptimal für angetroffene geologische Verhältnisse
- Aufwendige Bauhilfsmassnahmen während des TBM Vortriebes
- Vortrieb mit vielen Unterbrüchen (Ø Monatsleistung ca. 152 m)



ETH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

32

«Maschinelle Vortriebe»
ETH Kolloquium, 18.04.2013

TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Technische Daten

- Länge: ~ 4'800 m
- LOVAT RMP419SE - Doppelschild
- Bohrdurchmesser: 10'658 mm
- Nominelle Vortriebskraft: 58'700 KN
- Max. Vortriebsgeschwindigkeit: 34 mm/min
- Schneideradantriebsleistung: 5'400 kW
- Nominelles Drehmoment: 22'975 kNm @ 2.1 rpm
- Länge TBM + Nachläufer: ca. 98 m

TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Hauptlagerschaden



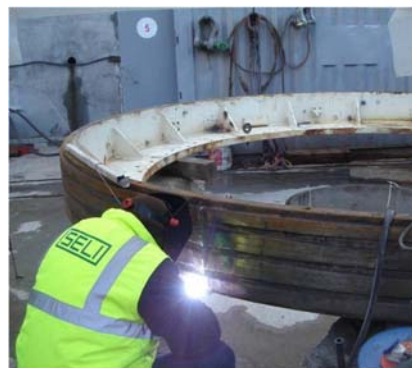
TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Hauptlagerschaden

Herbst 2009



Februar 2010



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Tübbinge

- Schlecht versetzt und hinterfüllt
- Versätze und Abplatzungen im Bereich der Fugen



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Tübbinge

- Tübbing - Handling mangelhaft



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Tübbinge

- Versätze und Schäden



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Tübbinge

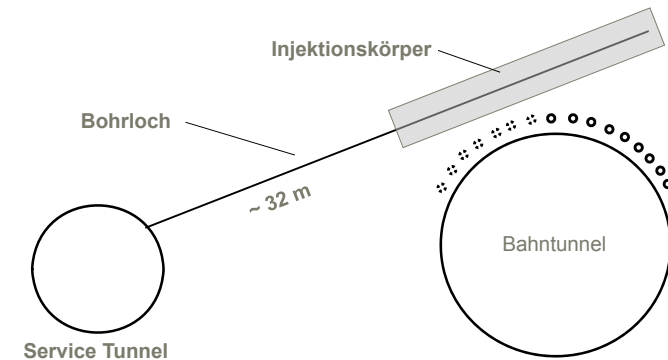
- Auswirkungen



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

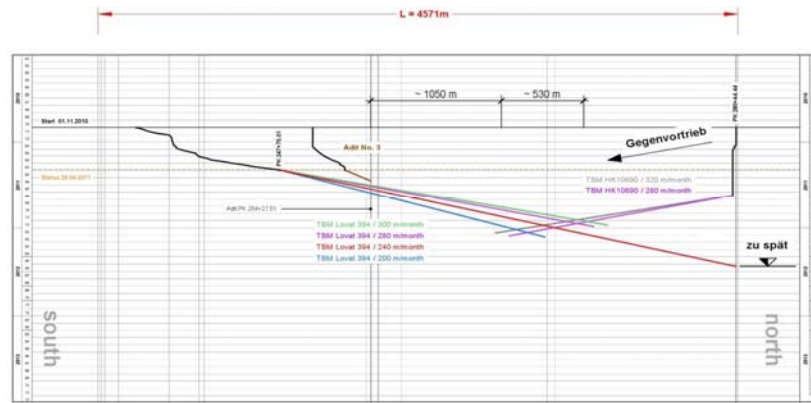
Geologische Verhältnisse - Massnahmen

- Injektionen vom Service Tunnel



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

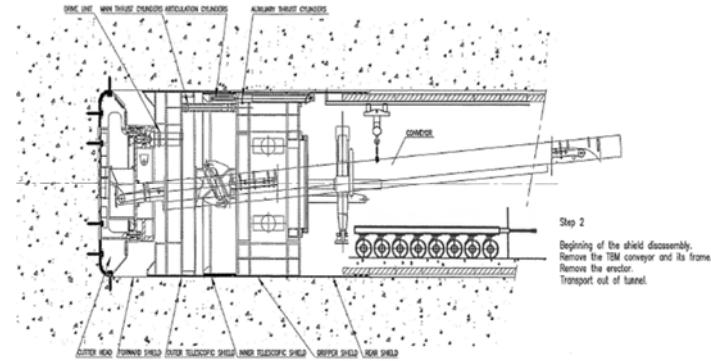
Gegenvortrieb geplant



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Bauzeitplanung: Demontage von 2 TBM mit Ø 10 m im Tunnel

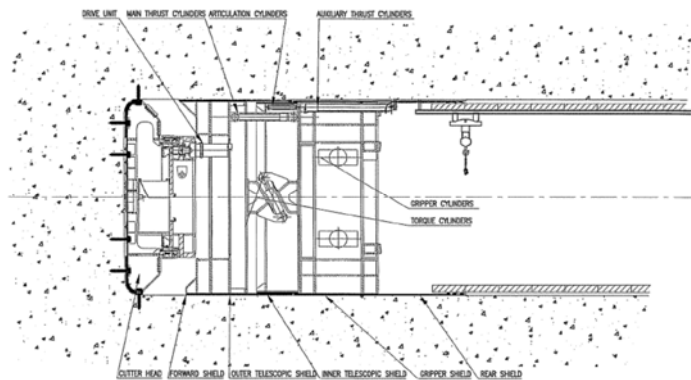
- Entfernen der Förderanlage und des Erektors



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Bauzeitplanung: Demontage von 2 Ø 10 m TBM im Tunnel

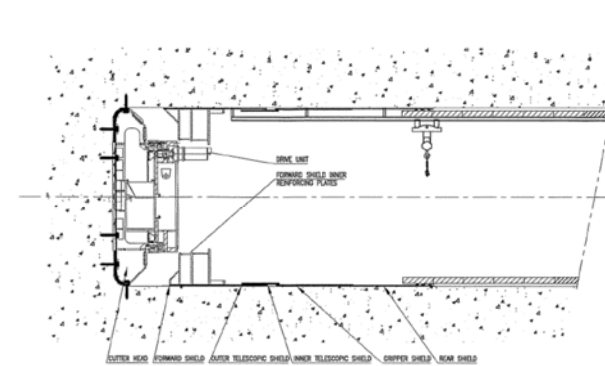
- Entfernen der Gripper



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Bauzeitplanung: Demontage von 2 Ø 10 m TBM im Tunnel

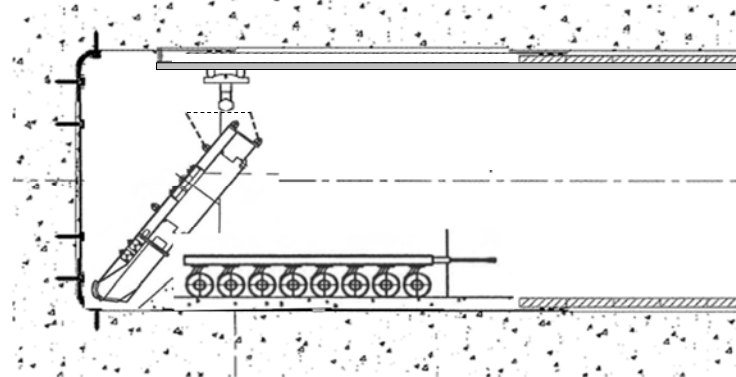
- Entfernen der Antriebseinheiten



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Bauzeitplanung: Demontage von 2 Ø 10 m TBM im Tunnel

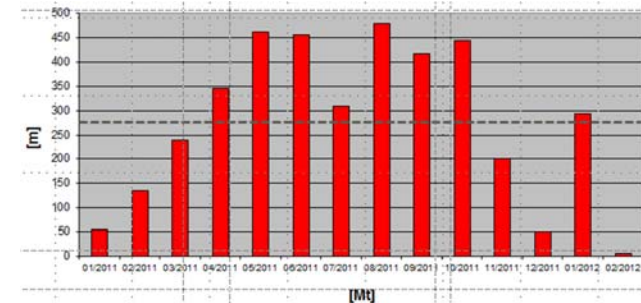
- Entfernen des Bohrkopfs



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Erfahrungen/Resümee

- Vortriebsleistungen (Durchschnitt 2011: 278 m/Monat)
- Ringspaltverpressung nicht optimal und teilweise mangelhaft
- Grösse Ringspalt/Aussendurchmesser Tübbing war nicht optimal



TUNNEL COMPLEX 3 - EISENBAHN TUNNEL

Durchschlag 4. Februar 2012



TUNNEL COMPLEX 5 - SERVICE TUNNEL

Technische Daten

- Länge: ~ 2'800 m
- LOVAT 167 - Einfachschild
- Bohrkopfdurchmesser: 4'284 m
- Max. Vortriebsgeschwindigkeit: 90 mm/min

TUNNEL COMPLEX 5 - SERVICE TUNNEL

TBM Vortrieb

- Provisorische Kippstelle



TUNNEL COMPLEX 5 - SERVICE TUNNEL

TBM Vortrieb - Niederbruch bei Tm 1'500

- Bohrkopf verklemmt
- Schwierige geologische Verhältnisse



TUNNEL COMPLEX 5 - SERVICE TUNNEL

TBM Vortrieb - Massnahmen

- Errichtung von 2 Umgehungsstollen (First und Parament)
- Erkundungsbohrungen aus dem Umgehungsstollen



TUNNEL COMPLEX 5 - SERVICE TUNNEL

Erfahrungen/Resümee

- Durchschnittliche Leistung ca. 260 m/Monat
- Ungenügende geologische Erkundung
- TBM Wahl (trotzdem) richtig
- Aufwendige Bauhilfsmassnahmen in der Startphase

TUNNEL COMPLEX 5 - EISENBAHN TUNNEL

Technische Daten

- Länge: ~ 2'900 m
- S-517 Herrenknecht - EPB Schild
- Bohrdurchmesser: 10'650 mm
- Nominelle Vortriebskraft: 70'500 KN
- Max. Vortriebsgeschwindigkeit: 60 mm/min
- Schneiderantriebsleistung: 2'800 kW (elektrisch-hydraulisch)
- Drehmoment: 1. Stufe 21'203 kNm @ 0.85 rpm
- Gewicht TBM + Nachläufer: ca. 1'600 t
- Länge TBM + Nachläufer: ca. 65 m
- Betriebsdruck: 3.5 bar

TUNNEL COMPLEX 5 - EISENBAHN TUNNEL

TBM Start - Übergang Schildwiege/Lockermaterial

- Südportal liegt im Hangschutt
- Start im Vollaussbruch mit Rohrschirm
- TBM im "open mode"



TUNNEL COMPLEX 5 - EISENBAHN TUNNEL

TBM Start - Übergang Schildwiege/Lockermaterial

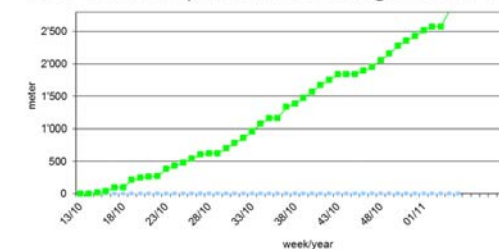
- Absinken vom Bohrkopf (ca. 330 mm)
- Verbrauch im Portalbereich



TUNNEL COMPLEX 5 - EISENBAHN TUNNEL

Erfahrungen/Resümee

- Günstige geologische Verhältnisse
- TBM Vortrieb mehrheitlich nicht als EPB
- Durchgehende Förderung im "open mode" mit Schnecke
- Keine Bauhilfsmassnahmen während des Vortriebes notwendig
- Kontinuierlicher Vortrieb (Ø Monatsleistung ca. 220 m)



Herausforderungen bei den TBM Vortrieben in Sochi



TUNNEL COMPLEX 5 - EISENBAHN TUNNEL

Durchschlag 9. Februar 2011



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!
Спасибо за внимание!**

mit Unterstützung von HK Schwanau AG