

VDEI talk.ING

Entwicklung eines „echten“ BIM-Modells am Beispiel Horchheimer Tunnel

Dipl.-Ing.
Heiner Fromm

Prof. Dr.-Ing.
Jürgen Schmitt

24.03.2021



**CDM
Smith**

h_da

HOCHSCHULE DARMSTADT
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

fbu

FACHBEREICH BAU- UND
UMWELTINGENIEURWESEN

Agenda



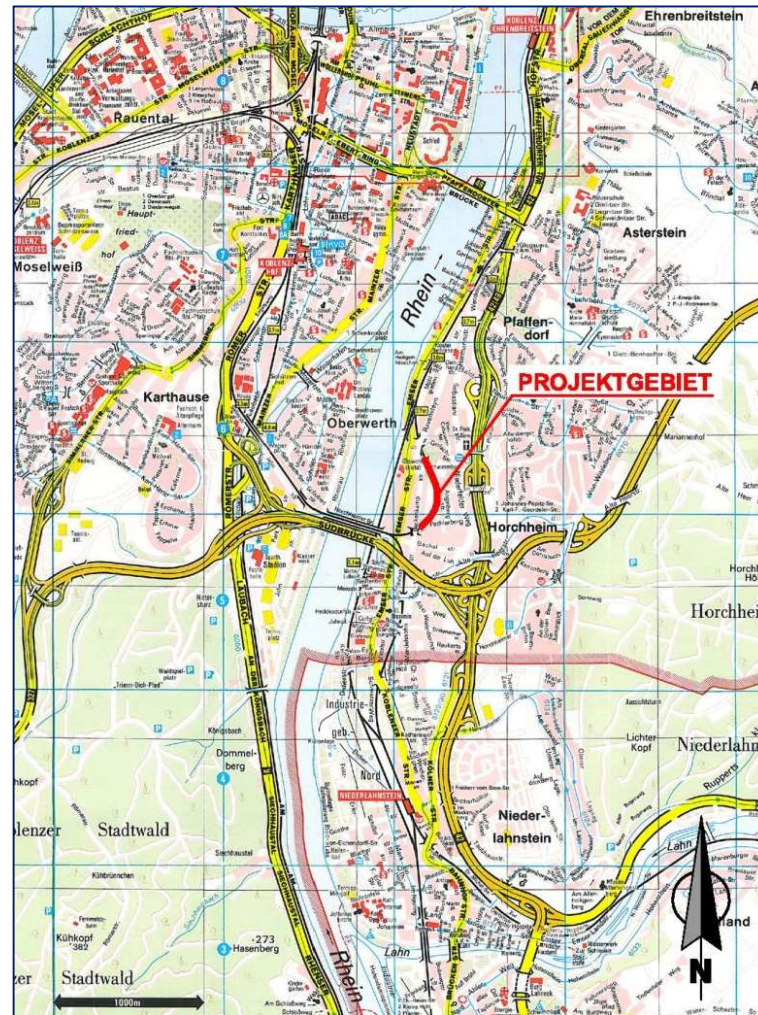
1. Projektvorstellung
2. Erkundungsarbeiten
3. Erkundungsergebnisse
4. Modellierung
5. Ergebnis und Ausblick

Agenda



1. Projektvorstellung
2. Erkundungsarbeiten
3. Erkundungsergebnisse
4. Modellierung
5. Ergebnis und Ausblick

Projektvorstellung



Projektvorstellung

- Strecke 3031
- eingleisige elektrifizierte Hauptbahn
- TEN-T Kernnetz Güterverkehr und Personenverkehr
- Tunnel Horchheim
 - zwischen Abzweig Koblenz Pfaffendorf und Abzweig Koblenz Horchheim
 - Tunnellänge 576 m
 - Baujahr 1902
 - Zustandskategorie 4

Projektvorstellung

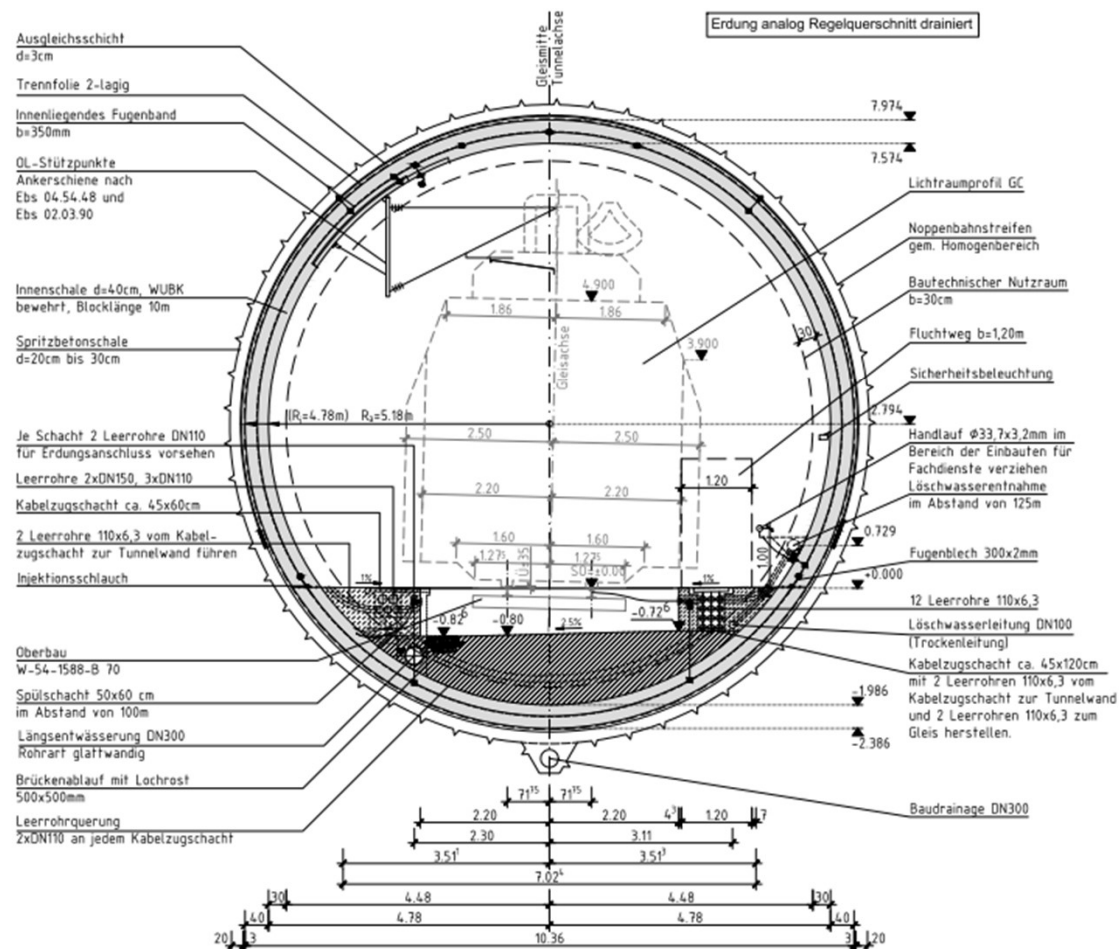
Regelquerschnitt bergmännische Bauweise

druckwasserhaltend
zwischen km 0,8+00 und 1,0+54
T-R-B-K-1

$F_A = 84,30\text{m}^2$ (bis Außenkante Innenschale)

$F_A = 93,30\text{m}^2$ (bei 20cm Spritzbeton)

M. 1:50



Bereichsweise drainierter Querschnitt

Regelquerschnitt bergmännische Bauweise drainiert zur Grundwasserentlastung zwischen km 0,4+90 und 0,8+00

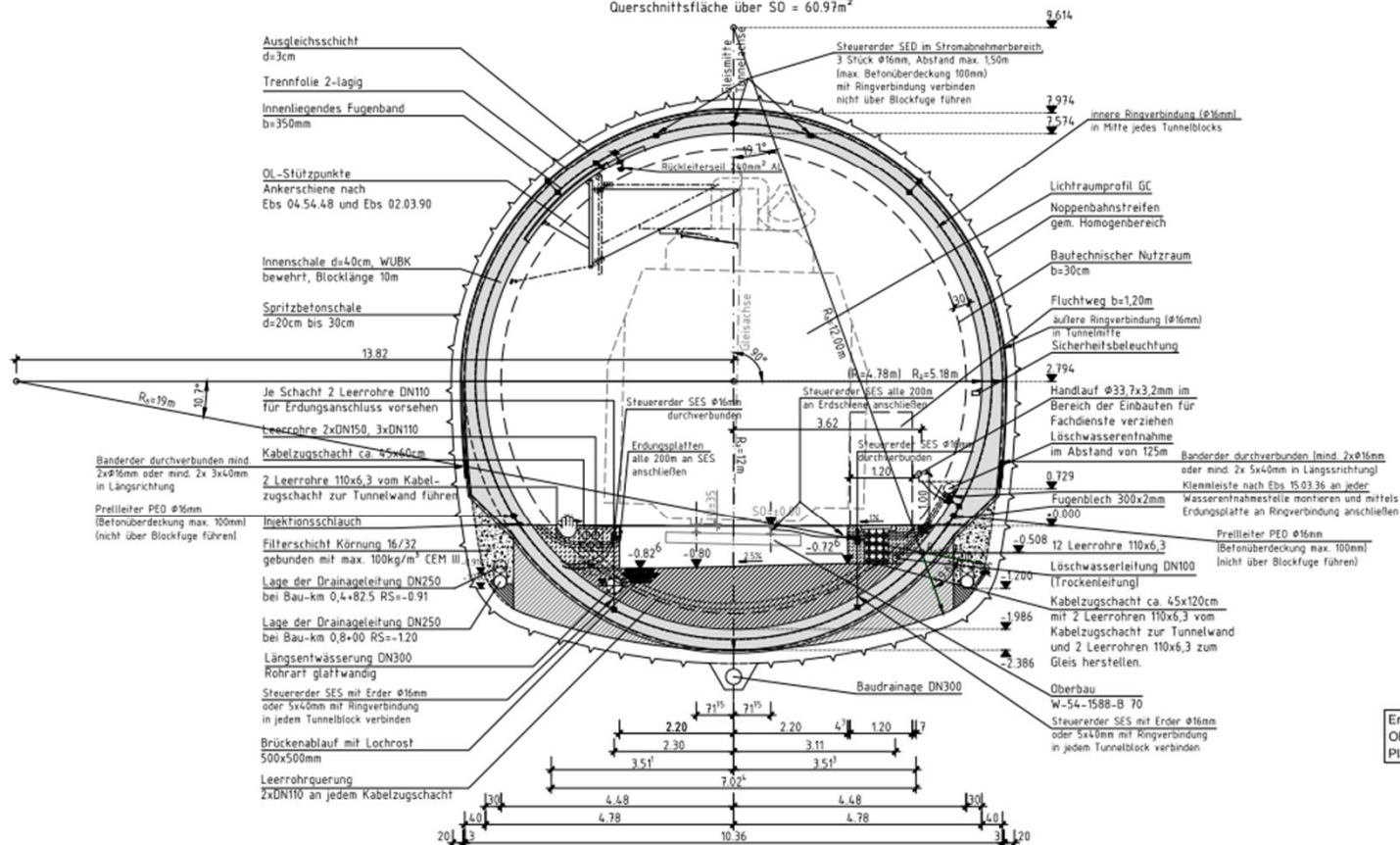
T-R-B-K-1

$F_A = 88.56\text{m}^2$ (bis Außenkante Innenschale)

$F_A = 99.57\text{m}^2$ (bei 20cm Spritzbeton)

M. 1:50

Querschnittsfläche über SO = 60.97m^2



Belegung Leerrohre bahnrrechts:

- 1 = TK
- 2 = TK
- 3 = QLSP
- 4 = TK
- 5 = TK
- 6 =
- 7 =
- 8 =
- 9 = Schachthelling
- 10 =
- 11 = Tunnelsicherheitsbeleuchtung
- 12 = Tunnelsicherheitsbeleuchtung



Belegung Leerrohre bahnlings:

- 13 = Schachthelling
- 14 =
- 15 =
- 16 = LST
- 17 = LST



Erdungskonzept siehe Teilentwurfshft Oberleitungsplanung (Anlage 13.5) Plan EbsE 3031 vom 30.05.2018

Projektvorstellung

- Gesamtbauzeit 26,25 Monate
- 19,25 Monate Vollsperrung
- Von 20:00-07:00 kein lärmintensiven Arbeiten wegen Anrainern
- fehlende BE Flächen im Norden, primäre Abwicklung von Süden aus
- Da der Oberbau 2011 erneuert wurde, werden die Oberbaustoffe wiederverwendet
- Rückbau der Tunnelinnenschale und Hinterfüllung
- Aufweitung des Felshohlraumes
- Bagger- (Meissel) und Sprengvortrieb
- Sicherungsmittel: Systemankerung, Spritzbeton, Spieße
- Ausbau gemäß Regelquerschnitt RIL 853 mit neuer Innenschale und Gleisabstand 4 m

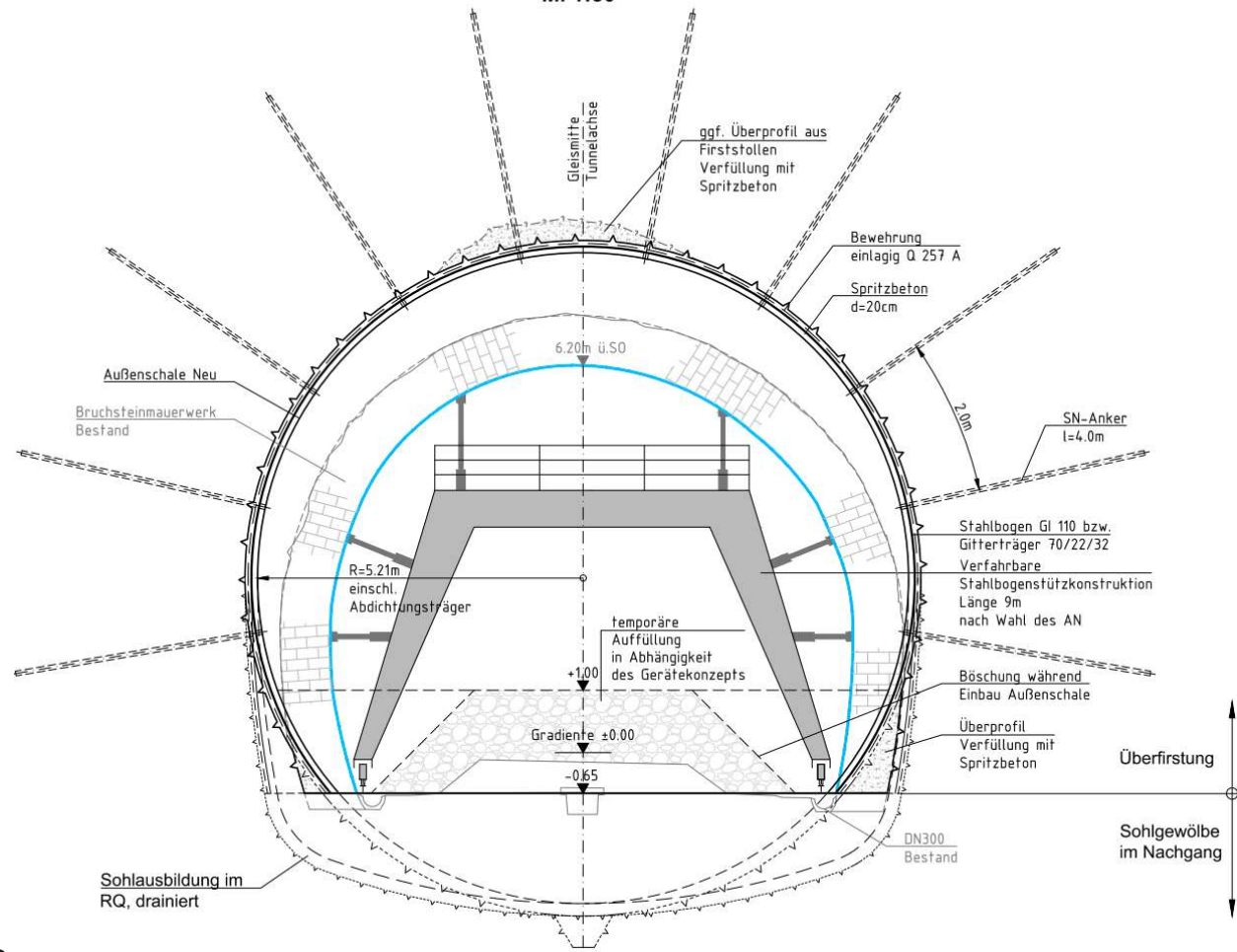
Projektvorstellung

Vortriebsklasse 4A Querschnitt Überfirstung

$F_{\text{Überfirstung}} = 32.22\text{m}^2$

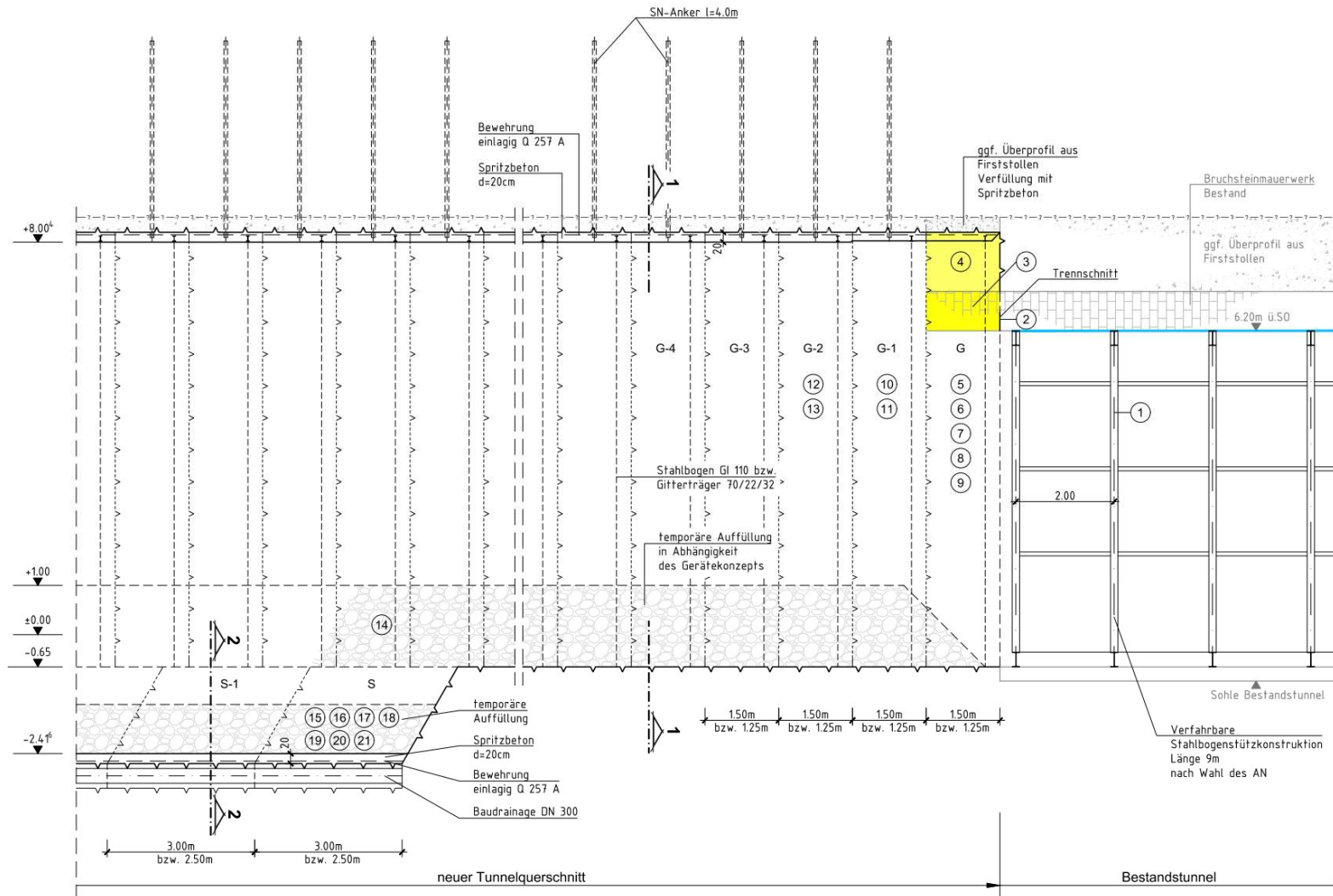
Schnitt 1 - 1

M. 1:50



Projektvorstellung

Längsschnitt Bauablauf
M. 1:50

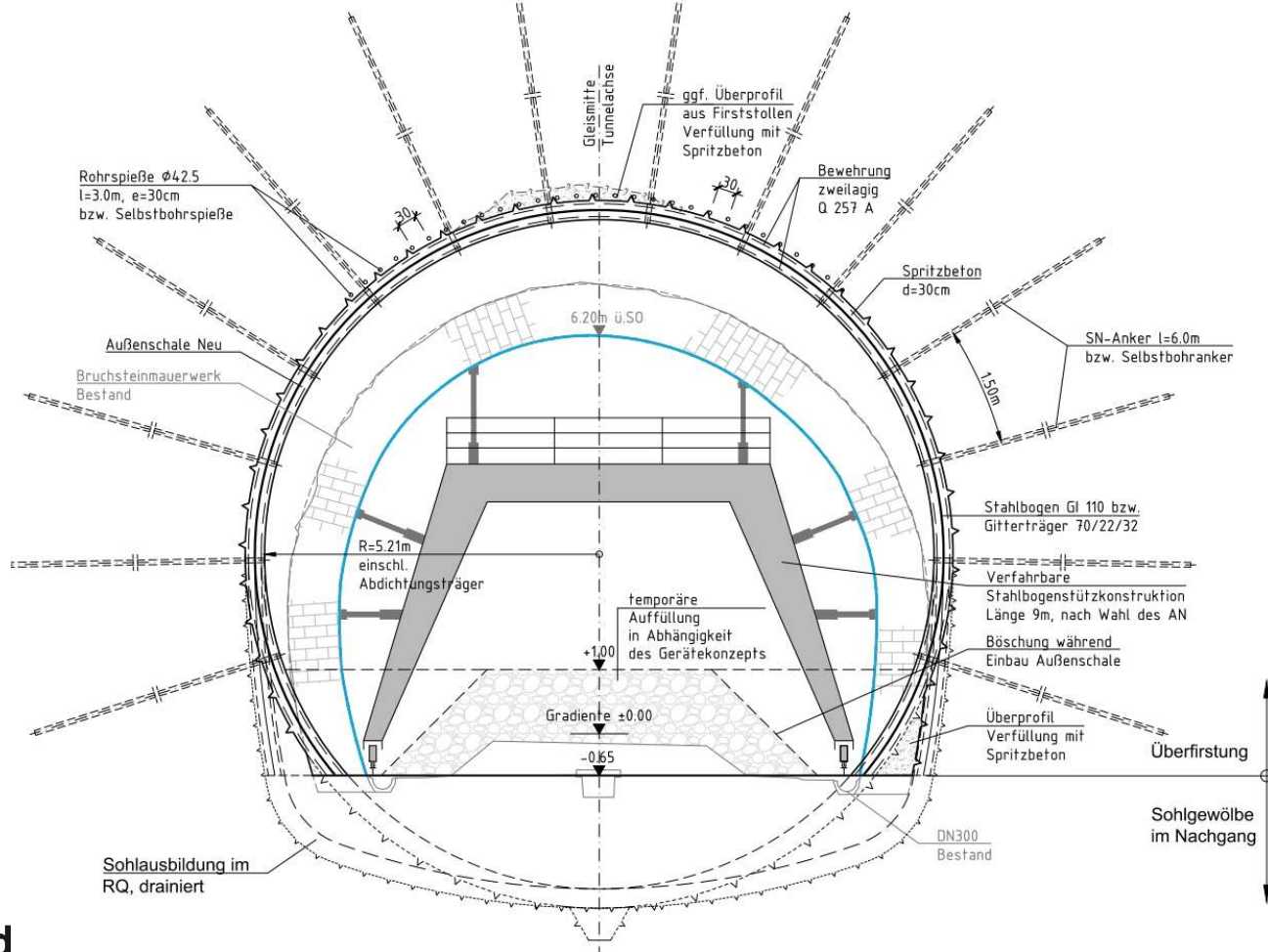


Projektvorstellung

Vortriebsklasse 7A.2 Querschnitt Überfirstung

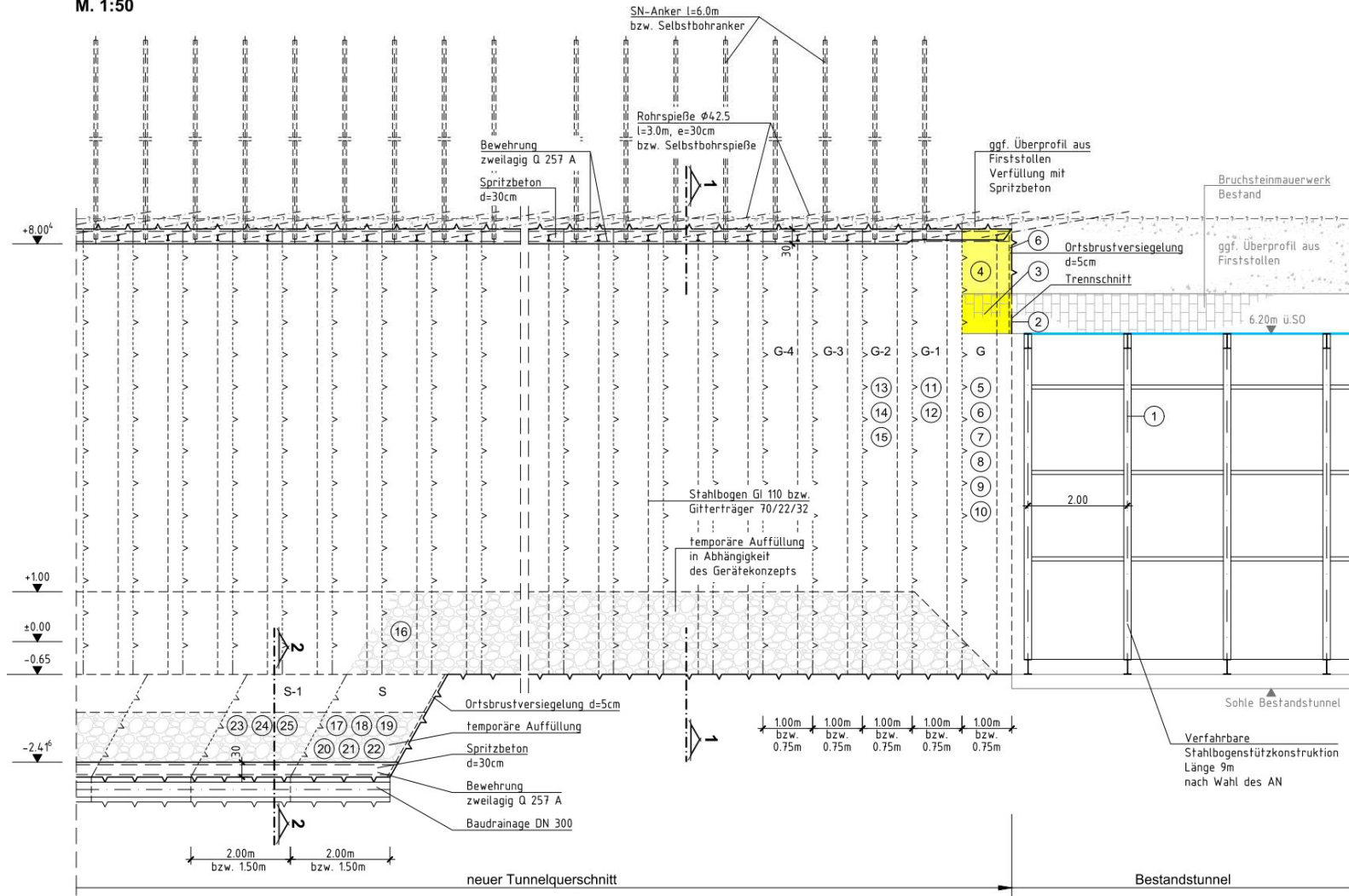
$F_{\text{Überfirstung}} = 34.08\text{m}^2$

Schnitt 1 - 1
M. 1:50



Projektvorstellung

Längsschnitt Bauablauf
M. 1:50



Agenda



1. Projektvorstellung
2. Erkundungsarbeiten
3. Erkundungsergebnisse
4. Modellierung
5. Ergebnis und Ausblick

Erkundungsarbeiten

- Handnahe Untersuchung inkl. Kartierung
Trennflächeninventar
- Kernbohrungen und Grundwassermessstellen von Übertage
- Kurze, aus dem Tunnel heraus hergestellte, radial angeordnete Kernbohrungen
- Sondierungen und Schürfe im Gleisbereich innerhalb vom Tunnel und in den Voreinschnitten
- Georadar in der Sohle und im Gewölbe
- 3-D-Laserscans durch Befliegung des Geländes
- 3-D-Laserscans der Tunnellaibung
- Feld- und Laborversuche

Erkundungsarbeiten



Erkundungsarbeiten

- Entlüftungsschacht



Erkundungsarbeiten

- Voreinschnittsbereich Nordportal



Erkundungsarbeiten

- Nordportal



Erkundungsarbeiten

- Erkundungen Übertage



Erkundungsarbeiten

- Erkundungen Untertage



Erkundungsarbeiten

- Befahrung Schacht



Erkundungsarbeiten

- Befahrung Schacht



Ausmauerung: guter Zustand



Betonausbau: starke Versinterung

Erkundungsarbeiten

- Befahrung Firstsollen



Firststollen Nordportal verstürzt



Firststollen Südportal zugänglich

Erkundungsarbeiten

- Befahrung Firstsollen



Firststollen Südportal: Zinkblech



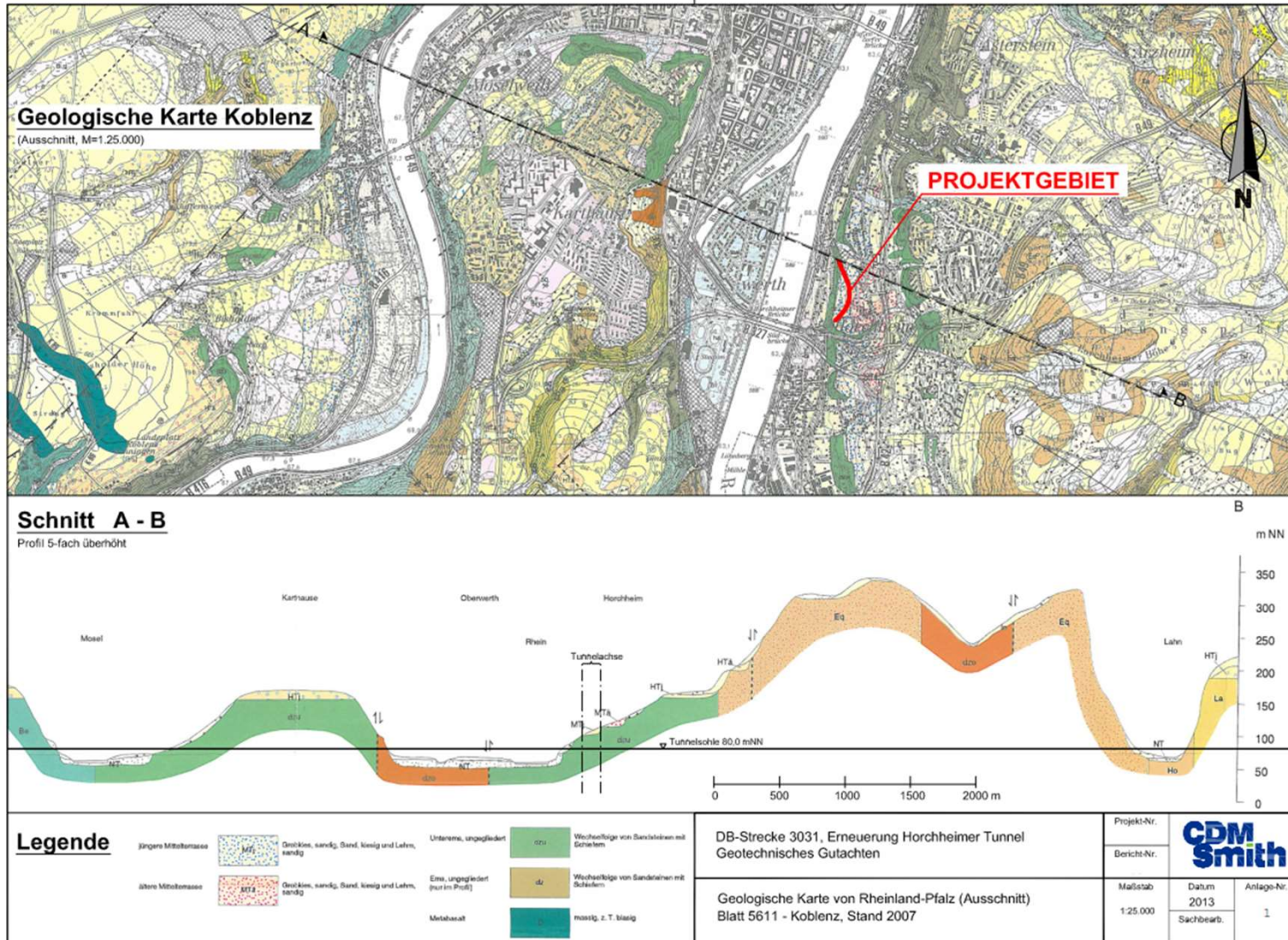
Firststollen Südportal: Bruchflächen

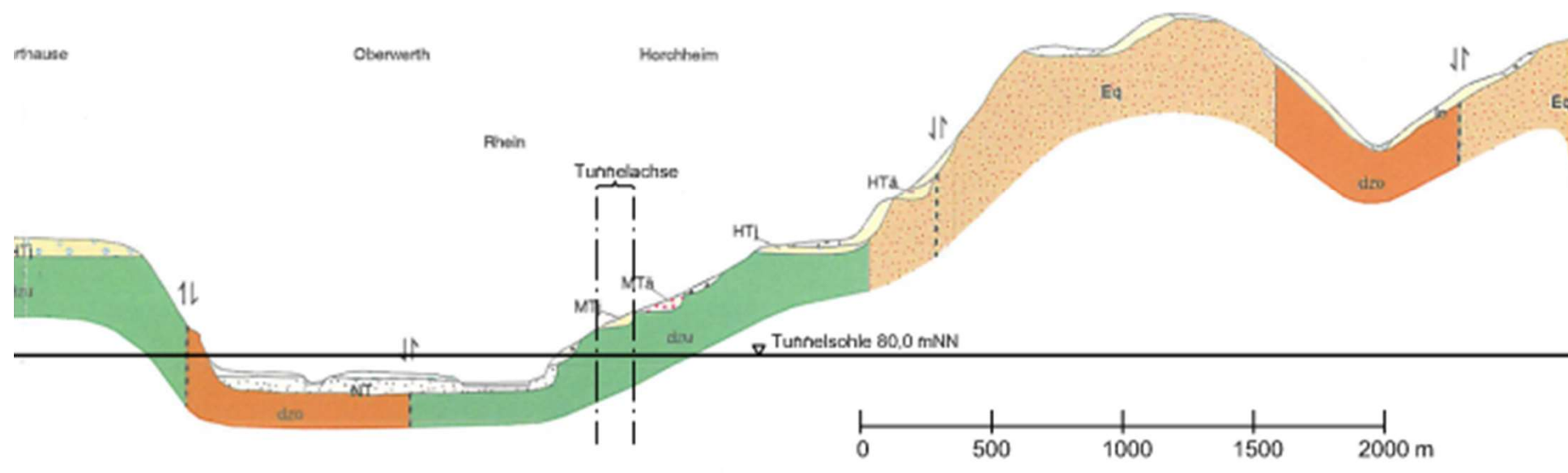
Agenda



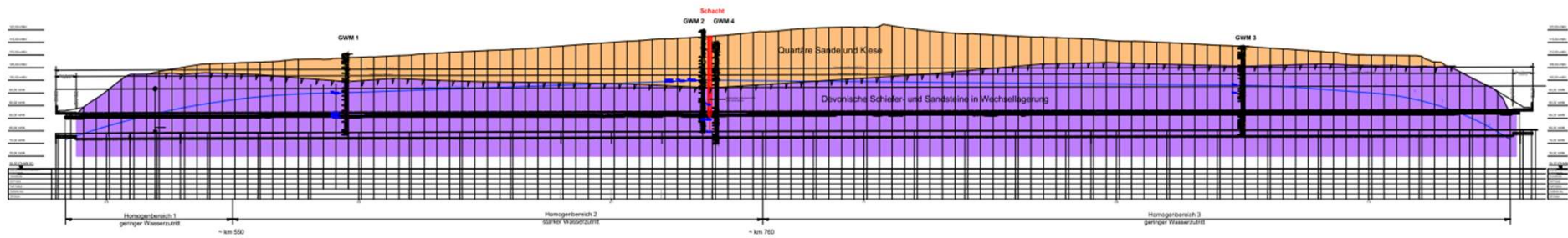
1. Projektvorstellung
2. Erkundungsarbeiten
3. Erkundungsergebnisse
4. Modellierung
5. Ergebnis und Ausblick

Erkundungsergebnisse

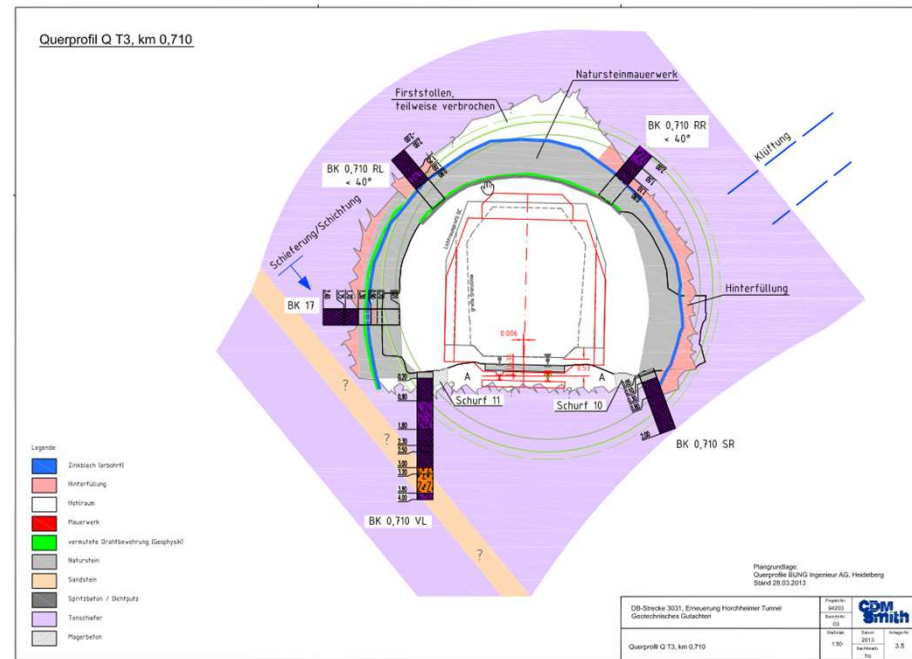
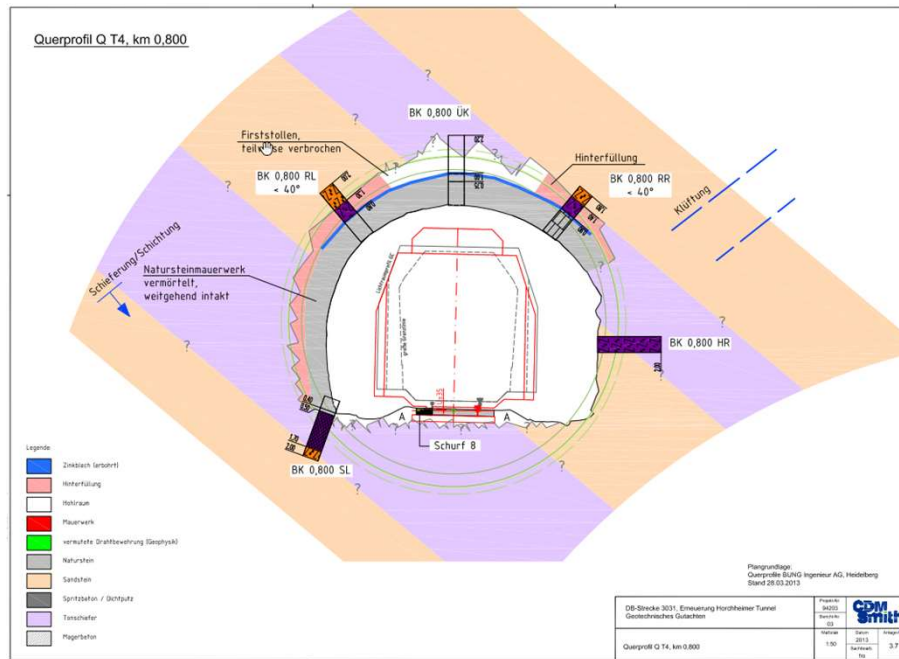




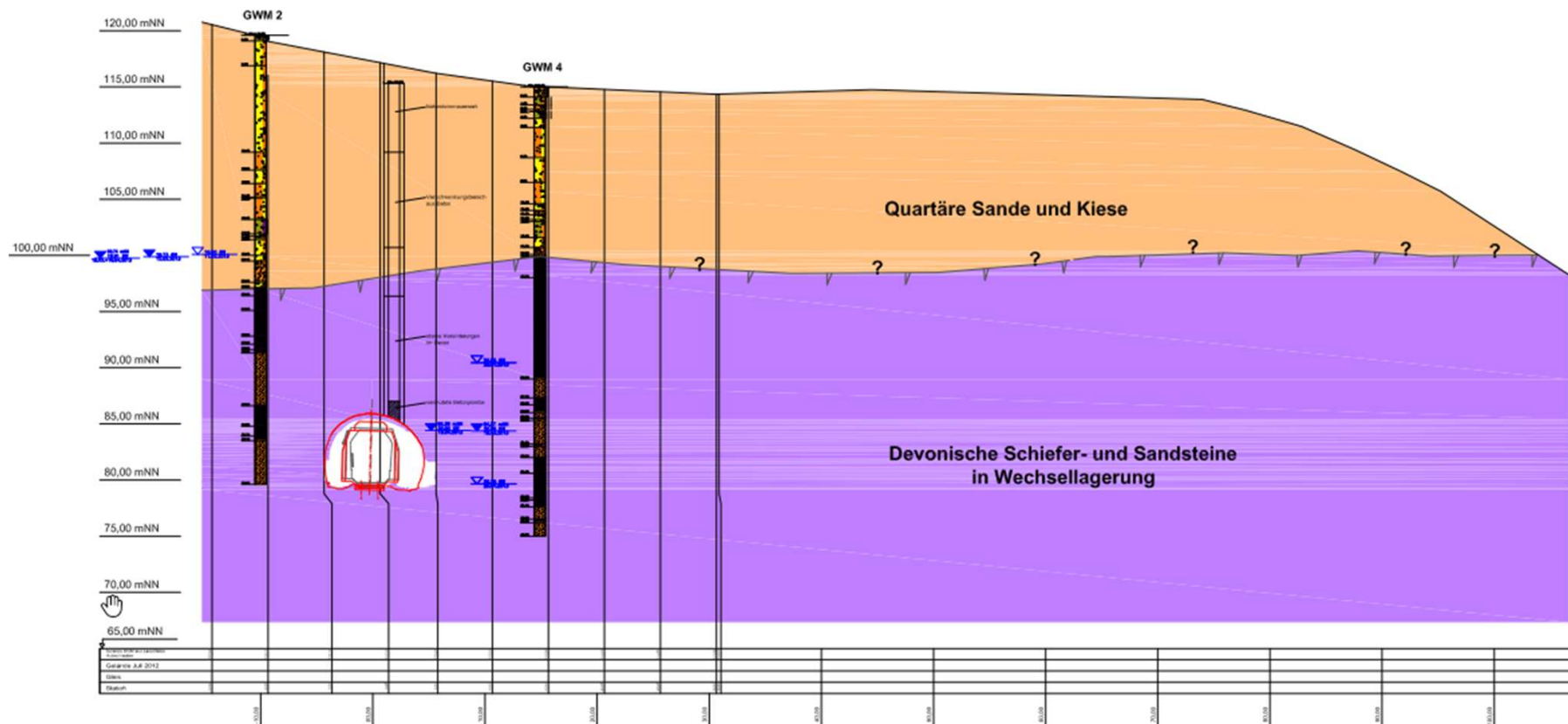
Erkundungsergebnisse



Erkundungsergebnisse



Erkundungsergebnisse



Agenda



1. Projektvorstellung
2. Erkundungsarbeiten
3. Erkundungsergebnisse
4. Modellierung
5. Ergebnis und Ausblick

Baugrundmodell

Baugrundmodell

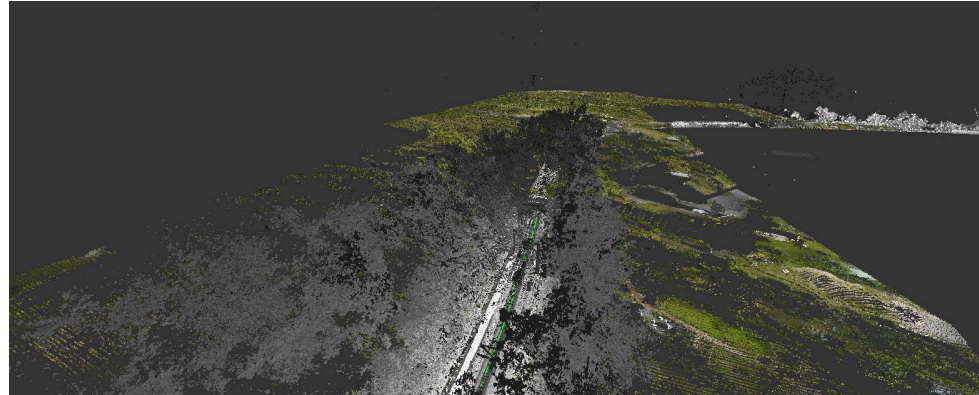
- Software
 - Civil 3D von Autodesk zum erstellen der Modelle und Volumenauswertung
 - Hole BASE SI von Keynetix Limited (Bentley) zur Erstellung der Bohrprofile
 - Recap von Autodesk zur Bearbeitung der Punktwolken

Baugrundmodell

- Datenaufbereitung
 - Die ursprüngliche Punktwolke (3-D-Laserscan) der Geländeoberfläche beinhaltet 333.436.624 Punkte.
 - Die Punktwolke nach Bearbeitung beinhaltet 41.337.335 Punkte.
 - Nach der Bearbeitung wurde die Punktwolke in Civil 3D importiert.
 - Die Aufschlüsse wurden in Hole Base SI in eine Datenbank eingepflegt und anschließend als Volumenkörper in Civil 3D importiert.

Baugrundmodell

Nordportal als Punktwolke
(inkl. Vegetation und technischer
Ausbau der Bahntrasse)



Nordportal als Punktwolke nach
Bearbeitung
(ohne Vegetation und technischer
Ausbau der Bahntrasse)



Baugrundmodell

All Data

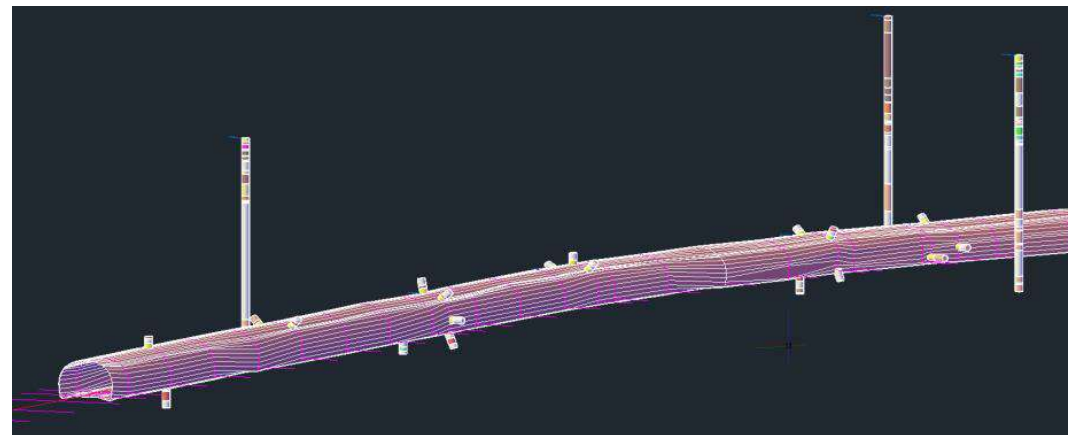
Location Details Orientation and Inclination

Location ID	Location Type	Status	Northing (m)	Easting (m)	Elevation (m)	Latitude	Latitude Decimal (°)	Longitude Decimal (°)
BK 0.850 RR korrekt	HY		5578541.40	3400527.39	85.03		49.6651851551	18.49
BK 11 korrekt	HY		5578499.44	3400507.30	80.38		49.6648466823	18.48
BK 4 korrekt	HY		557874.87	3400394.96	80.31		49.6639152787	18.48
BK 0.505 HL korrekt	HY		5578874.53	3400477.89	81.24		49.6681827242	18.49
BK 0.505 UK korrekt	HY		5578872.63	3400473.56	85.10		49.6681725234	18.49
BK 0.505 VR korrekt	HY		5578871.47	3400471.02	78.49		49.6681660813	18.49
BK 0.550 RL korrekt	HY		5578832.43	3400494.37	84.41		49.6677887633	18.49
BK 0.550 RR korrekt	HY		5578830.50	3400489.96	84.50		49.6677783734	18.49
BK 0.600 HR korrekt	HY		5578783.04	3400508.50	80.98		49.6673342411	18.49
BK 0.600 RR korrekt	HY		5578783.67	3400509.95	84.46		49.6673376817	18.49
BK 0.600 VL korrekt	HY		5578786.09	3400515.47	78.96		49.6673507502	18.49
BK 0.650 RL korrekt	HY		5578739.96	3400533.85	84.39		49.6669185922	18.49
BK 0.650 RR korrekt	HY		5578738.31	3400528.90	84.69		49.6669114127	18.49
BK 0.650 UK korrekt	HY		5578739.09	3400531.24	85.56		49.6669148141	18.49
BK 0.710 RL korrekt	HY		5578679.74	3400547.74	84.98		49.6663693245	18.49
BK 0.710 RR korrekt	HY		5578679.13	3400542.64	85.01		49.6663715302	18.49
BK 0.710 SR korrekt	HY		5578678.96	3400541.20	79.89		49.6663711594	18.49
BK 0.710 VL korrekt	HY		5578679.82	3400548.45	79.28		49.6663690240	18.49
BK 0.738 HL korrekt	HY		5578653.79	3400551.81	81.70		49.6661358186	18.49
BK 0.738 HR korrekt	HY		5578653.63	3400543.18	81.77		49.6661469078	18.49
BK 0.738 RL korrekt	HY		5578653.76	3400549.95	84.96		49.6661379999	18.49
BK 0.800 RR korrekt	HY		5578591.16	3400339.02	80.86		49.6656047651	18.49
BK 0.800 RL korrekt	HY		5578599.91	3400545.68	85.53		49.665838983	18.49
BK 0.800 RR korrekt	HY		5578590.78	3400541.06	85.53		49.665983630	18.49
BK 0.800 SL korrekt	HY		5578599.63	3400547.20	79.96		49.6659791302	18.49
BK 0.800 UK korrekt	HY		5578590.33	3400543.45	86.20		49.6659908804	18.49
BK 0.850 RL korrekt	HY		5578539.37	3400533.27	85.03		49.6651586814	18.49
BK 0.900 HL korrekt	HY		5578495.45	3400515.05	81.41		49.6647446456	18.48
BK 0.900 SL korrekt	HY		5578495.49	3400514.97	80.38		49.6648206214	18.48
BK 12 korrekt	HY		5578499.51	3400507.18	81.40		49.6648149252	18.48

Search Project Explorer...

Page 1 of 1 (41 of 41)

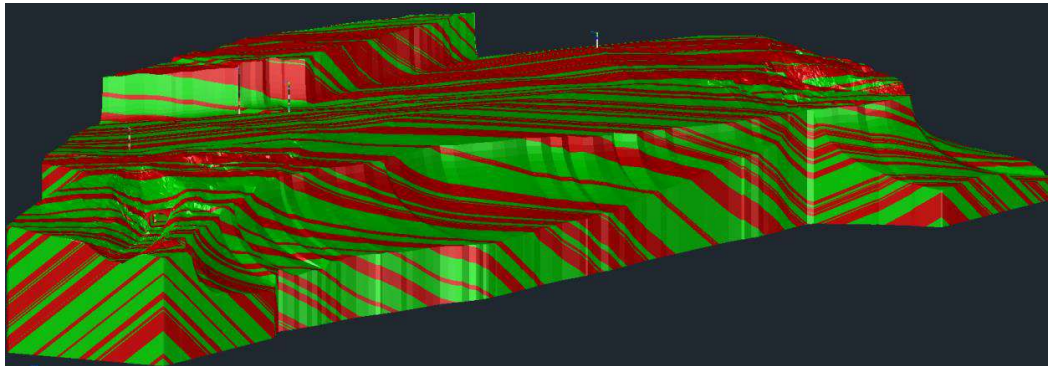
Nördlicher Abschnitt
Tunnel
Innenkante Tunnelschale
mit Erkundungsbohrungen



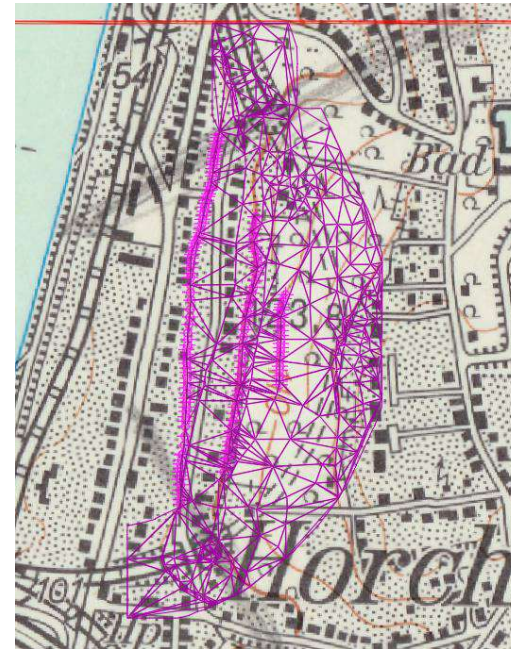
Baugrundmodell

- Digitale Geländemodelle
 - Auf Basis der Punktwolke der Geländeoberfläche sowie den Informationen aus den Aufschlüssen
- Baugrundmodell
 - In Form von 3D Volumenkörpern, welche aus den zuvor erstellen digitale Geländemodellen erstellt wurden.

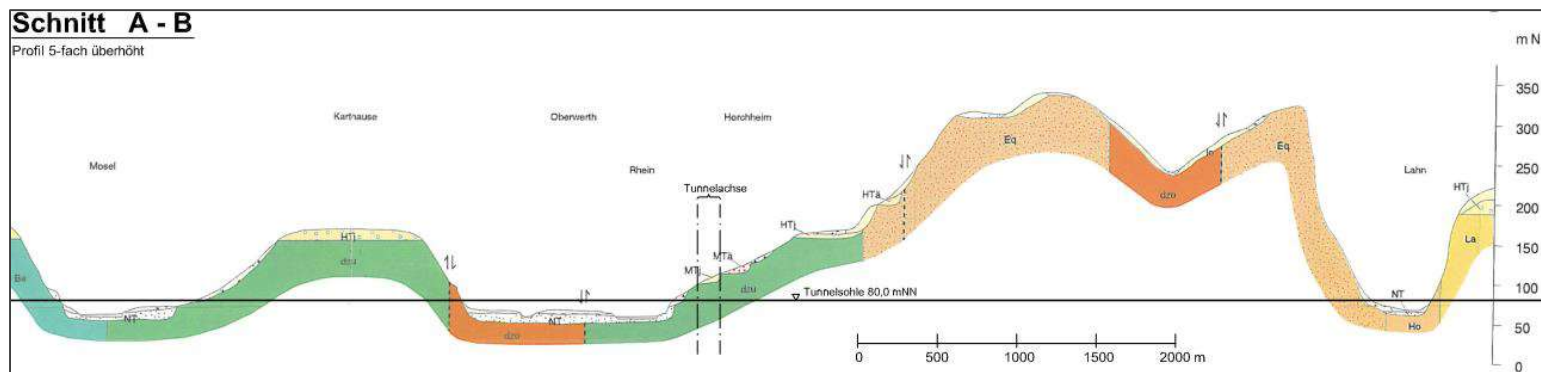
Baugrundmodell



Schicht Unterems: Schiefer (grün) / Sandstein (rot)

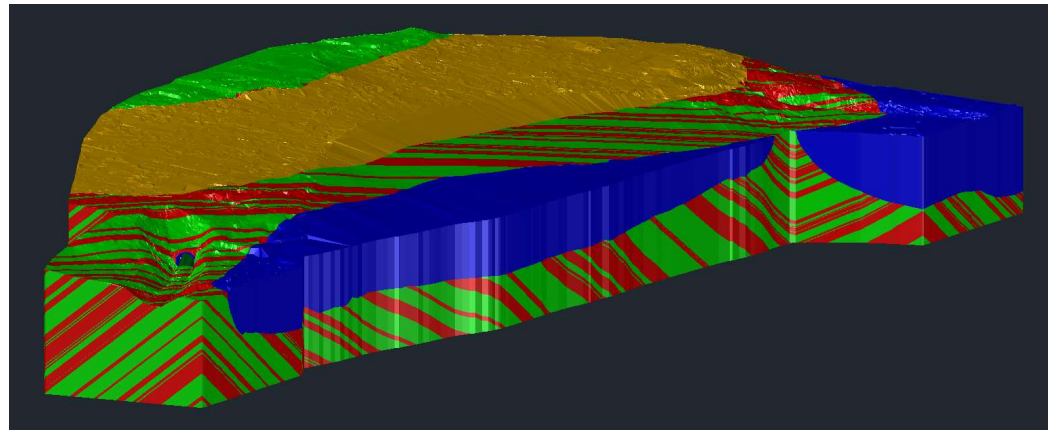


DGM aus Punktwolke der Geländeoberfläche

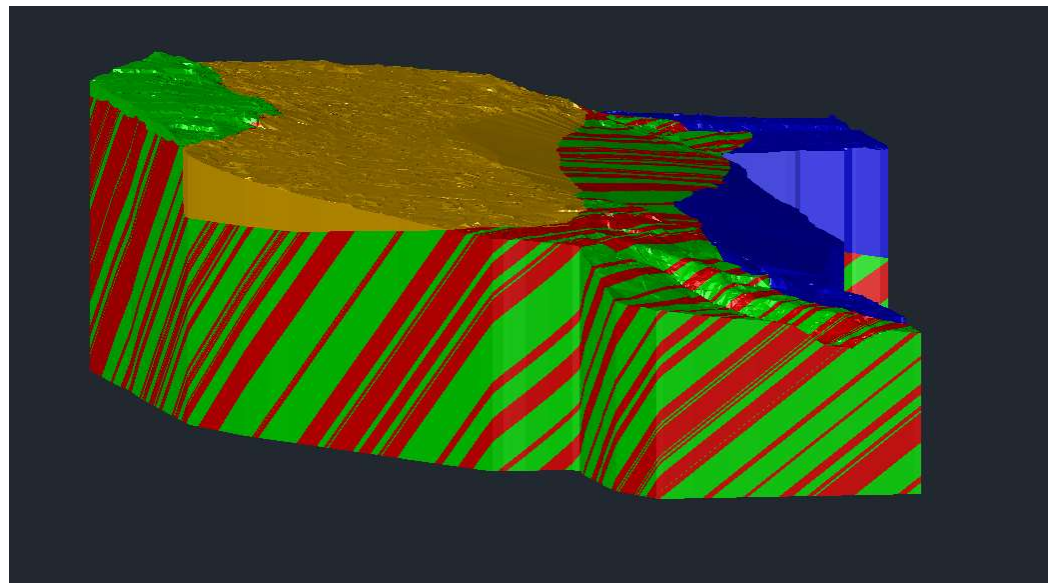


Baugrundmodell

Baugrundmodell
(Betrachtung von Nordwest)



Baugrundmodell
(Betrachtung von Norden)



Modell Bauwerksbestand

Modell Bauwerksbestand

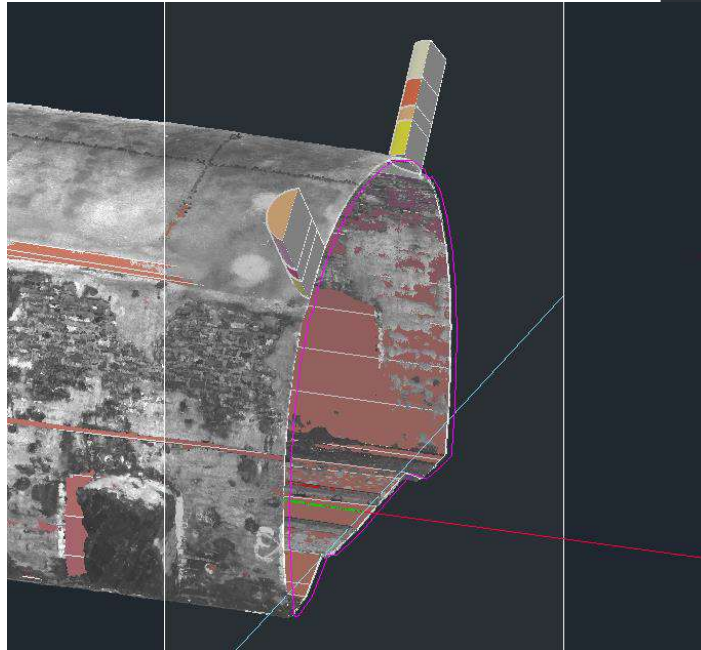
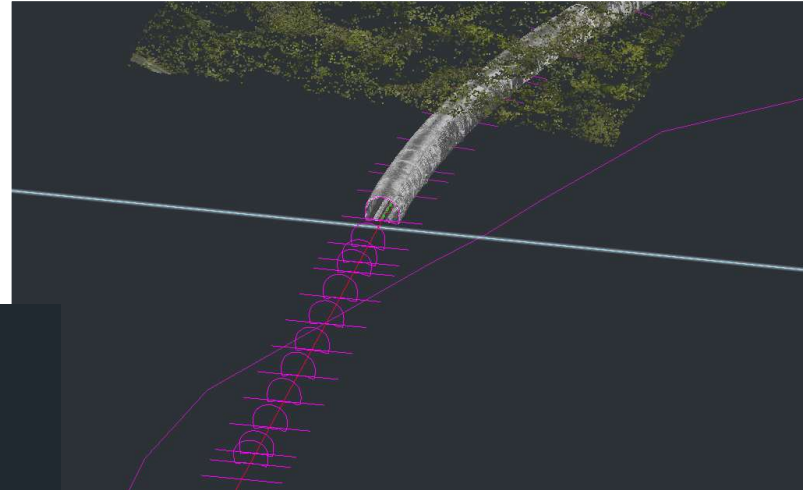
- Datenaufbereitung
 - Die Punktwolke der Tunnelinnenschale wurde in Civil 3D importiert.
 - Die Aufschlüsse im Tunnel wurden in Hole Base SI in eine Datenbank eingepflegt, ausgerichtet und anschließend als Volumenkörper in Civil 3D importiert.

Modell Bauwerksbestand

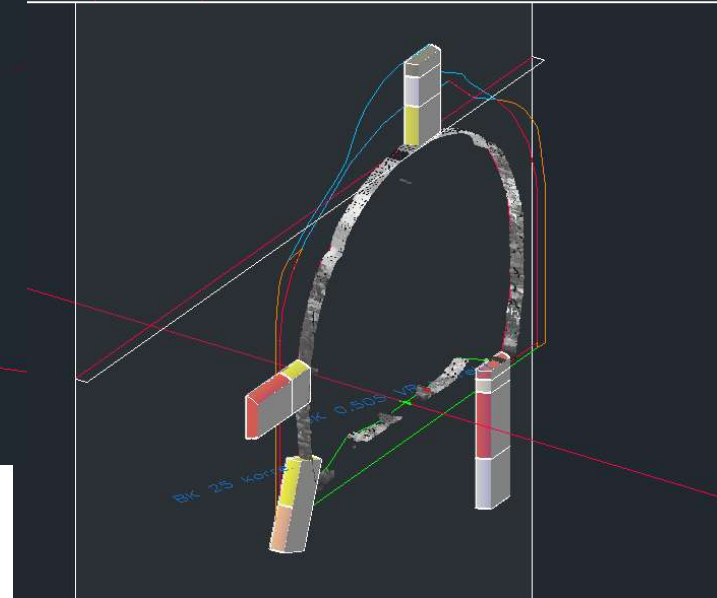
- Querprofile der Tunnelinnenschale
 - Auf Basis der Punktwolke der Innenkante der Tunnelinnenschale und den Aufschlüssen wurden entlang der Tunnelachse Querprofile erstellt.
 - Im Abstand von 15 m entstanden 50 Querprofile.
 - In den Querprofilen sind die Tunnelinnenschale, die Hinterfüllung, der Friststollen sowie der Aufbau der Bahnkörpers dargestellt.

Modell Bauwerksbestand

Schnitt Punktwolke /
Querschnitte der Tunnelschale



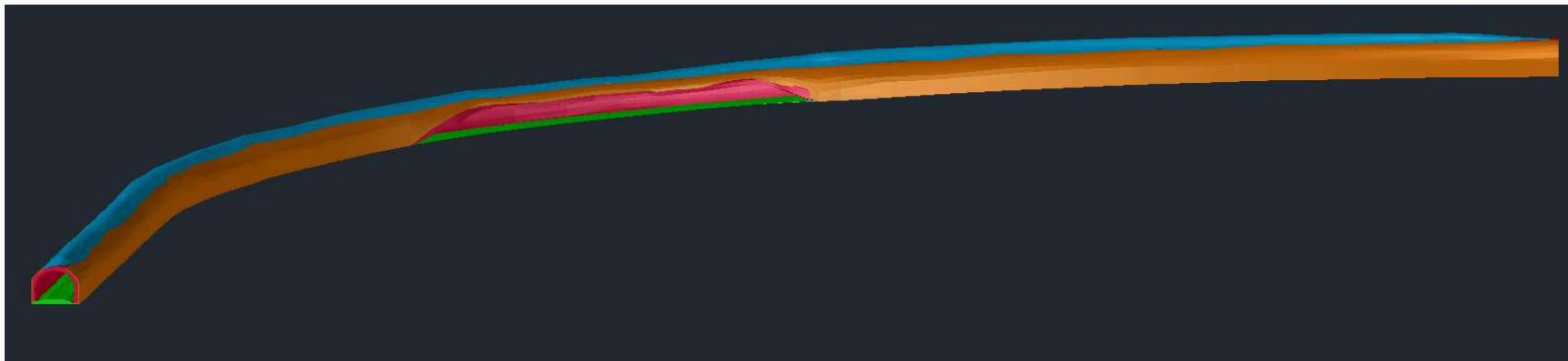
Innenkante Tunnelschale
und Erkundungsbohrungen



Querprofil
Bestandstunnel

Modell Bauwerksbestand

- Modell Bauwerksbestand
 - In Form von 3D Volumenkörpern auf Basis der Querprofile



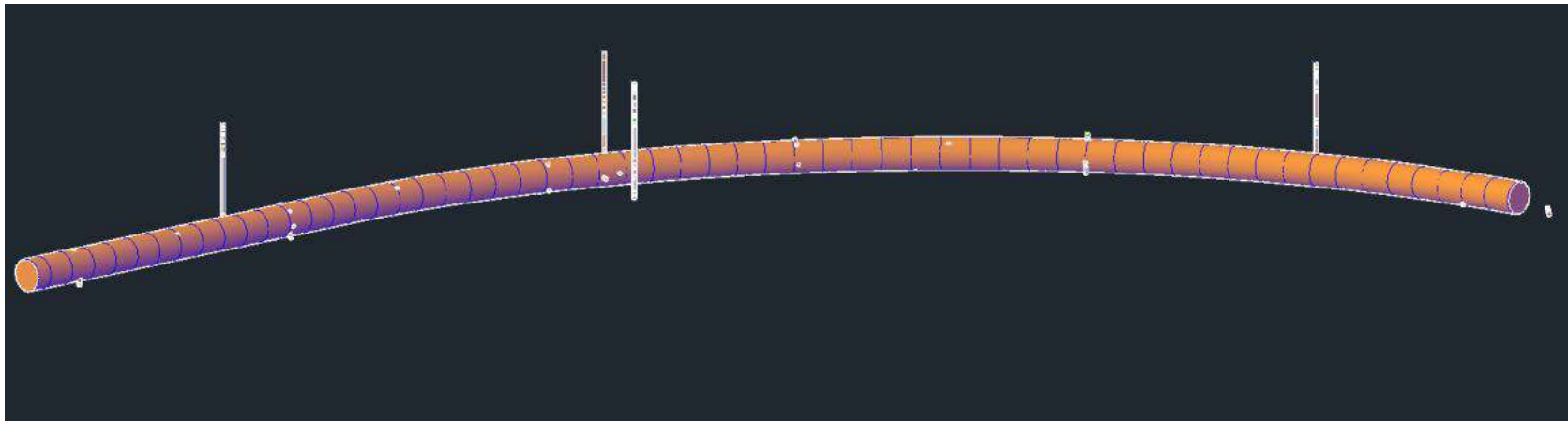
Modell Bestandstunnel (Tunnelschale / Hinterfüllung / Tunnelsohle / Firststollen)

Modell Neubau

Modell Neubau

- Erstellung einer neuen Tunnelachse
- Entlang der Achse wurde alle 15 m der Regelquerschnitt eingefügt.
- Modell Bauwerksbestand
 - In Form von 3D Volumenkörpern auf Basis der Querprofile

Modell Neubau



Volumenkörper Tunnelneuplanung

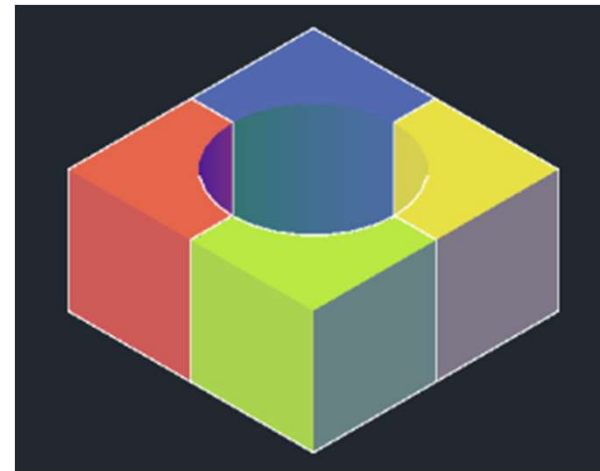
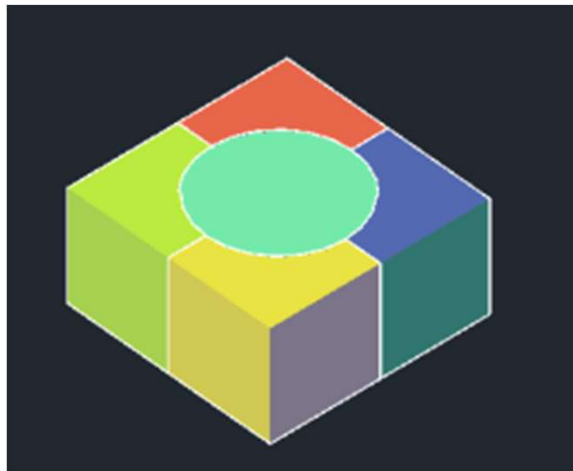
Verschneidung

Verschneidung

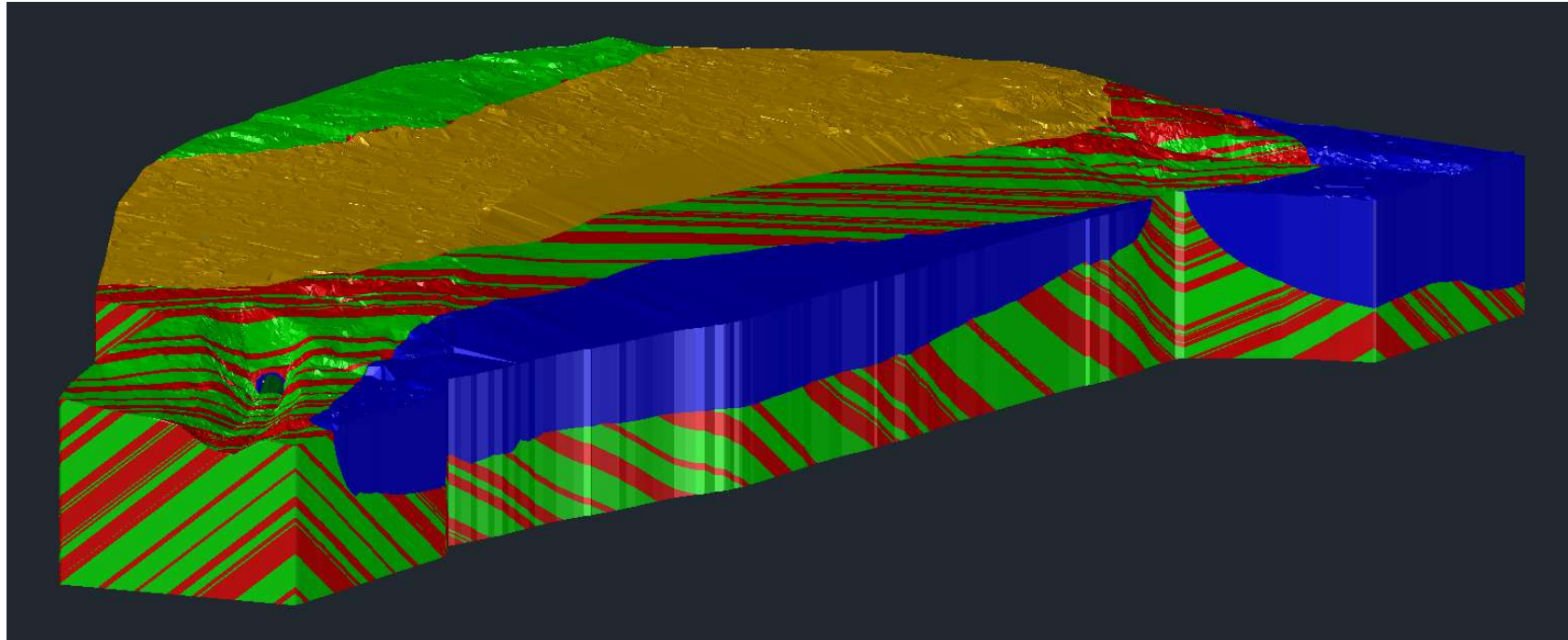
- Kombinieren der Modelle des Baugrundmodells und des Bauwerksbestands durch ausschneiden und kopieren
- Verschneidung Bauwerksbestand, Baugrundmodell und Modell Neubau zur Auswertung der Ausbruchsvolumen
- Auswertung der Volumina in Civil 3D

Verschneidung

- Testmodelle



Verschneidung

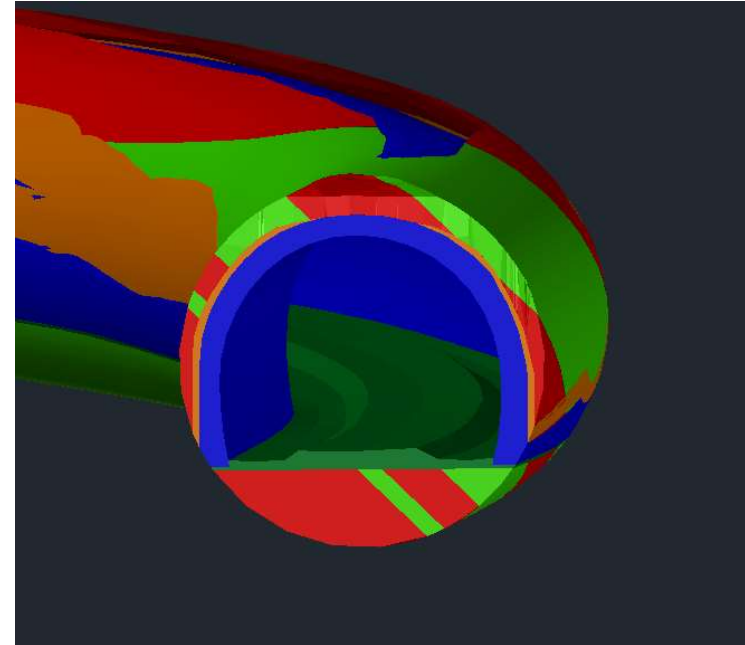


Gesamtmodell mit eingeladenem Bestandstunnel

Verschneidung

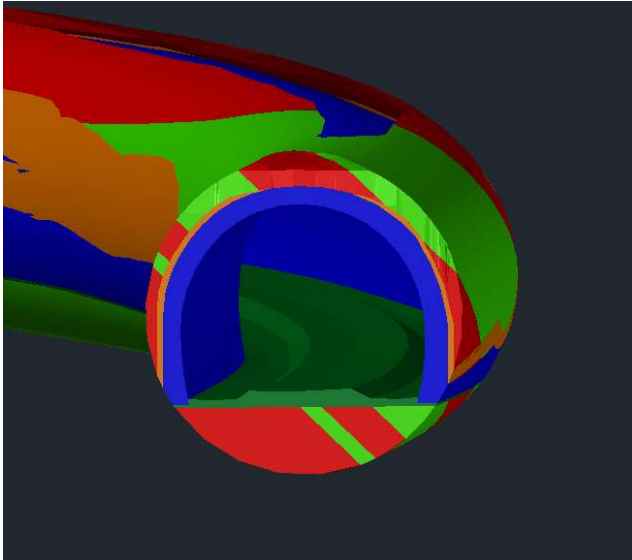


Gesamtmodell mit eingeladenem Bestandstunnel und darüber gelegte Neuplanung

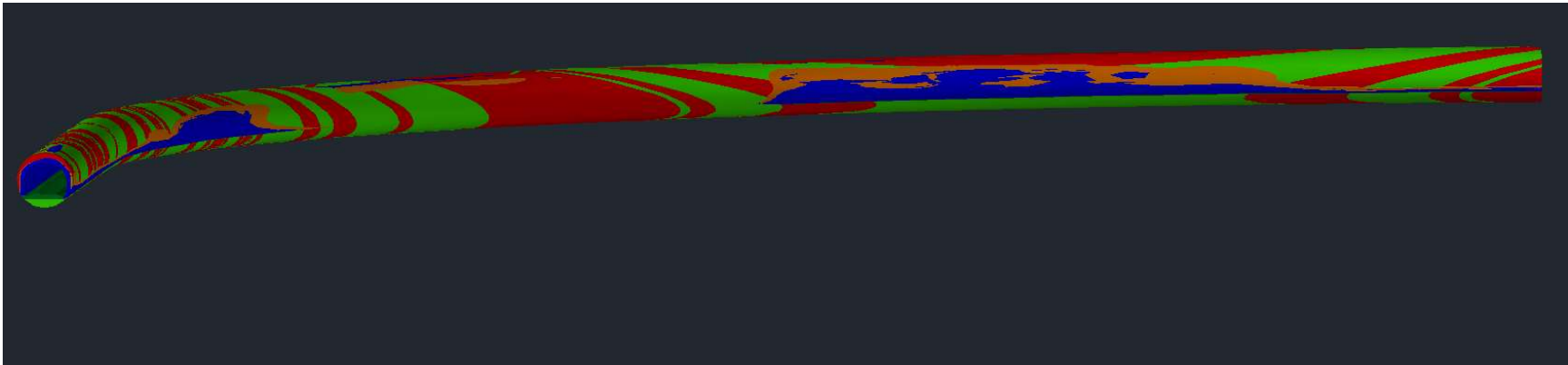


Detail Südportal Volumenkörper nach Verschneidung Bestandstunnel / Neuplanung

Verschneidung



```
----- FESTKÖRPER -----  
  
Masse: 5133.357  
Volumen: 5133.357  
Begrenzungsrahmen: X: 3400398.498 -- 3400553.262  
Y: 5578378.144 -- 5578894.189  
Z: 76.037 -- 88.186  
Schwerpunkt: X: 3400509.031  
Y: 5578630.573  
Z: 80.230  
Trägheitsmomente: X: 1.598E+17  
Y: 5.936E+16  
Z: 2.191E+17  
Deviationsmomente: XY: -9.738E+16  
YZ: -2.298E+12  
ZX: -1.401E+12  
Trägheitsradien: X: 5578630.573  
Y: 3400509.031  
Z: 6533343.763  
Hauptträgheitsmomente und X-Y-Z-Richtung um Schwerpunkt:  
I: 43950388.327 entlang [0.765 0.644 0.002] J: -100678255.656 entlang [-0.644 0.765 -  
0.002] K: -56841580.671 entlang [-0.003 0.000 1.000]
```



Volumenkörper nach Verschneidung Bestandstunnel / Neuplanung

Agenda



1. Projektvorstellung
2. Erkundungsarbeiten
3. Erkundungsergebnisse
4. Modellierung
5. Ergebnis und Ausblick

Ergebnis und Ausblick

- Gute Übereinstimmung der Massenermittlung Entwurf mit 3D Modell
- Methodik stellt den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik dar.
- Bauwerk und Baugrund müssen individuell modelliert werden.

Ergebnis und Ausblick

- Modell ist effizientes Werkzeug zum analysieren und optimieren.
 - In frühen Projektphasen lassen sich verschiedene Planungsvarianten (Querschnittsformen, Gradienten, Trassierung) auf Ausbruchmassen optimieren.
 - Bei Verschneidung mit Neubaumodell in 3D lassen sich auch Einbaumassen berücksichtigen wie z. B. Ausgleich von Überprofilen mit Spritzbeton.
 - Mit weiteren Attributen sind Prognosen und Optimierungen von Parametern wie Kosten, Zeit, Nachhaltigkeit oder entsorgungs- und arbeitsschutzrechtliche Fragestellungen.