

# BRENNER BASISTUNNEL

## GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

PG BBTN Projektgemeinschaft  
Brenner Basistunnel Nord

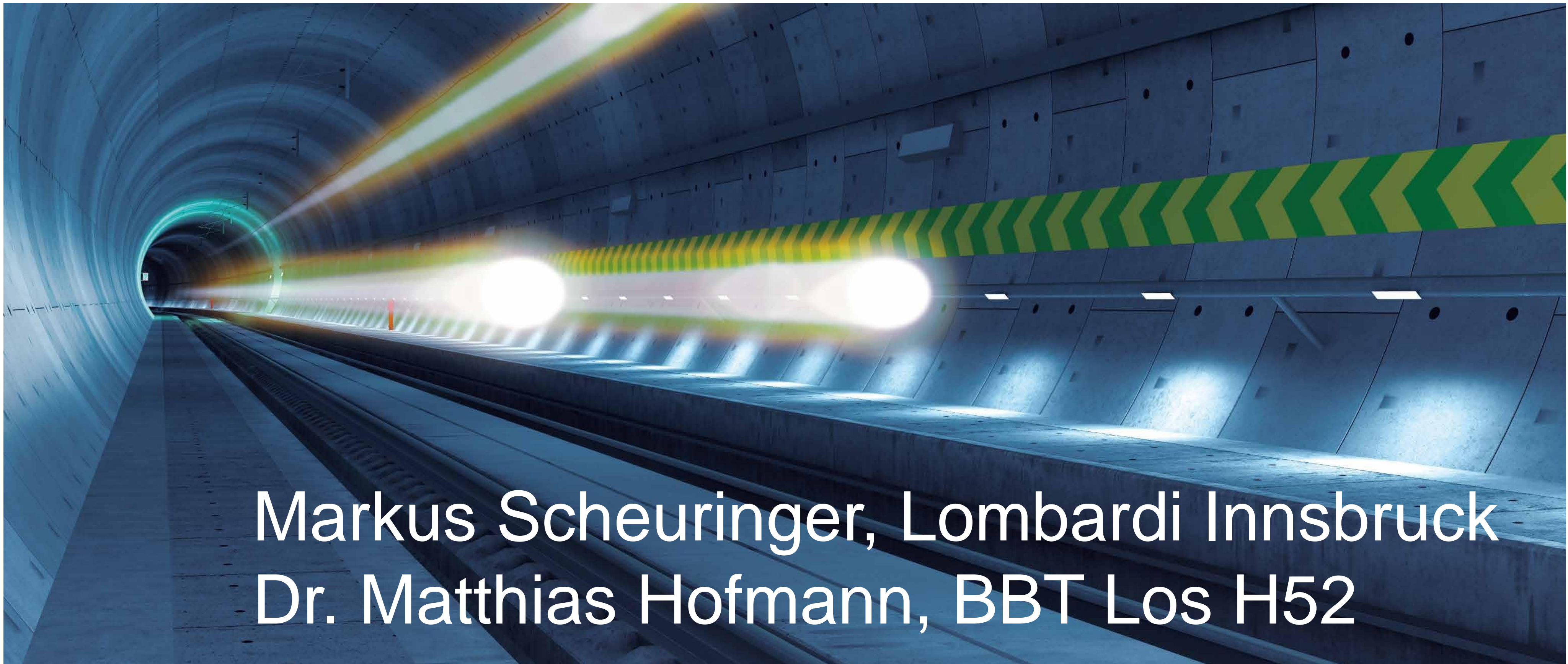


# BBT Hilfsangriff Hochstegen Prognose, Ausschreibung, Bauumsetzung

# BRENNER BASISTUNNEL

## GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

PG BBTN Projektgemeinschaft  
Brenner Basistunnel Nord



Markus Scheuringer, Lombardi Innsbruck  
Dr. Matthias Hofmann, BBT Los H52

Einleitung

BBT Tunnelsystem

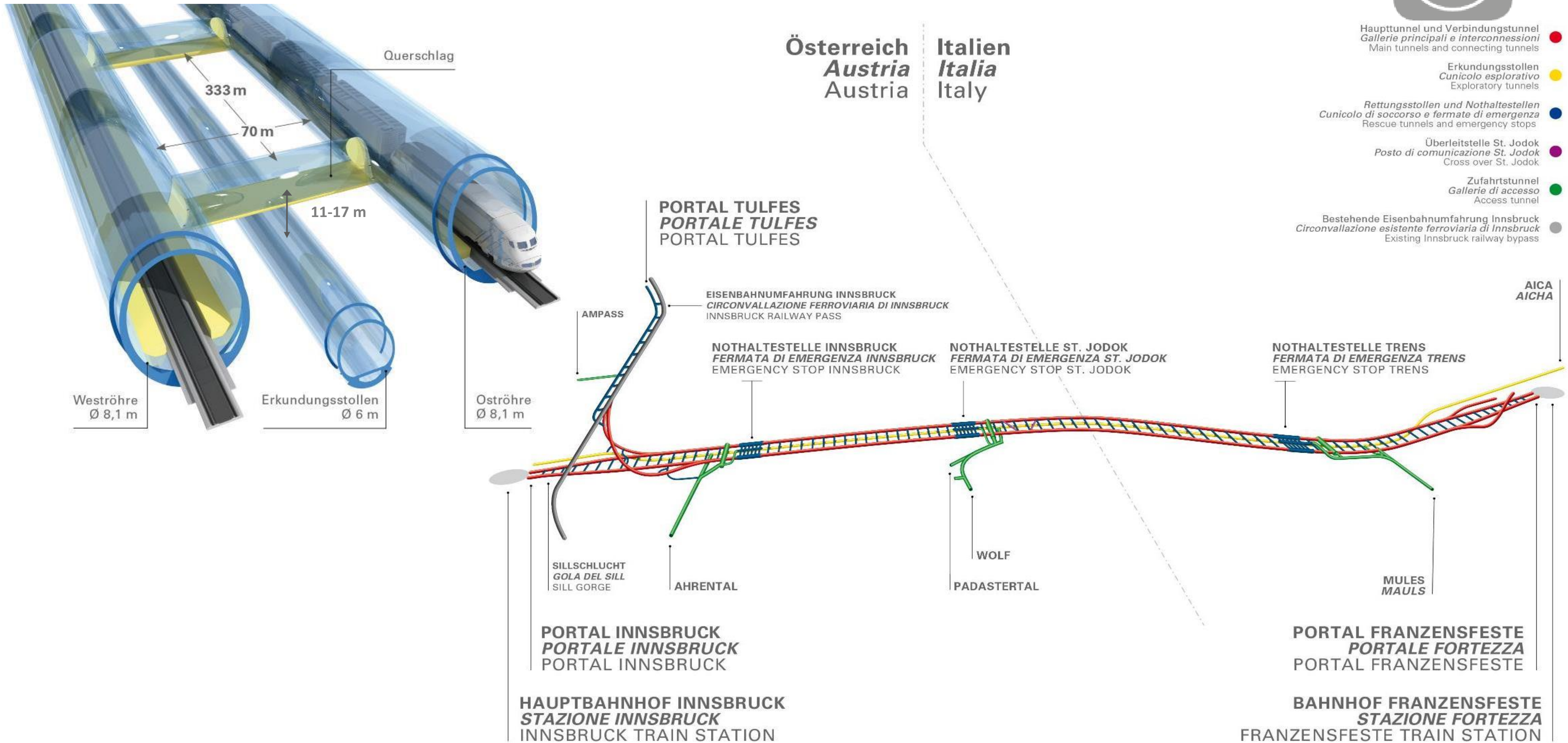
Bereich Hochstegen, Rechtliche Rahmenbedingungen

Prognose Geologie, Hydrogeologie, Geotechnik

Ausschreibung Bauhilfsmaßnahmen

Baumsetzung

Zusammenfassung



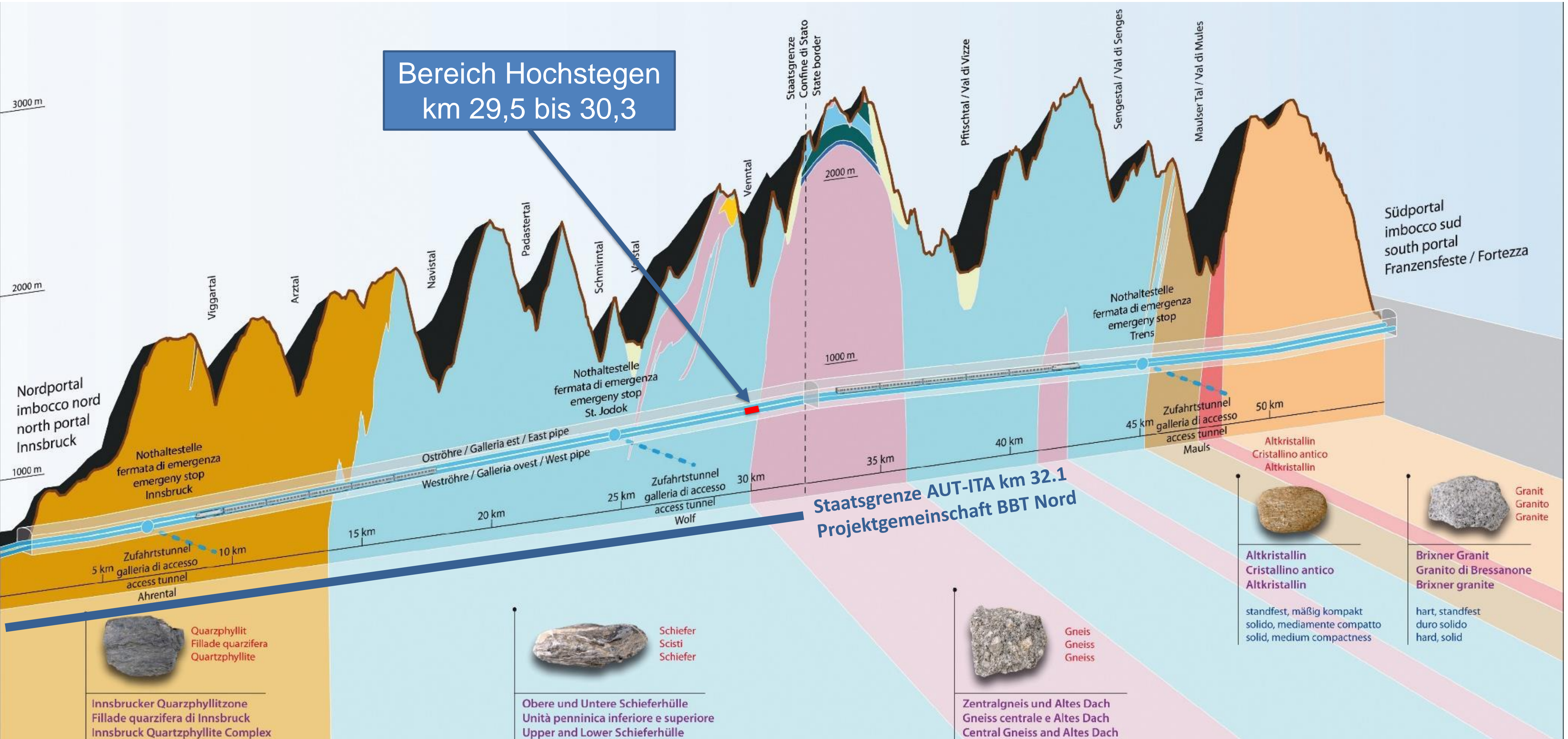
PG BBTN Projektgemeinschaft  
Brenner Basistunnel Nord



30 km Planungsabschnitt

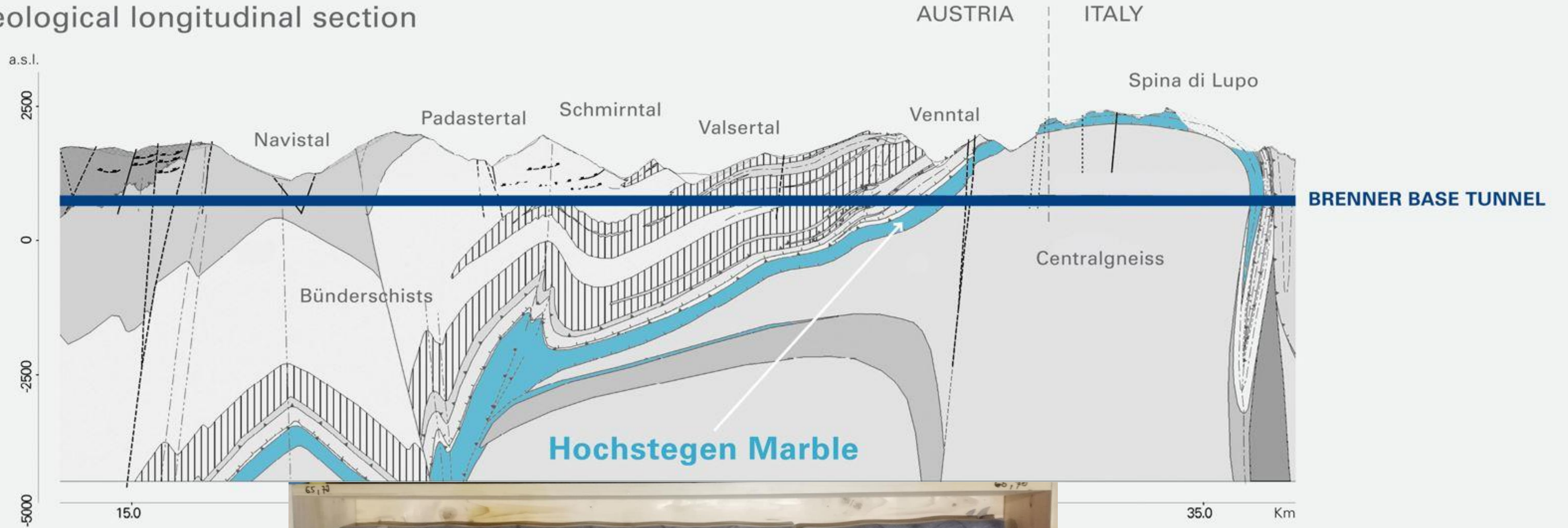
55 km BBT Innsbruck (AUT) – Franzensfeste (ITA) – 230 km Gesamttunnellänge

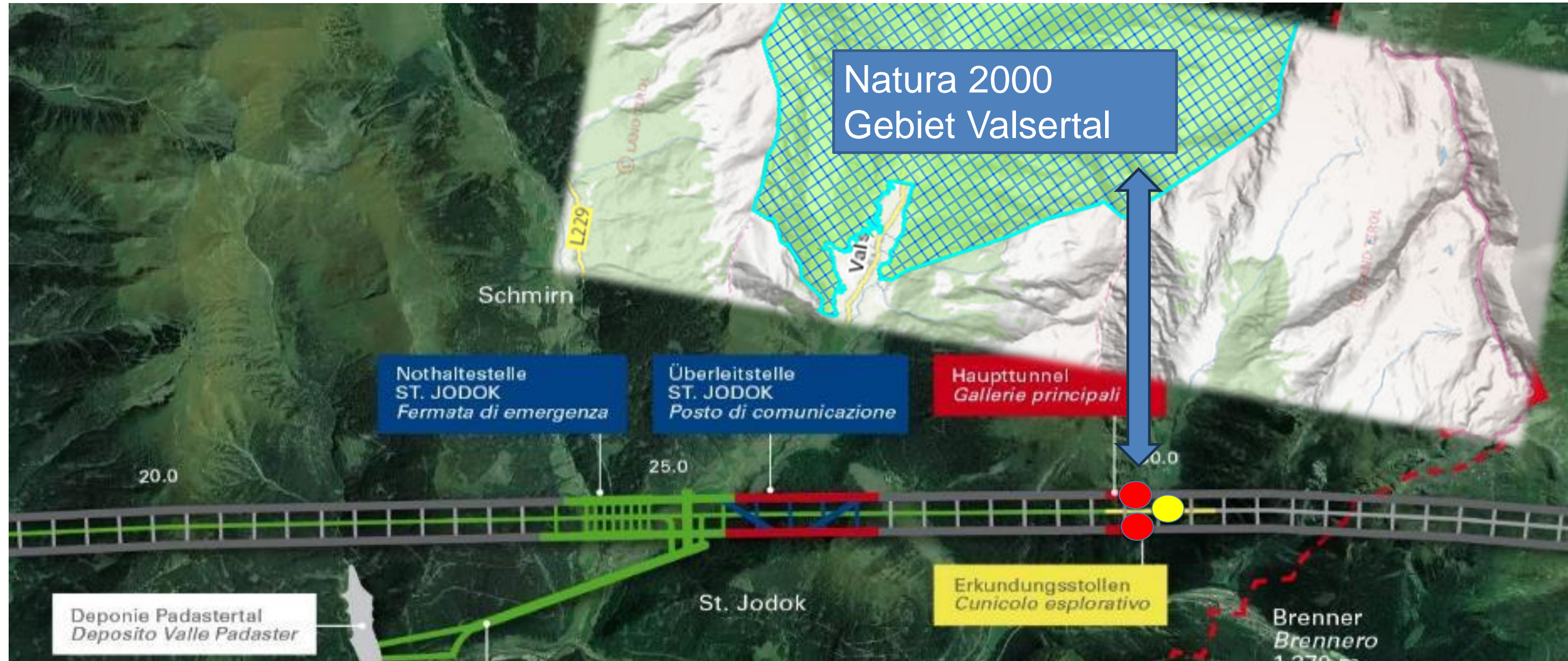




# Hochstegen Marmor

Geological longitudinal section





## Hydrogeologische Rahmenbedingungen Wasserrechtsbescheid

- Bergwasserspiegel mit **Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel** des Natura 2000 Gebiets Valsertal
- **Keine dauerhaften Absenkungen** des Bergwasserspiegels
- ab km 29,5 spezifische **Vorauserkundungen unter Preventerschutz**
- im Hochstegen Marmor **Abdichtung aller Tunnelröhren** gegen Bergwasserzutritte
- Injektionen nach Möglichkeit **mit hydraulischen Bindemitteln**



Chloritphyllit,  
Glimmerschiefer (65%)  
Quarzit, Arkosegneis (25%)  
Anhydrit oder  
Rauhwacke (8%)  
Marmor (2%)

Erscheinung der evaporitführenden  
Gesteine abhängig von der Position der  
Gips-Lösungszone (nicht gelöster  
Anhydrit in der Bohrung Va-B-03/04s ab  
1070m Bohrteufe). Am Kontakt zum  
Hochstegenmarmor liegt die  
Gips-Lösungszone wahrscheinlich unter  
Tunnelniveau.

### 3 Tunnelröhren je ca. 15 m

**Rauhwacke** GVT 3 wenn weitgehend ungelöst

Allerdings **GVT 8-9**, falls Anhydrit weitgehend  
gelöst wurde und das Gebirge damit in aufgelöster  
Form mit Wasserzutritt aus dem benachbarten  
Marmor ansteht.



SH-CS-7a 100% GVT3  
(SH-A-7a) 100% GVT3

SH-M-7a 100% GVT2  
SH-Q-7a 100% GVT2

SH-RW-7a 100% GVT8  
25% GVT2 + 65% GVT3 + 10% GVT8 (10% GVT3)

In SH-RW: bei Wasserzutritt Übergang von GVT8 zu GVT9<sup>(8)</sup> /  
In caso di venute d'acqua passaggio da GVT8 a GVT9<sup>(8)</sup>

3 Tunnel je ca. 500 m

Marmor GVT 2, mit **Karsterscheinungen**

Allerdings müssen alle Tunnel zum Erhalt des natürlichen Bergwasserspiegels gegen Wasserzutritte **bis zu 85 bar statischem Wasserdruck** abgedichtet werden.

Während Vortrieb **bis zu 150 l/s instationärer Flush Flow** prognostiziert.

Kalkmarmor (95%),  
Glimmermarmor, phyllitischer  
Marmor, Phyllit (5%)

Metamorphe Malm-Kalke, die  
vorwiegend als dickbankige  
Bänderkalkmarmore vorliegen. An  
der Oberfläche / in  
Bohrung Gr-B-01/04 wurden häufig  
Karsterscheinungen beobachtet  
(Mikrokarst bis 773m Bohrteufe =  
unter Tunnelniveau)

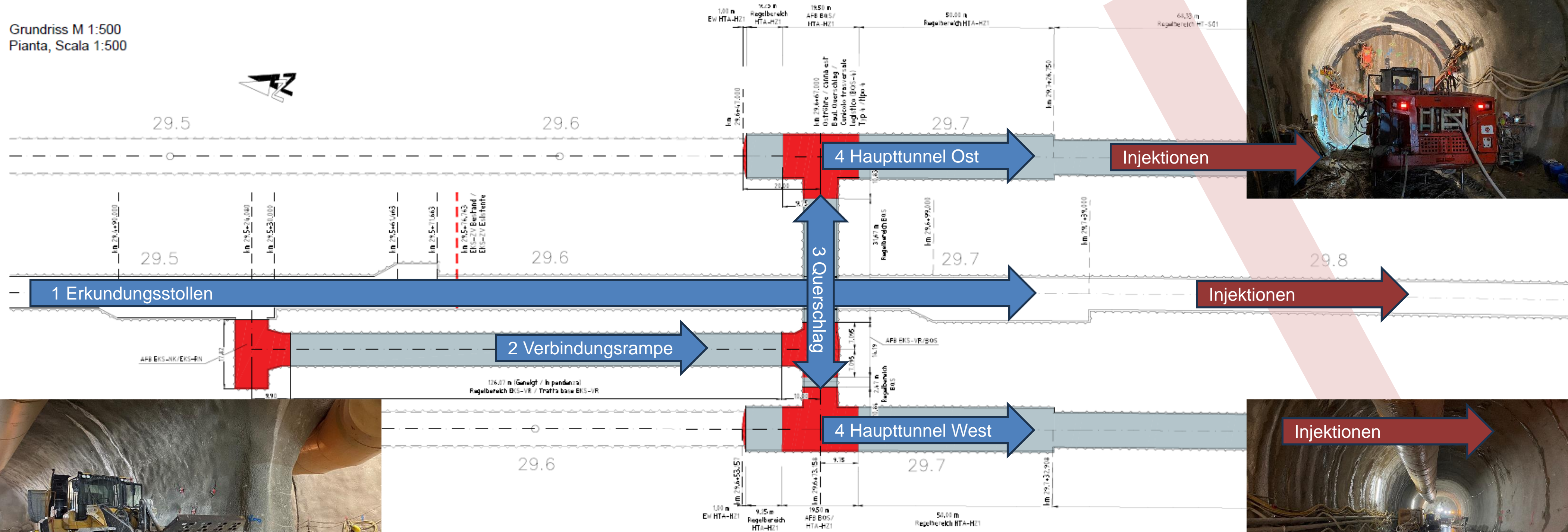
Hydraulische Druckhöhen / Livelli piezometrici (m)	Erkundungsstollen/Cunicolo esplorativo			750 - 850
	Hauptröhren/Gallerie principali			>200
Hydraulische Verbindung / Connessione idraulica	gering/bassa	mittel/media	hoch/alta	
Maximale instationäre Wasserzutritte Venute d'acqua massime non stazionarie (l/s/10m)	Erkundungsstollen/Cunicolo esplorativo			5% (flush flow)
	Hauptröhren/Gallerie principali			5%
Stationärer Wasserzutritt pro Homogenabschnitt Venute d'acqua stazionarie per tratta omogenea (l/s)	Erkundungsstollen/Cunicolo esplorativo			80
	Hauptröhren + Erkundungsstollen/Gallerie principali + Cunicolo esp.			96



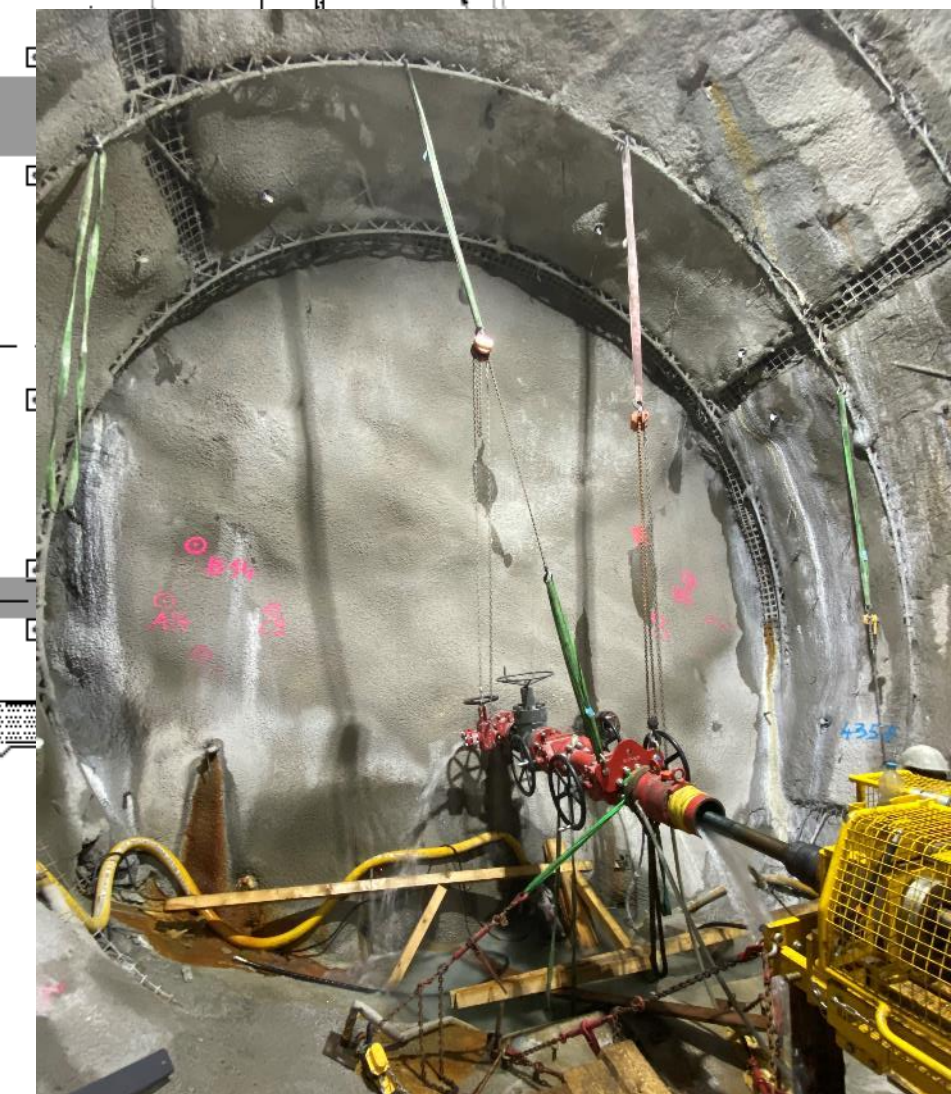
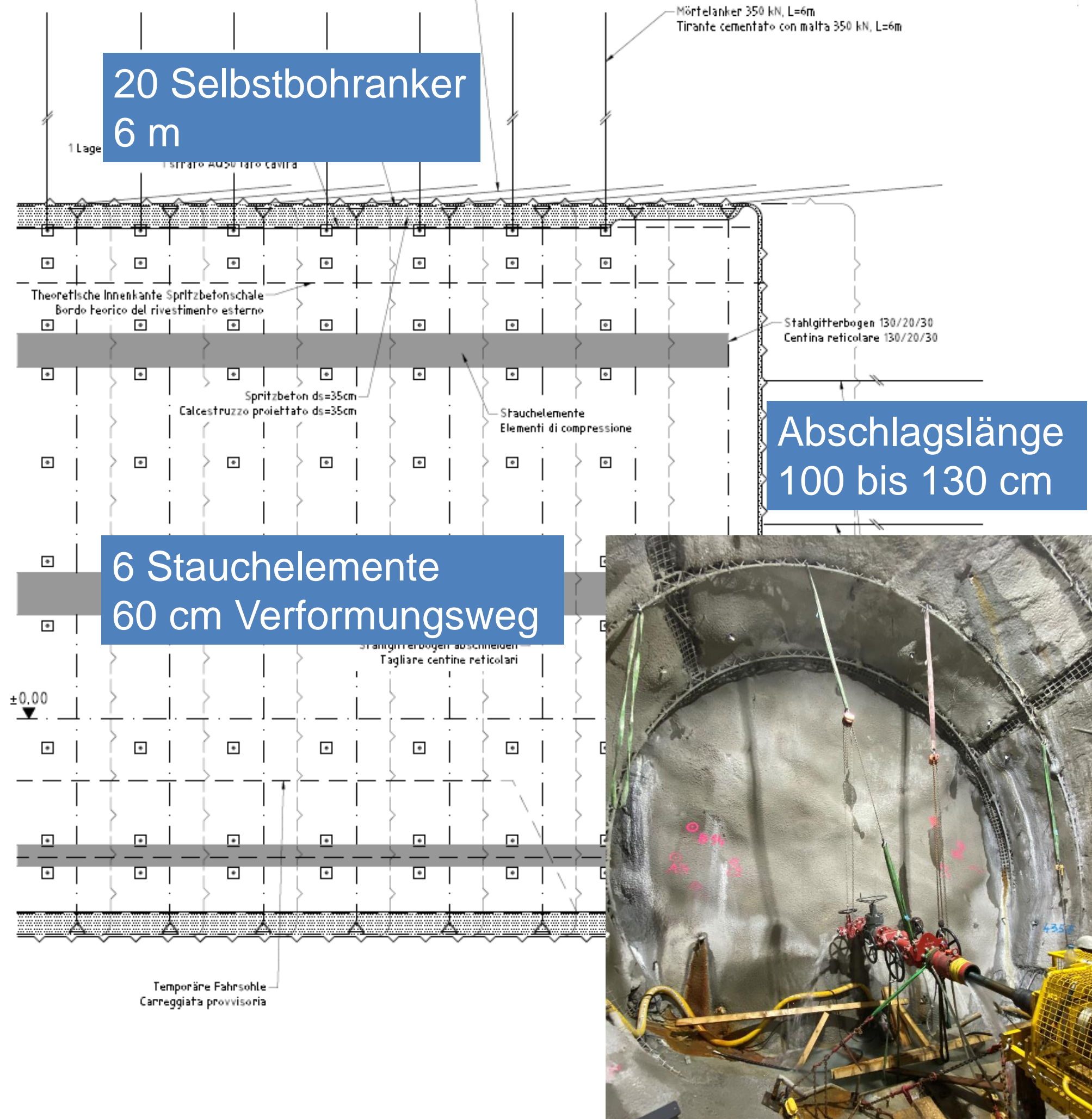
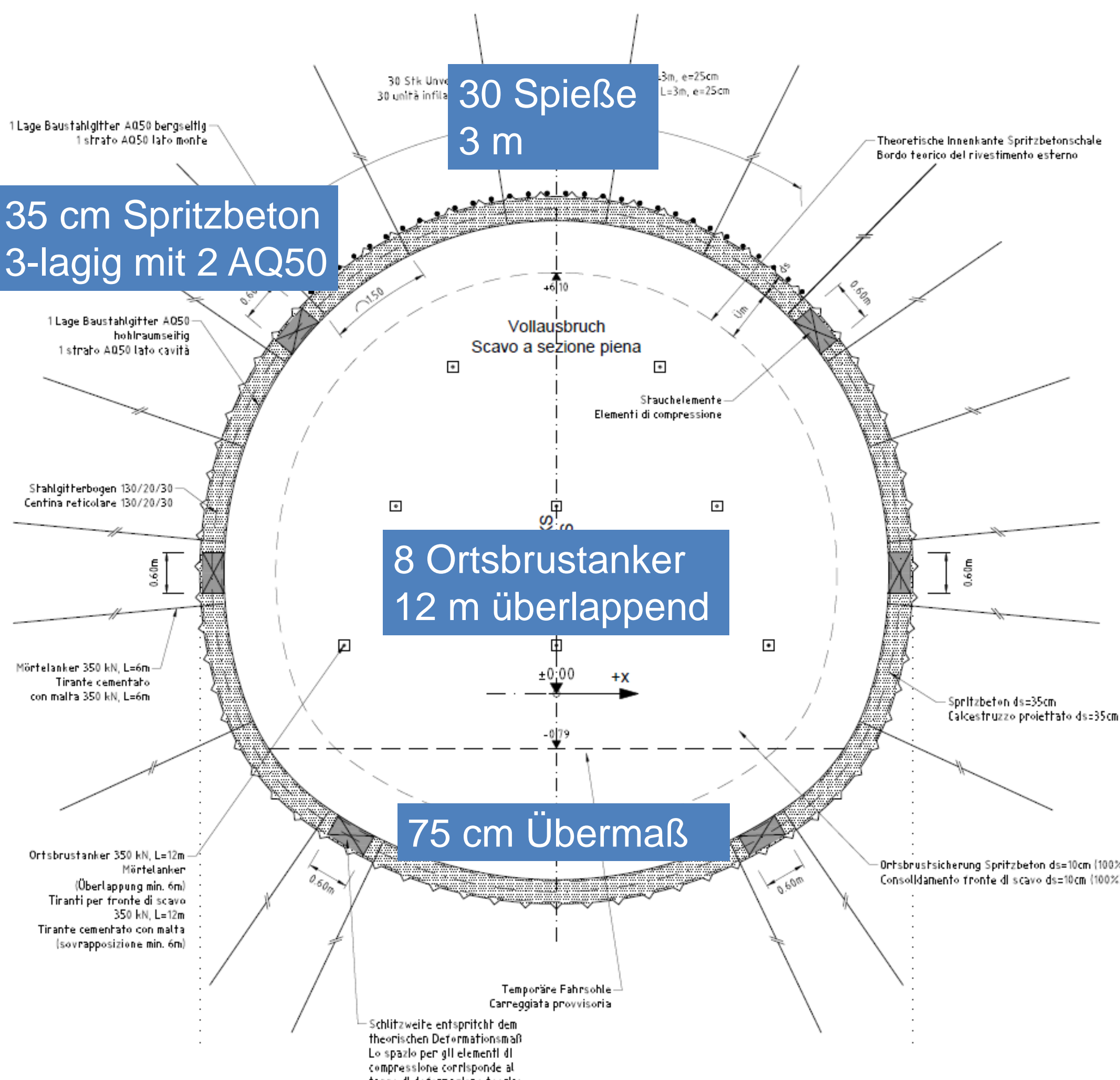
+ eine Klasse höher möglich / possibile una classe piú alta  
- eine Klasse tiefer möglich / possibile una classe piú bassa

# AUSSCHREIBUNG BAUHILFSSMASSNAHMEN HILFSANGRIFF VOM EKS ZU DEN HAUPTTUNNELN

Grundriss M 1:500  
Pianta, Scala 1:500

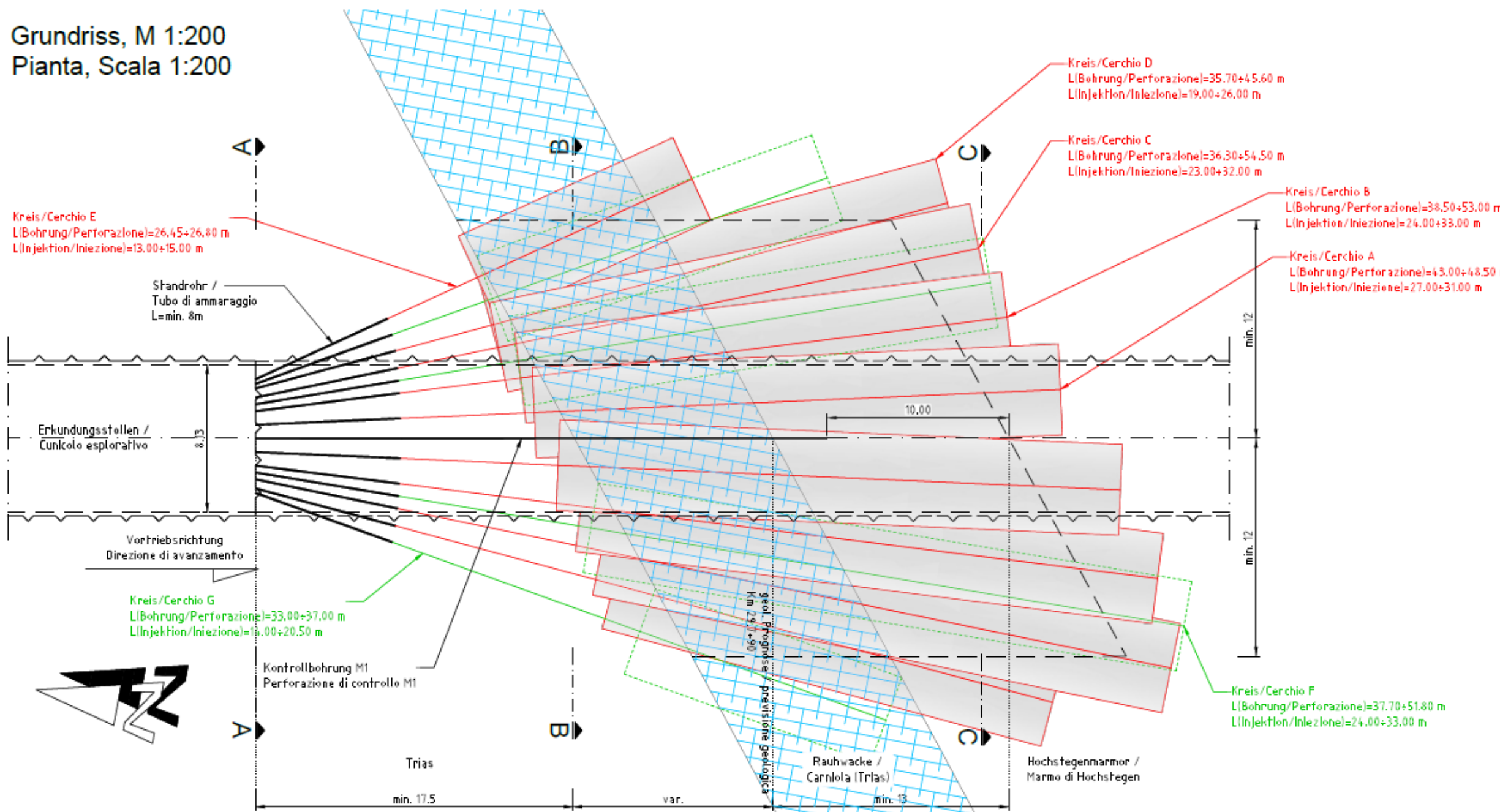


# AUSSCHREIBUNG BAUHILFSSMASSNAHMEN TUNNELBAU IN GEBIRGSVERBESSERTER RAUHWACKE



# AUSSCHREIBUNG BAUHILFSSMASSNAHMEN GEBIRGSVERBESSERENDE INJEKTIONEN TRIAS ZONE RAUHWACKE

Grundriss, M 1:200  
Pianta, Scala 1:200



Primärinjektionen / iniezioni primarie

Sekundärinjektionen / iniezioni secondarie

Kreis E, R = 3.25m  
13 St. Injektionsbohrungen  
Cerchio E, R= 3.25m  
13 Pz. Fori d'iniezione

Kreis D, R = 2.75m  
18 St. Injektionsbohrungen  
Cerchio D, R= 2.75m  
18 Pz. Fori d'iniezione

Kreis C, R = 2.25m  
18 St. Injektionsbohrungen  
Cerchio C, R= 2.25m  
18 Pz. Fori d'iniezione

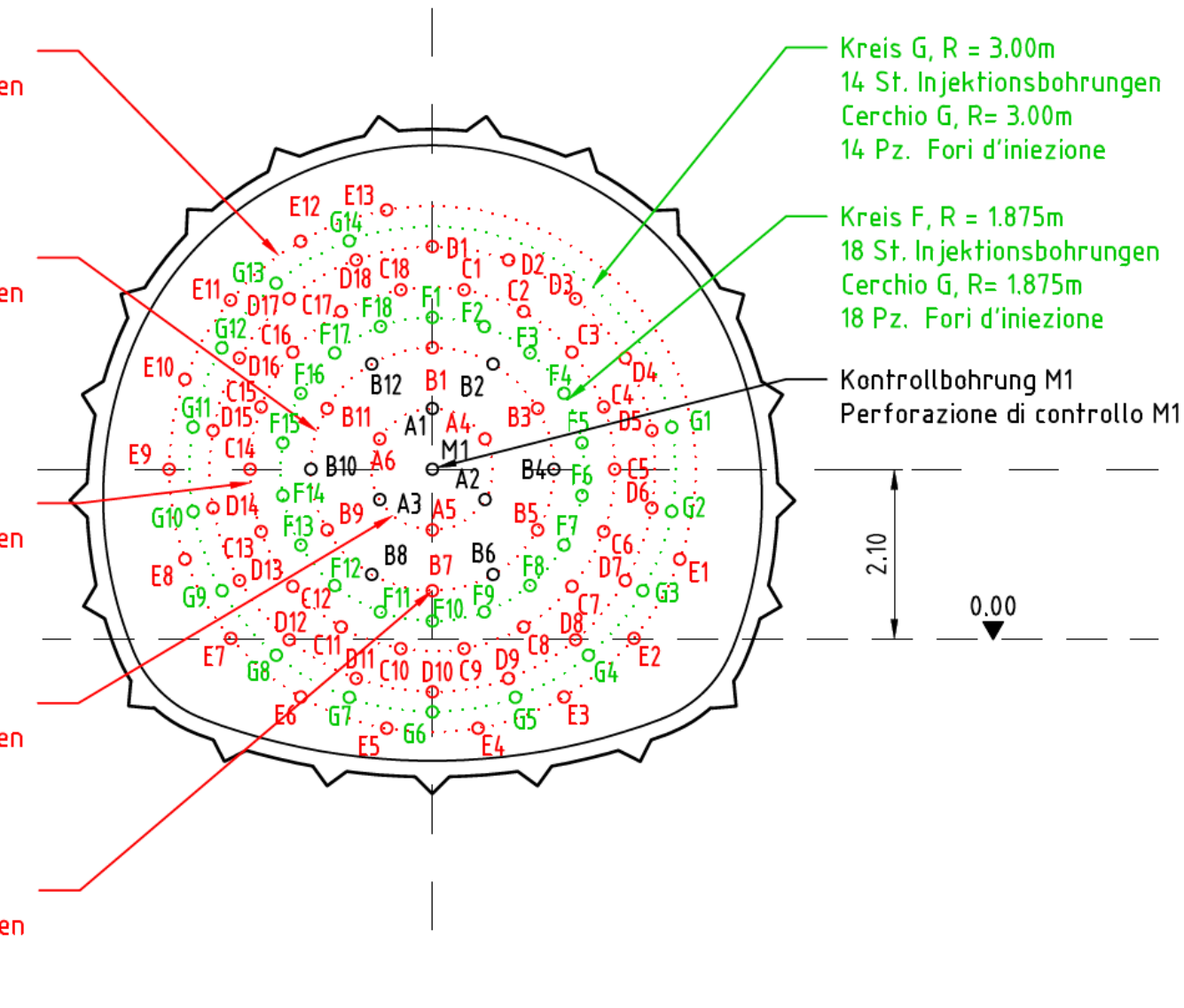
Kreis A, R = 0.75m  
3 St. Injektionsbohrungen  
Cerchio A, R= 0.75m  
3 Pz. Fori d'iniezione

Kreis B, R = 1.50m  
6 St. Injektionsbohrungen  
Cerchio B, R= 1.50m  
6 Pz. Fori d'iniezione

Kreis G, R = 3.00m  
14 St. Injektionsbohrungen  
Cerchio G, R= 3.00m  
14 Pz. Fori d'iniezione

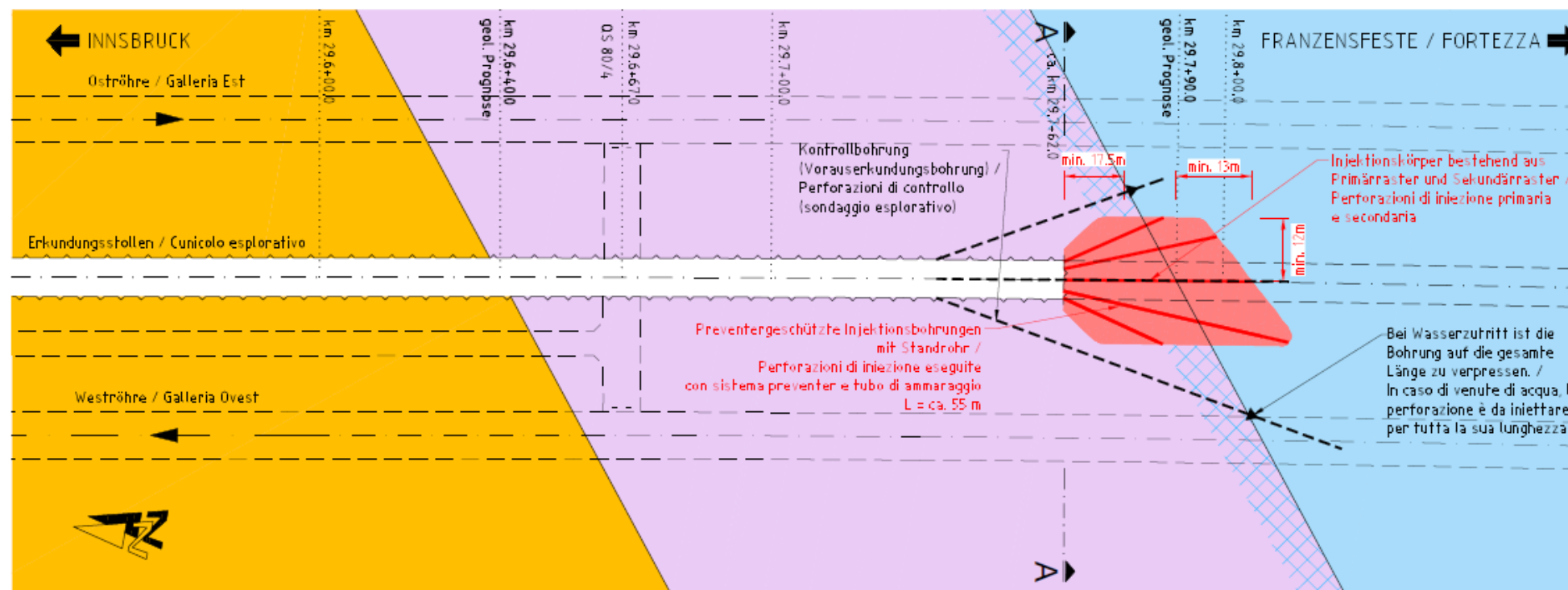
Kreis F, R = 1.875m  
18 St. Injektionsbohrungen  
Cerchio F, R= 1.875m  
18 Pz. Fori d'iniezione

Kontrollbohrung M1  
Perforazione di controllo M1

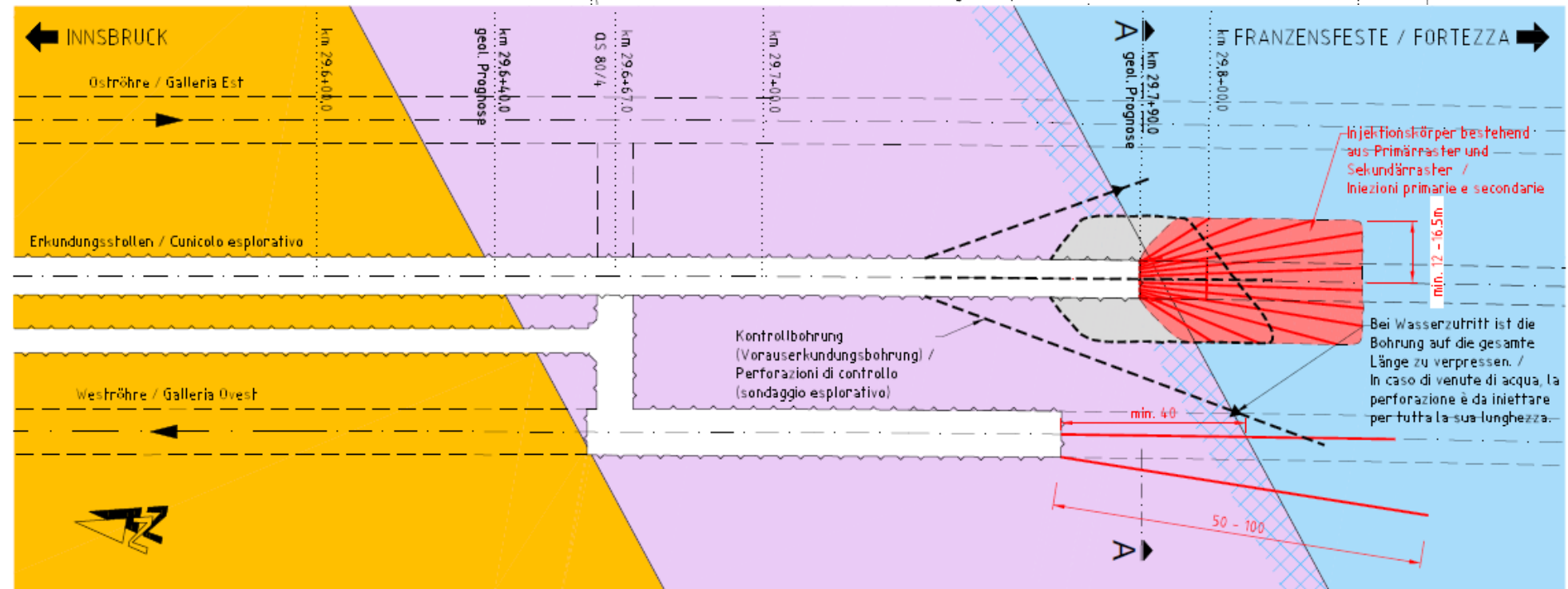
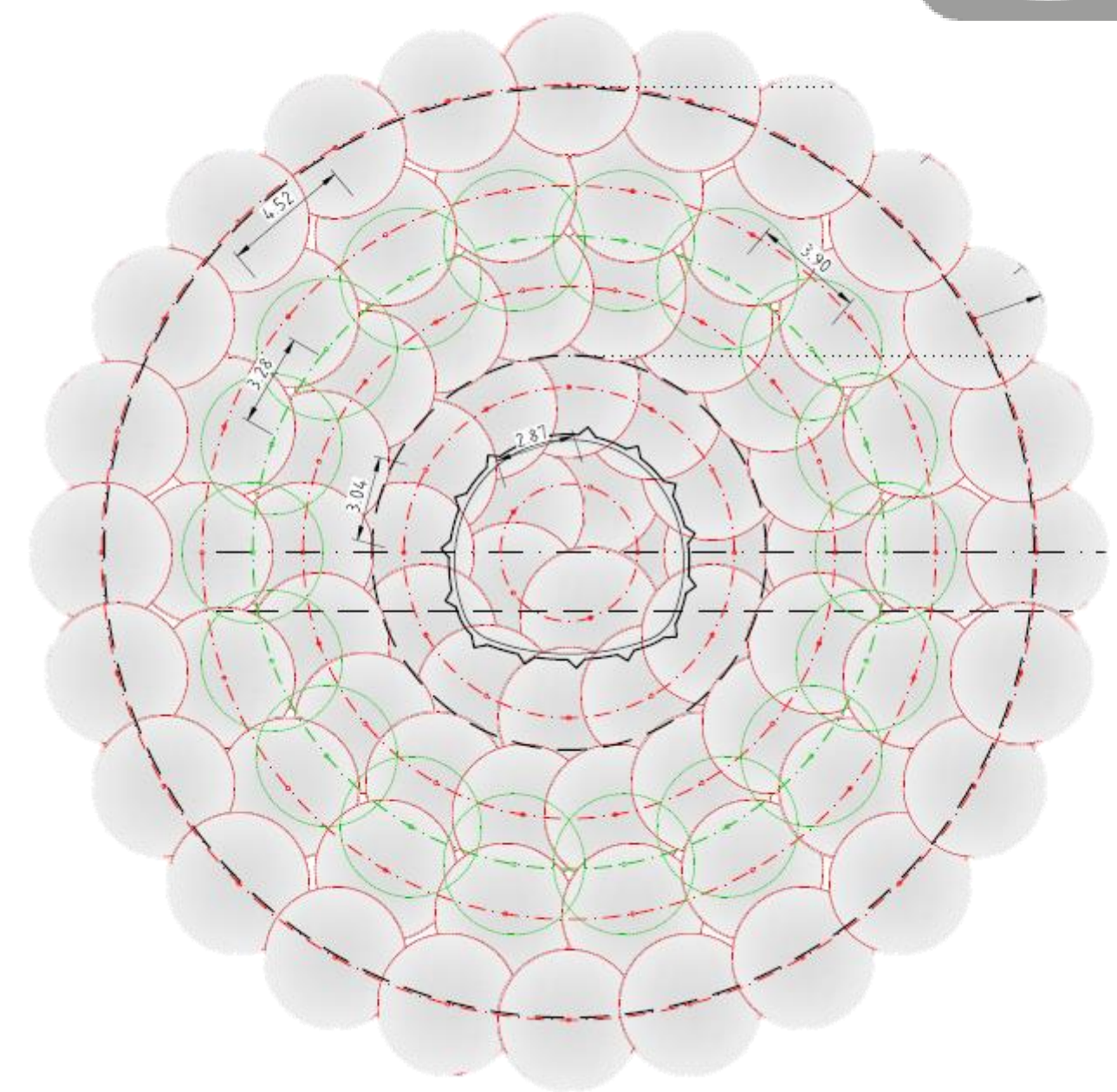
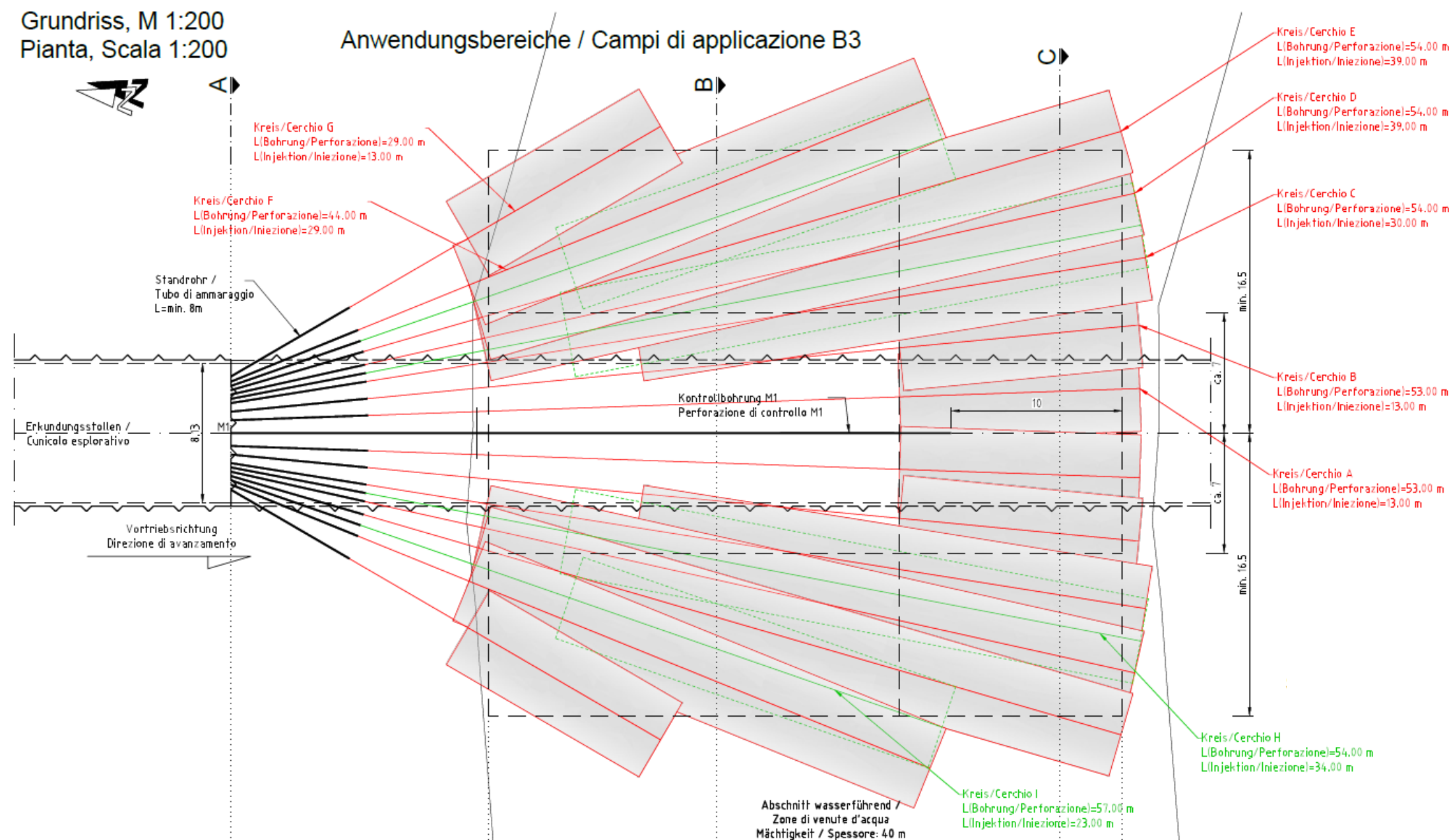


## Injektionsmittel

- Normalzement
- Feinzement
- Feinstzement
- Acrylat
- Silikat
- Polyurethan



# AUSSCHREIBUNG BAUHILFSSMASSNAHMEN ABDICHTUNGSINJEKTIONEN HOCHSTEGEN MARMOR



- ## Injektionsmittel
- Normalzement
  - Feinzement
  - Feinstzement
  - Acrylat
  - Silikat
  - Polyurethan

## Bauliche Umsetzung

- erfolgt unter **besonders hoher Unsicherheit**  
→ ein Baugrund mit so hohem statischem Wasserdruck ist nur bedingt abschätzbar
- **vertragliche Risiken** sind entsprechend hoch  
→ technische Änderungen wahrscheinlich, zeitliche Implikationen unumgänglich

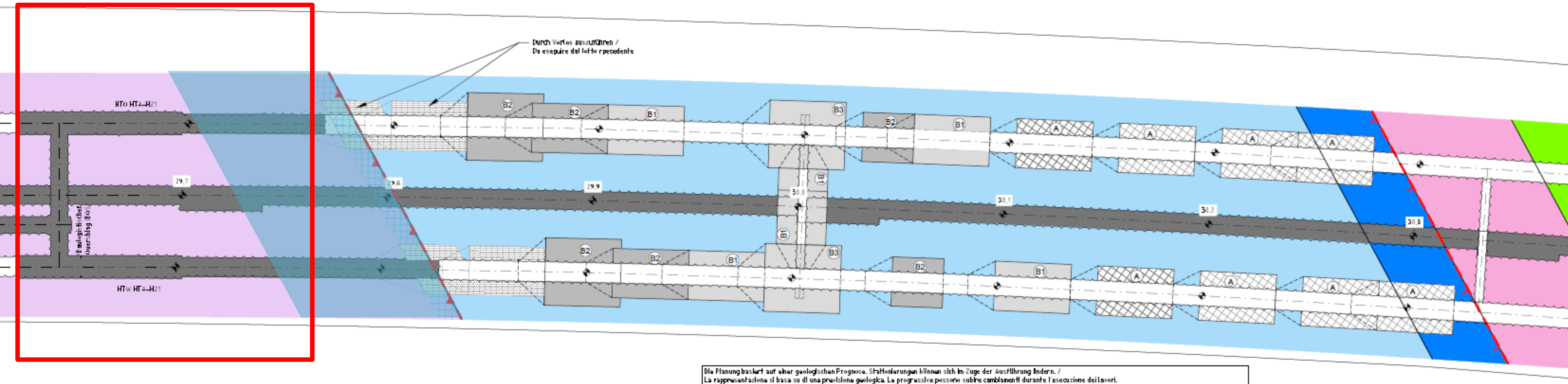
## Vertragliche Zieldefinition

- **unter widrigen Bedingungen „anwendbarer“ Bauvertrag**, d.h. für beide Seiten fair
- → möglichst **klare Kalkulationsparameter** für vertragliche Ableitungen zur zeitlichen und preislichen Bewertung unerwarteter Vertragszustände
- gute Abschätzung von möglichen **Mengen, Dauern, Kosten**

## Hohe Flexibilität hinsichtlich

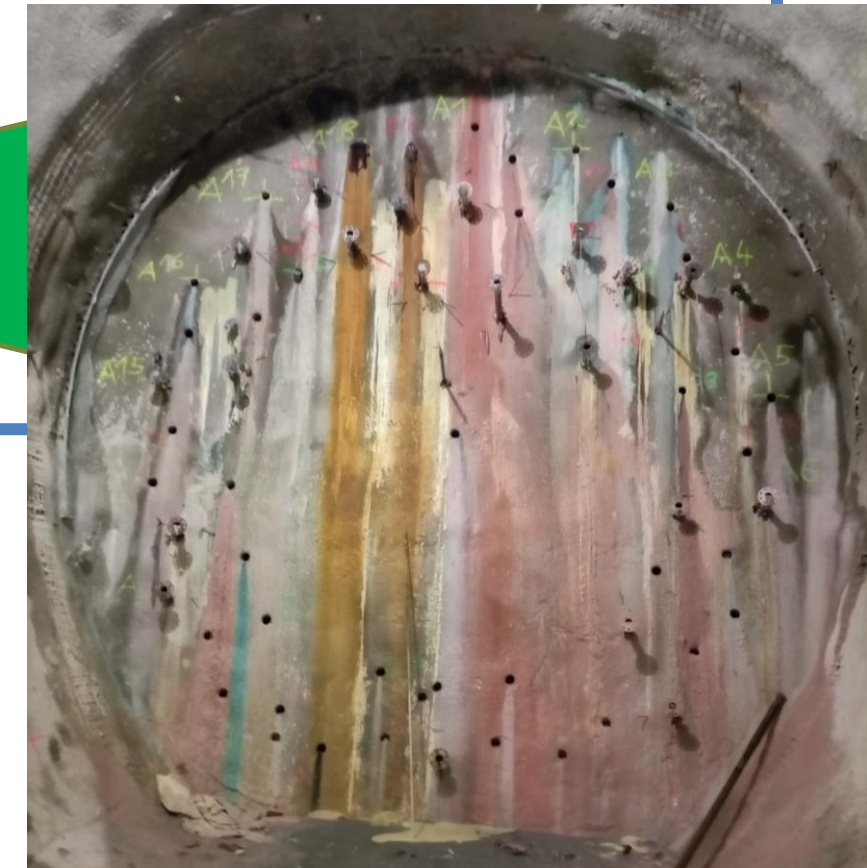
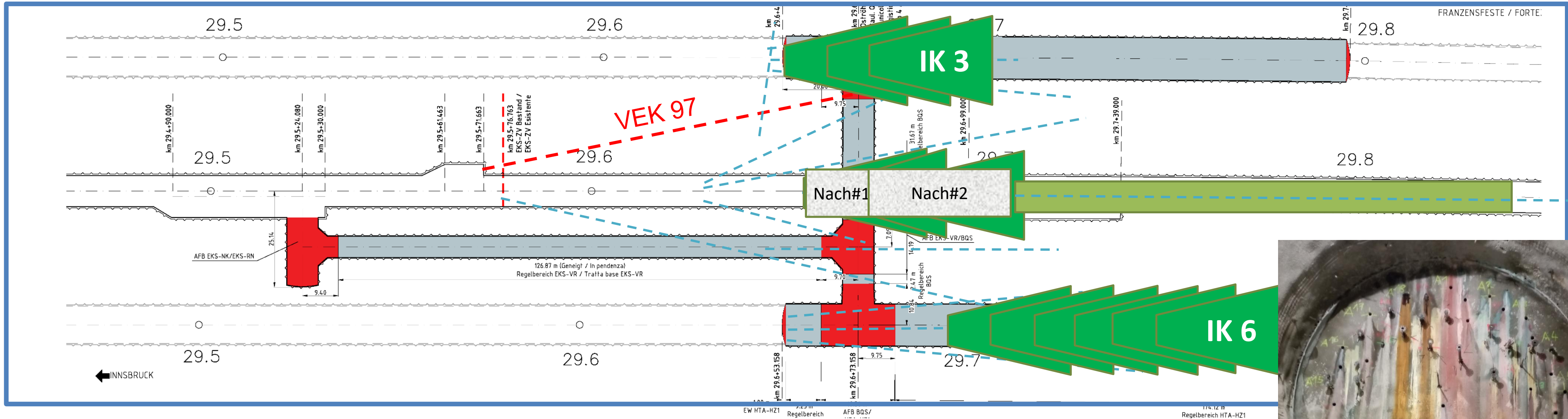
- **Bohrmethoden** für Erkundung, Gebirgsverbesserung, Abdichtung
- Injektionsmittel für **Gebirgsverbesserung** wassergesättigtes Gestein (Rauhacke)
- Injektionsmittel für **Abdichtung** (Marmor-Karstklüfte aller Dimensionen)
- **Bohrschemata** und **Bohrlängen**
- zeitlicher Wechselfolge von **Injektionen und Sprengvortrieb**

# Stand der Arbeiten: Trias Zone – Hochstegen Marmor





# Stand der Arbeiten: Trias Zone - April 2023



**BAUUMSETZUNG  
ERKUNDUNG – BOHRUNG VEK 97 TM 4273,50 (KM 29,5+72)**



**BAUUMSETZUNG**  
**ERKUNDUNG – KERNBOHRUNG VEK 102 TM 4357,70 (KM 29,6+56)**



VEK 102 – BM 22: nördliche Grenze Rauhacke



VEK 102 – BM 29,3: Rauhacke mit Auslaugungen



VEK 102 – BM 66:  
Hochstegen Marmor



# BAUUMSETZUNG ERKUNDUNG – KAMERABEFAHRUNGEN TM 4357,70 (KM 29,6+56)



BAUUMSETZUNG  
WASSERZUTRITTE TRIAS ZONE





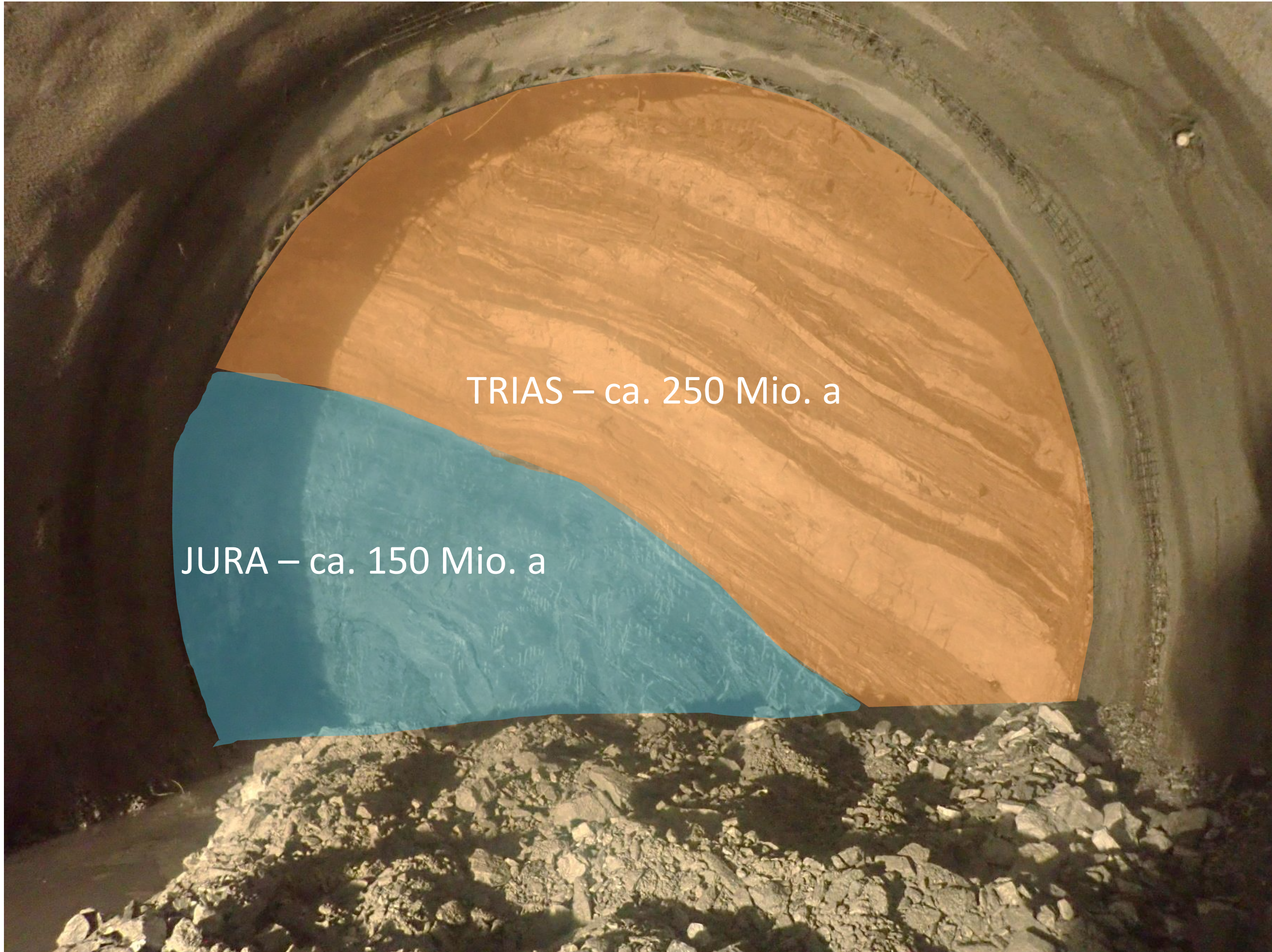
# BAUUMSETZUNG EKS VEK 119

VEK 119  
ca. 70l/s  
mit Feinmaterialaustrag





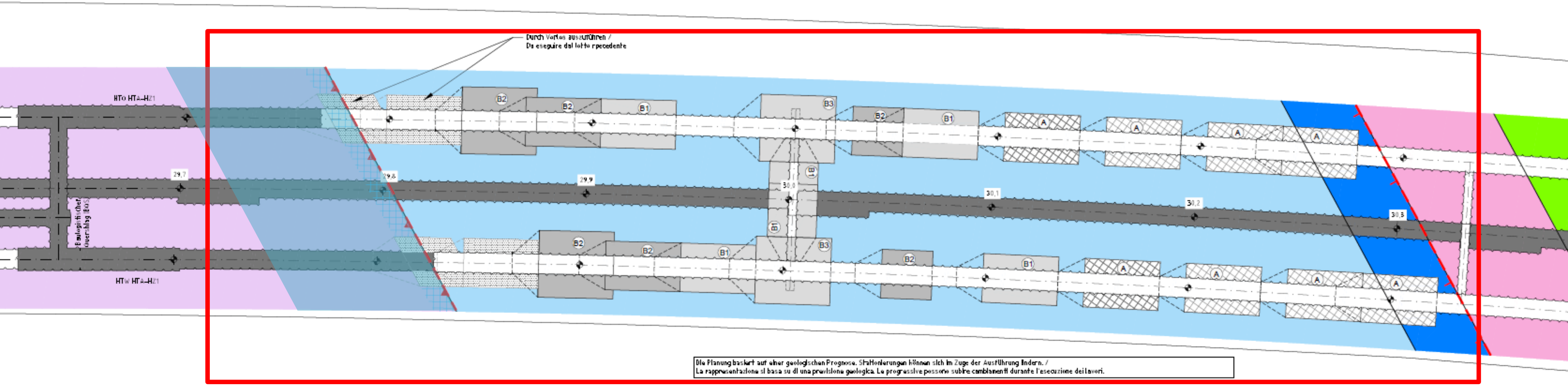
Bei TM 4400 wurde  
Hochstegen Marmor  
erstmals angetroffen



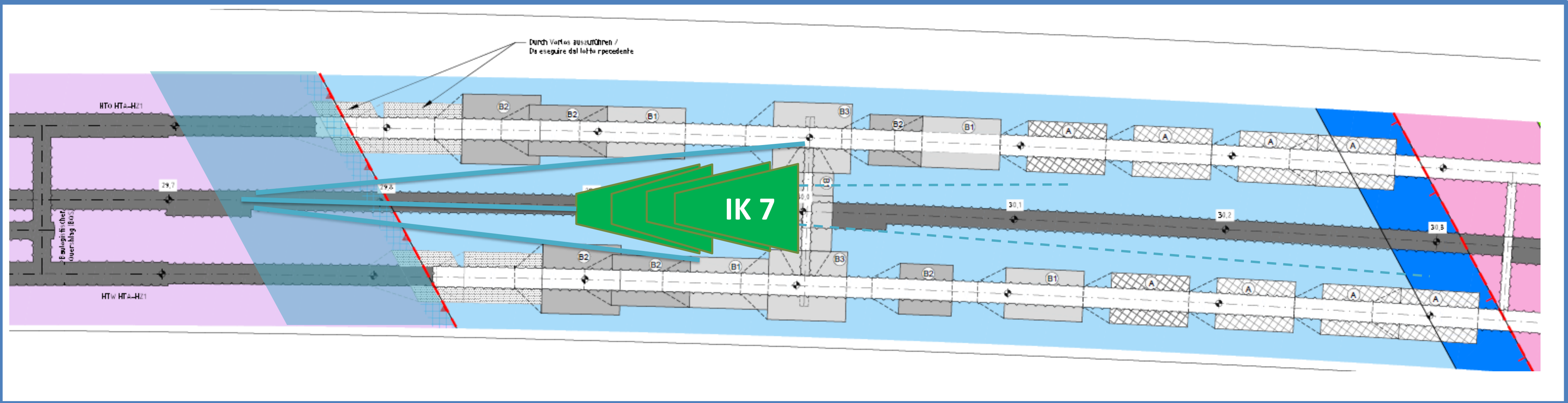




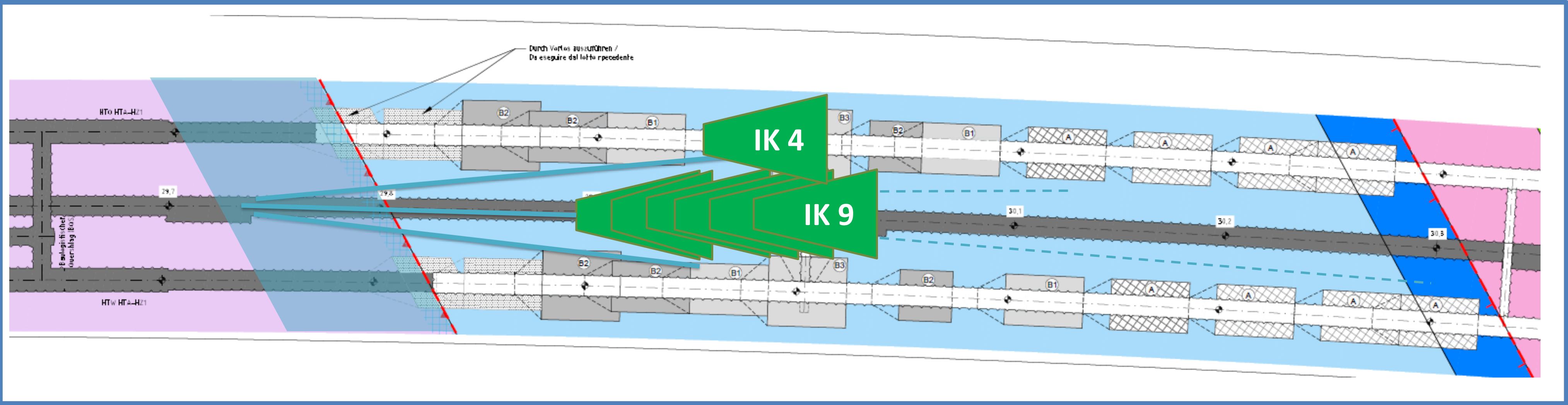
# Stand der Arbeiten: Trias Zone – HS-Marmor



Stand der Arbeiten: HS-Marmor - Juni 2023

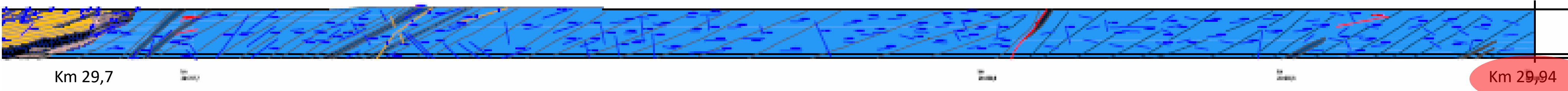


Stand der Arbeiten: HS-Marmor - Juli 2023



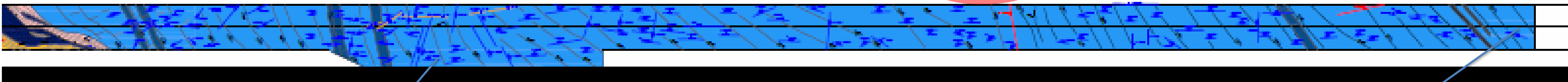
# BAUUMSETZUNG EKS IM HOCHSTEGEN MARMOR KM 29,7 – KM 29,94

Längenschnitt



Grundriss

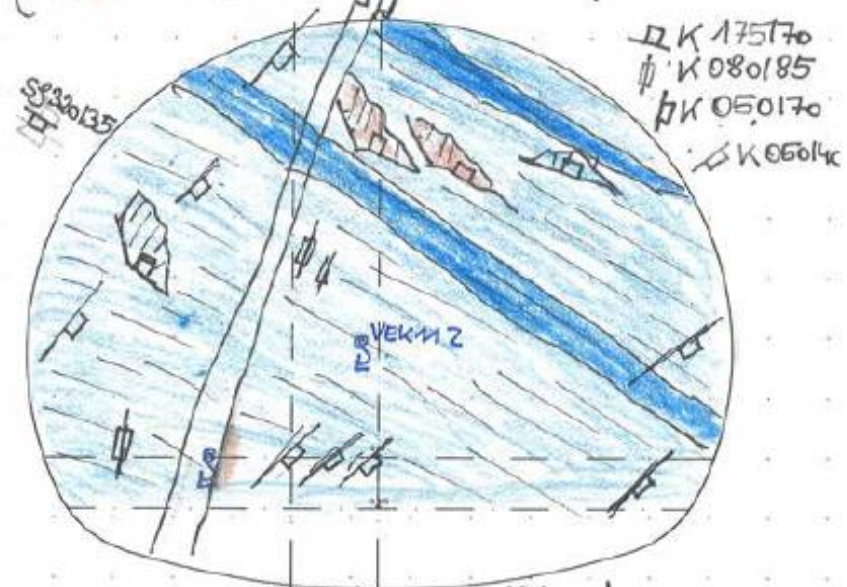
Tropfwasser bis max. 0,2 l/s



Hochstegen FH.

**KALKMARMOR**  
plattig lösend, grau gelb ädert, überwiegend frisch, einzelne alternde TF, Klüftung

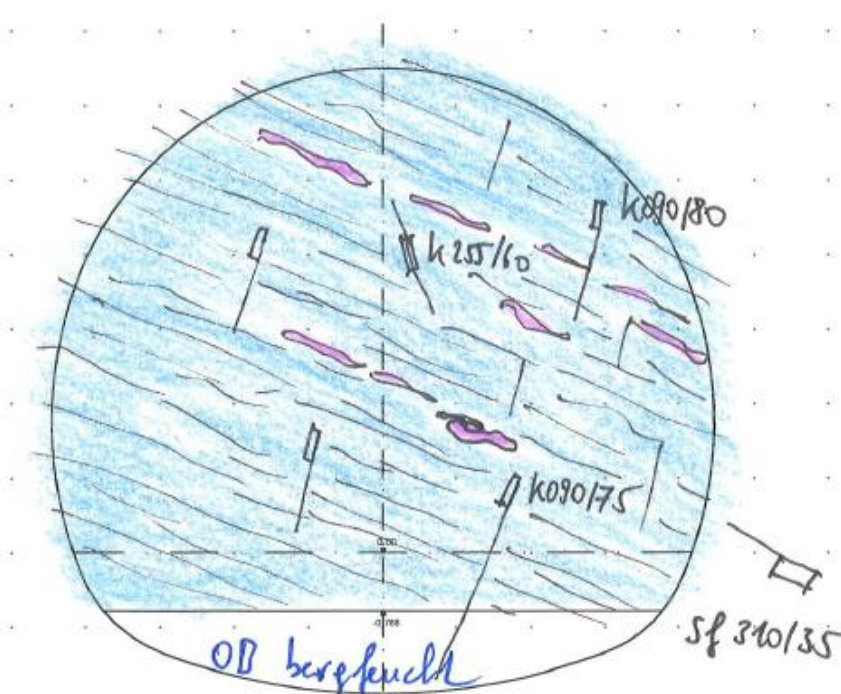
**GLIMMERMARMOR**: dunkelgrau, sulfidreich (Pyrit), schwach alternd (verfaulte) TF



Kein Nachfall nach Abbau  
~0,05 l/s aus VEK 112; ~0,1 l/s entlang von TF (punktuell) sowie Feuchstellen.



Kalkmarmor: plattig - bankig, teils massiv lösend, hellgrau - grau laminiert, kompakt  
 > Kalzit / < Quarz mobilisiert  
 keine Nachfalle



**BAUUMSETZUNG  
EKS GEOLOGIE BEI TM 4663,30 (KM 29,9+61)**



BAUUMSETZUNG  
EKS INJEKTIONSKAMPAGNE BEI TM 4663,30 (KM 29,9+61)



BAUUMSETZUNG  
EKS INJEKTIONSKAMPAGNE BEI TM 4663,30 (KM 29,9+61)



2023/04/15 05:43

12 m<sup>3</sup> Beton injiziert

# BAUUMSETZUNG EKS INJEKTIONSKAMPAGNE BEI TM 4663,30 (KM 29,9+61)



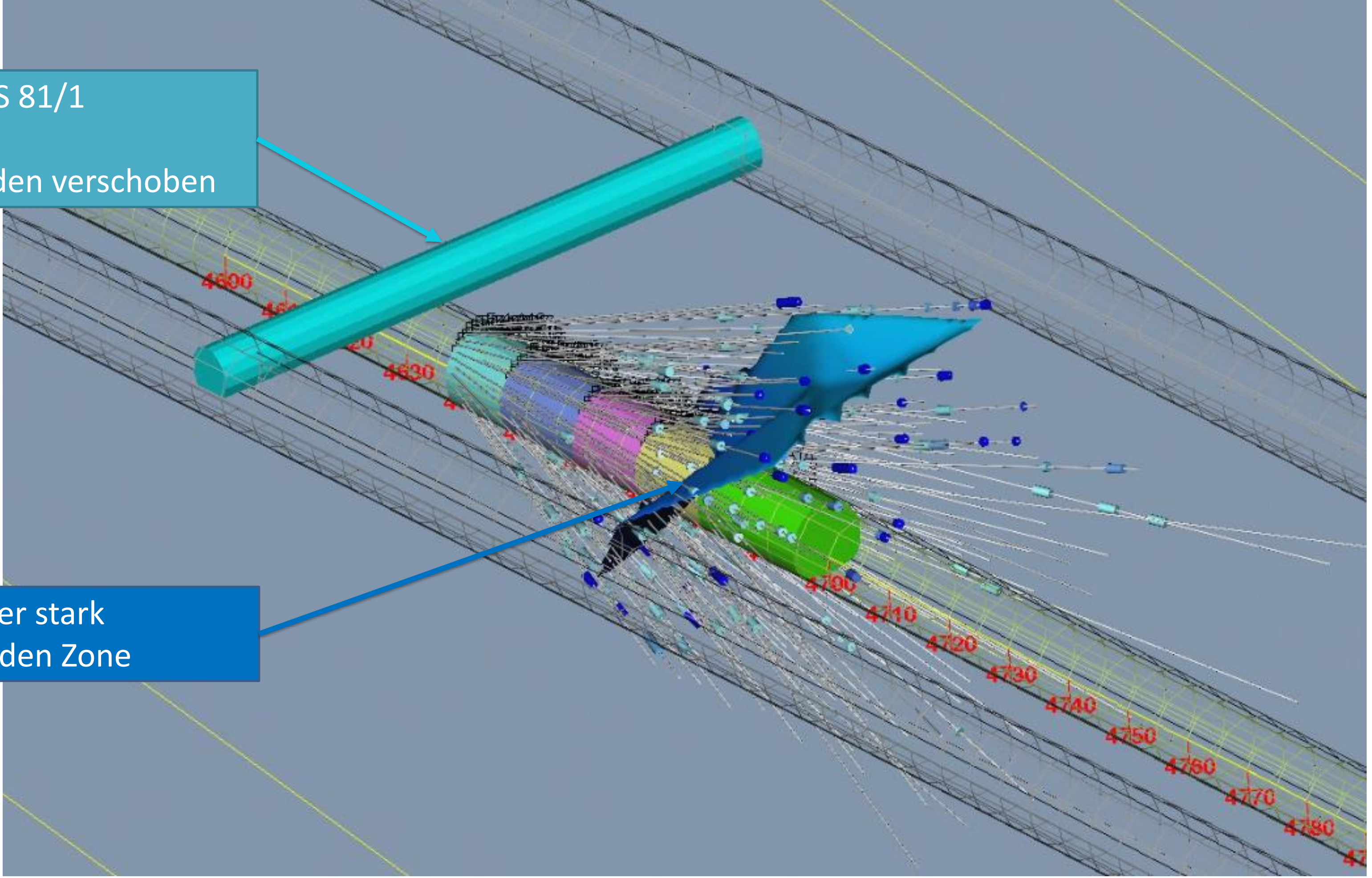
2023/04/15 05:43

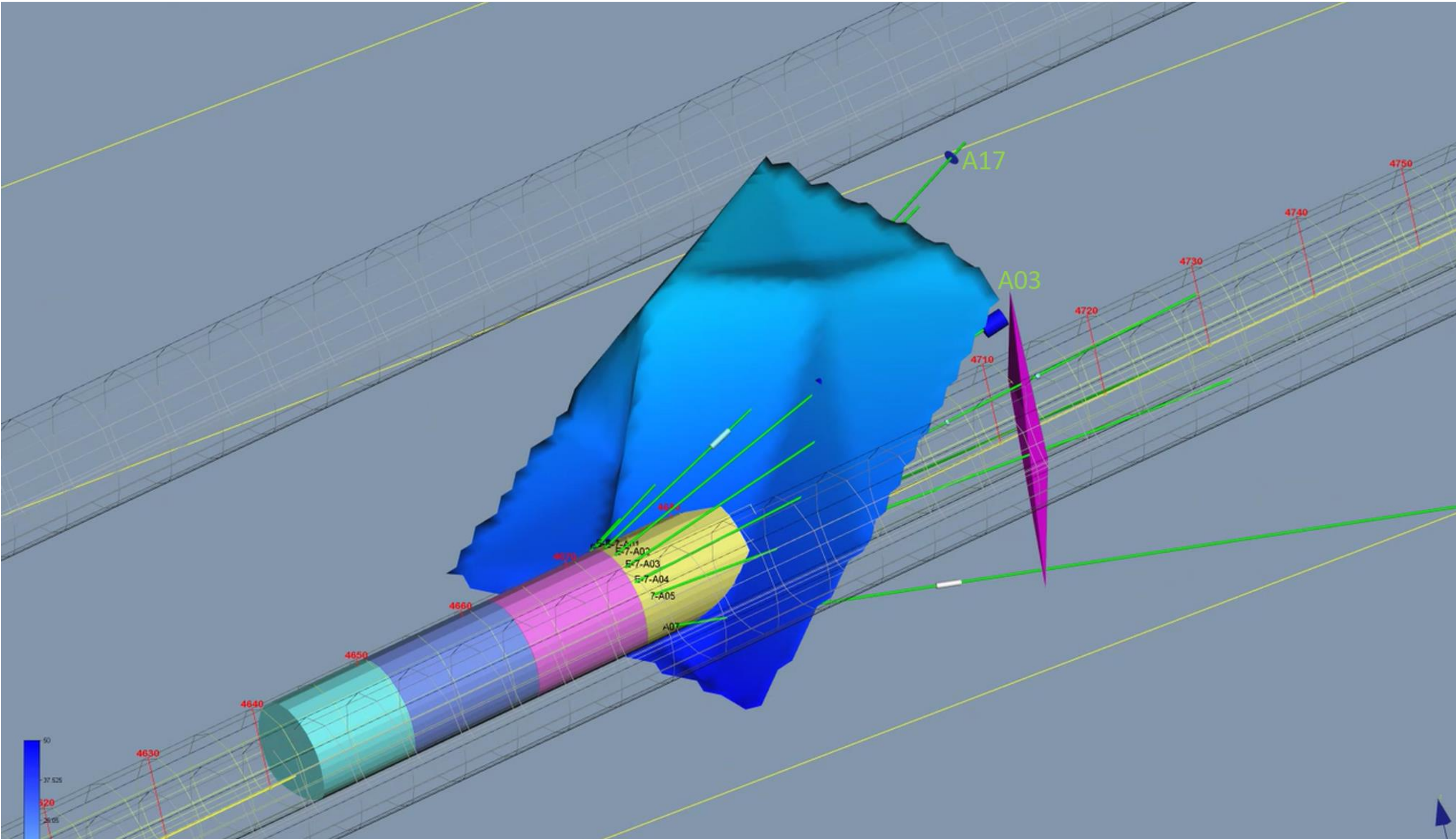
100 m<sup>3</sup> Beton injiziert



Querschlag QS 81/1  
wird um 60m  
Richtung Norden verschoben

Nordgrenze der stark  
wasserführenden Zone





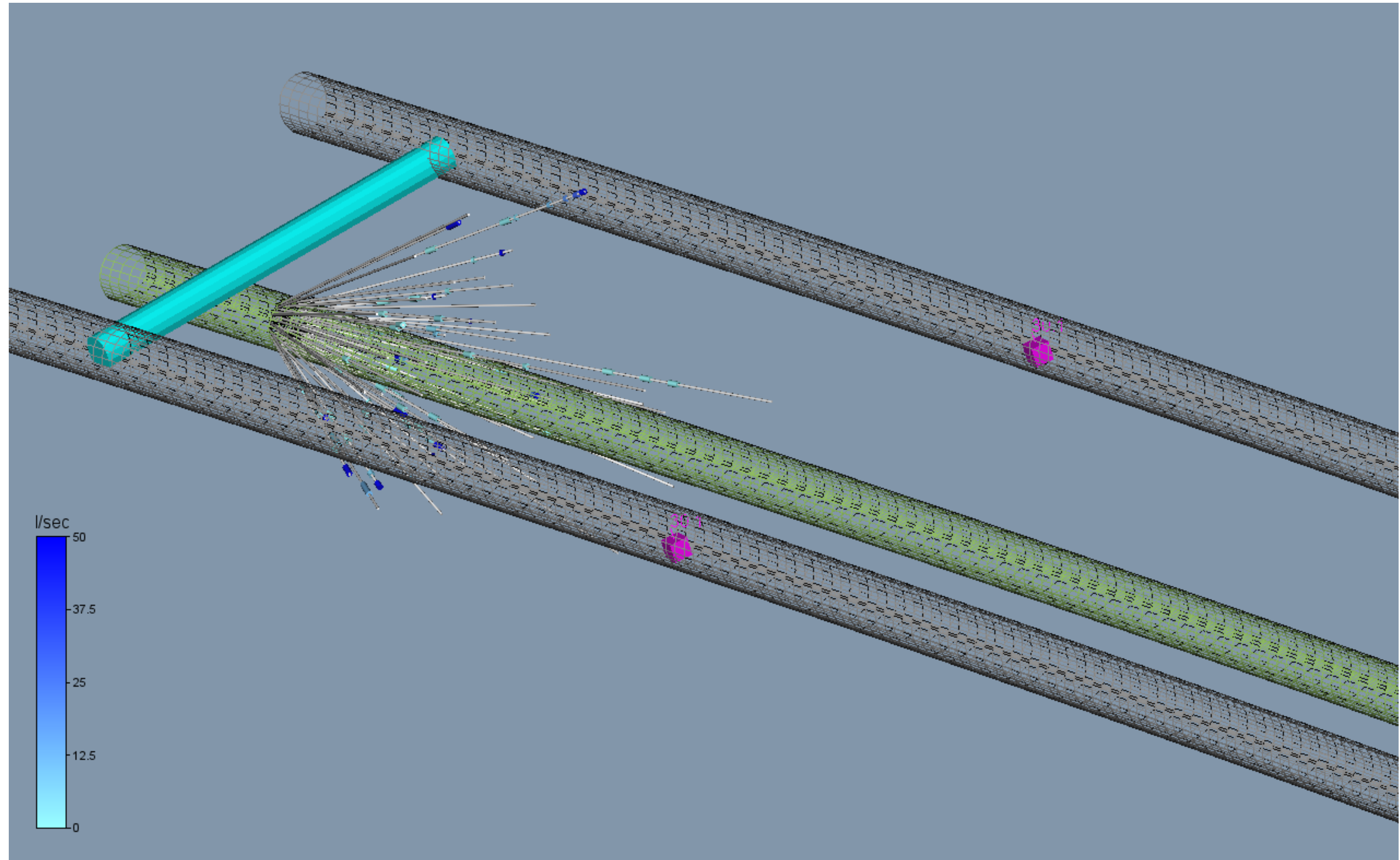
# Stand der Arbeiten: Jänner / Feber 2023

## Vortrieb

- EKS: TM 4642,60

## VEK / IK

- EKS IK4
- 50 / 33m (75m VEK)
- starke Wasserzutritte im Sohlbereich und links oben



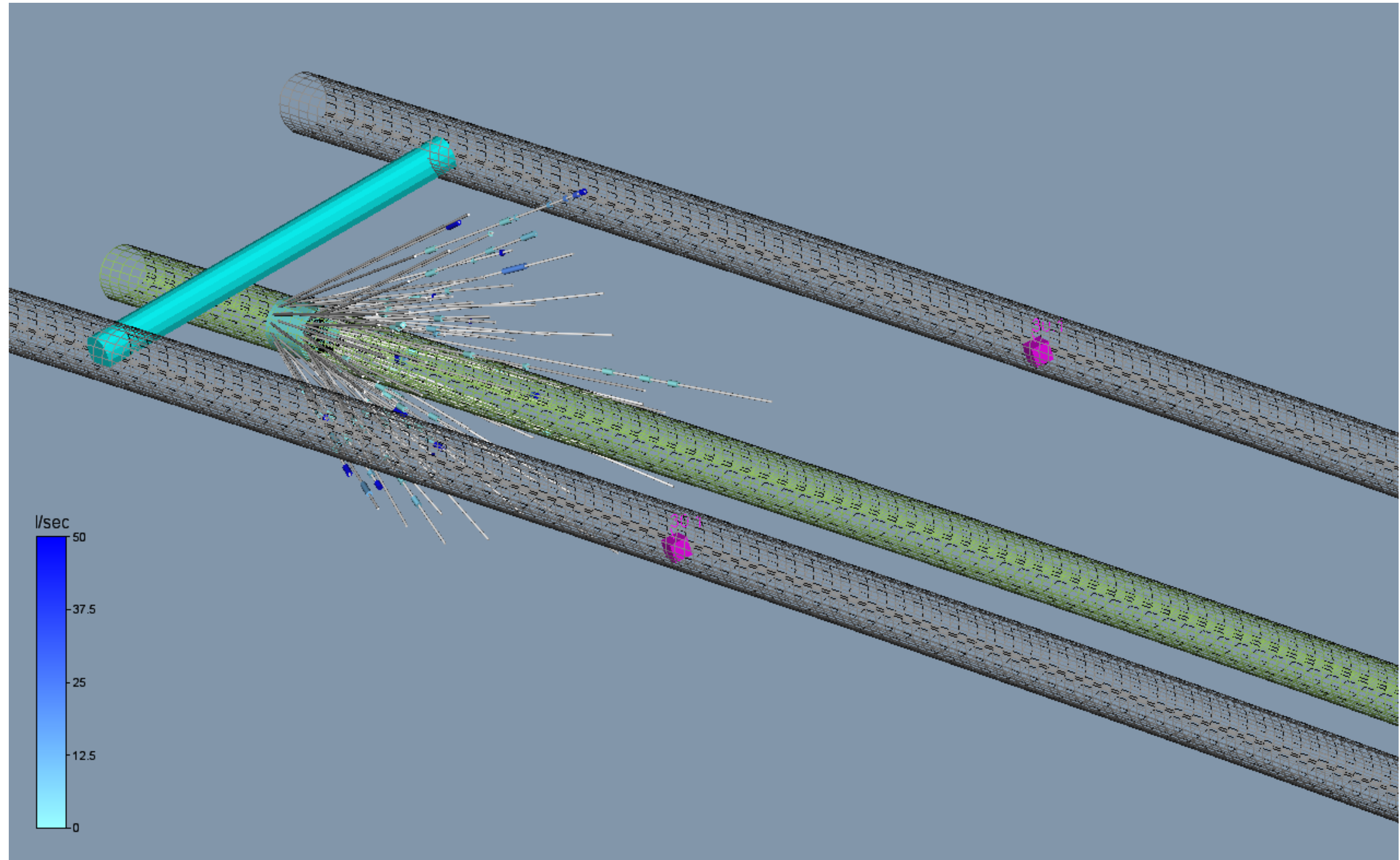
# Stand der Arbeiten: März 2023

## Vortrieb

- EKS: TM 4651,40 (+8,8m)

## VEK / IK

- EKS IK5
- 50 / 33m
- wenige starke Wasserzutritte



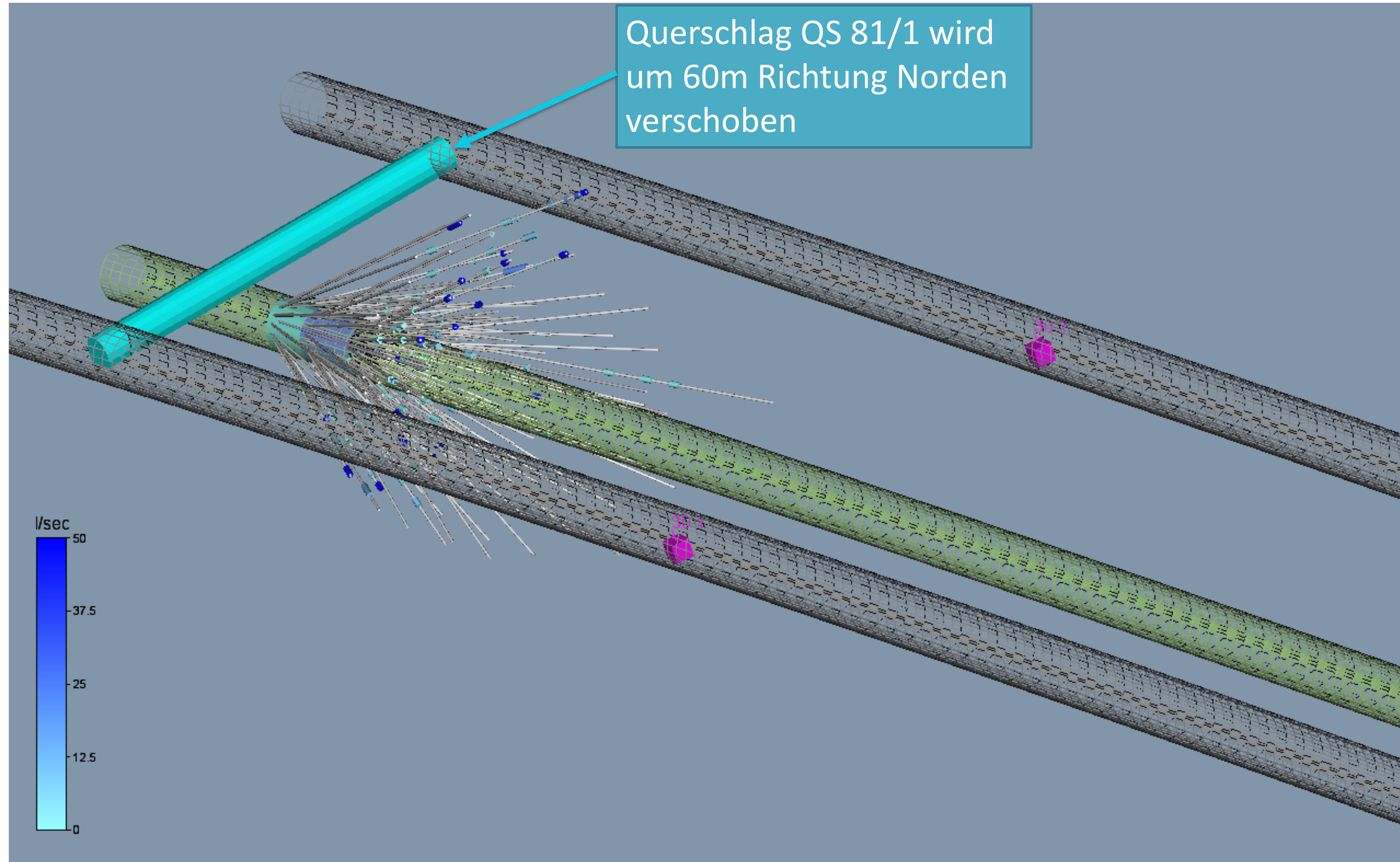
# Stand der Arbeiten: April 2023

## Vortrieb

- EKS: TM 4663,30 (+11,9m)

## VEK / IK

- EKS IK6
- 50 / 33m
- starke Wasserzutritte rechts oben



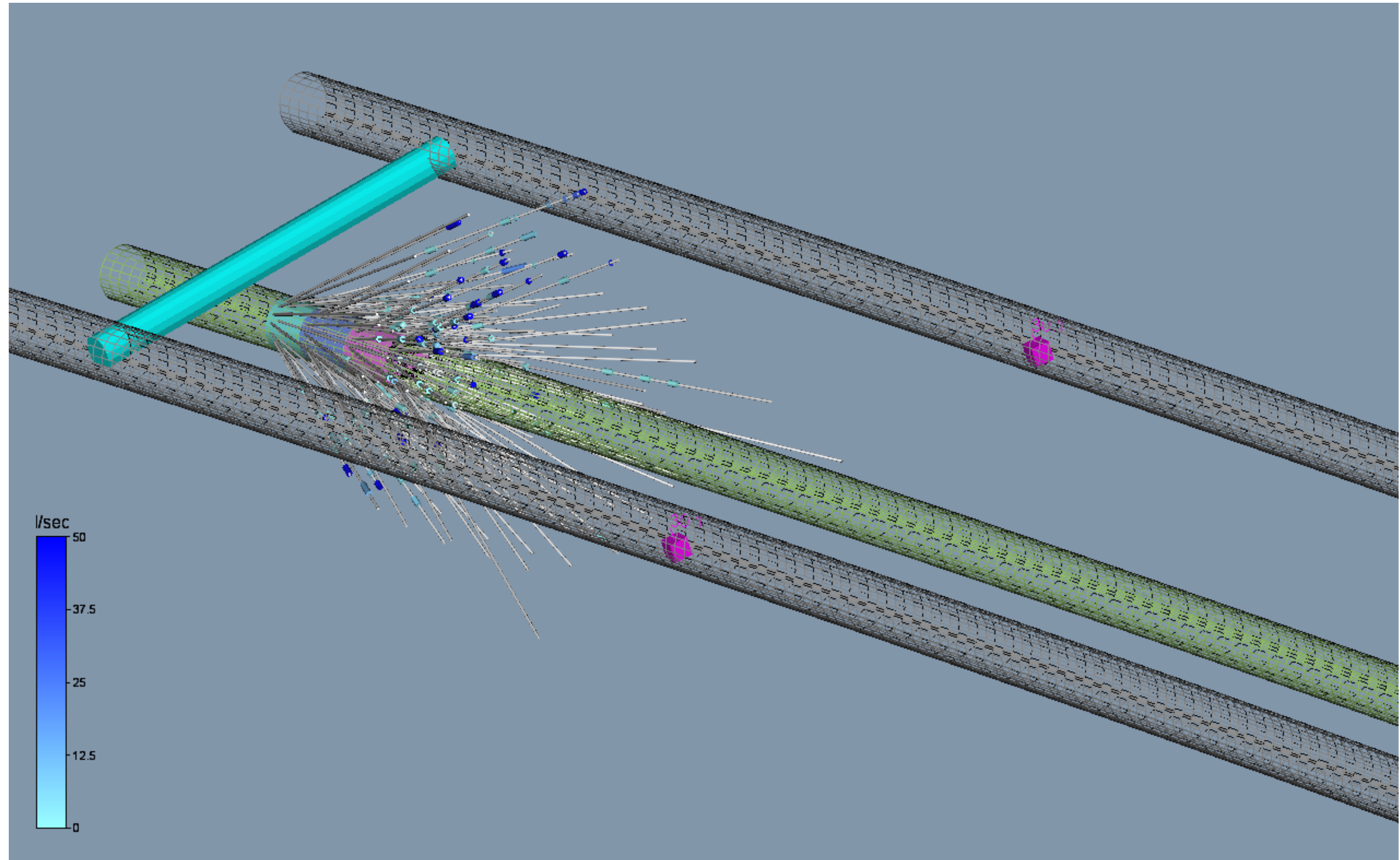
# Stand der Arbeiten: Mai 2023

## Vortrieb

- EKS: TM 4673,70 (+10,4m)

## VEK / IK

- EKS IK6 + IK7
- 50 / 33m
- starke Wasserzutritte rechts oben



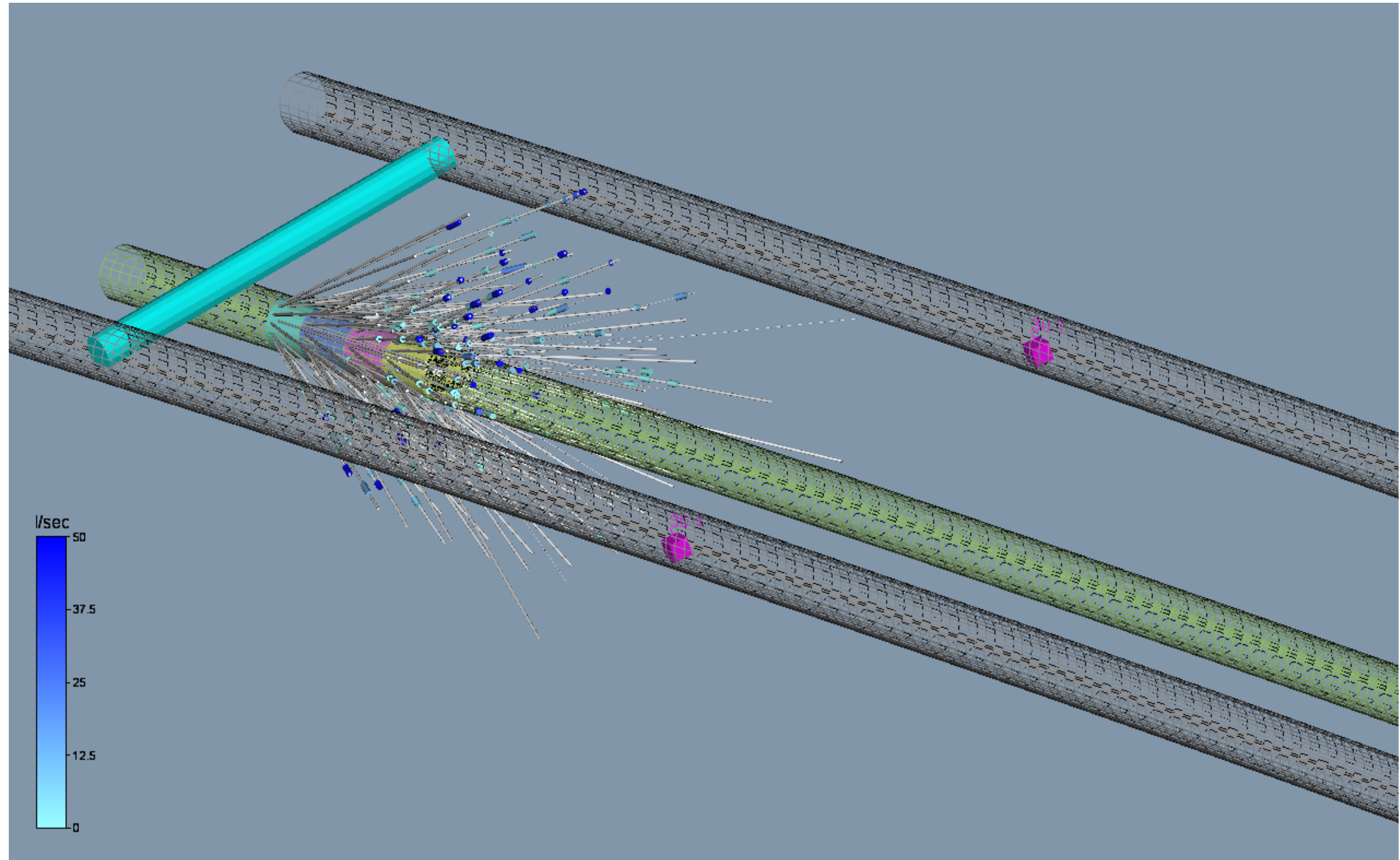
# Stand der Arbeiten: Juni 2023

## Vortrieb

- EKS: TM 4684,10 (+10,4m)
- HT-O: TM 4700,5

## VEK / IK

- EKS IK8
- 50 / 33m
- starke Wasserzutritte rechts oben



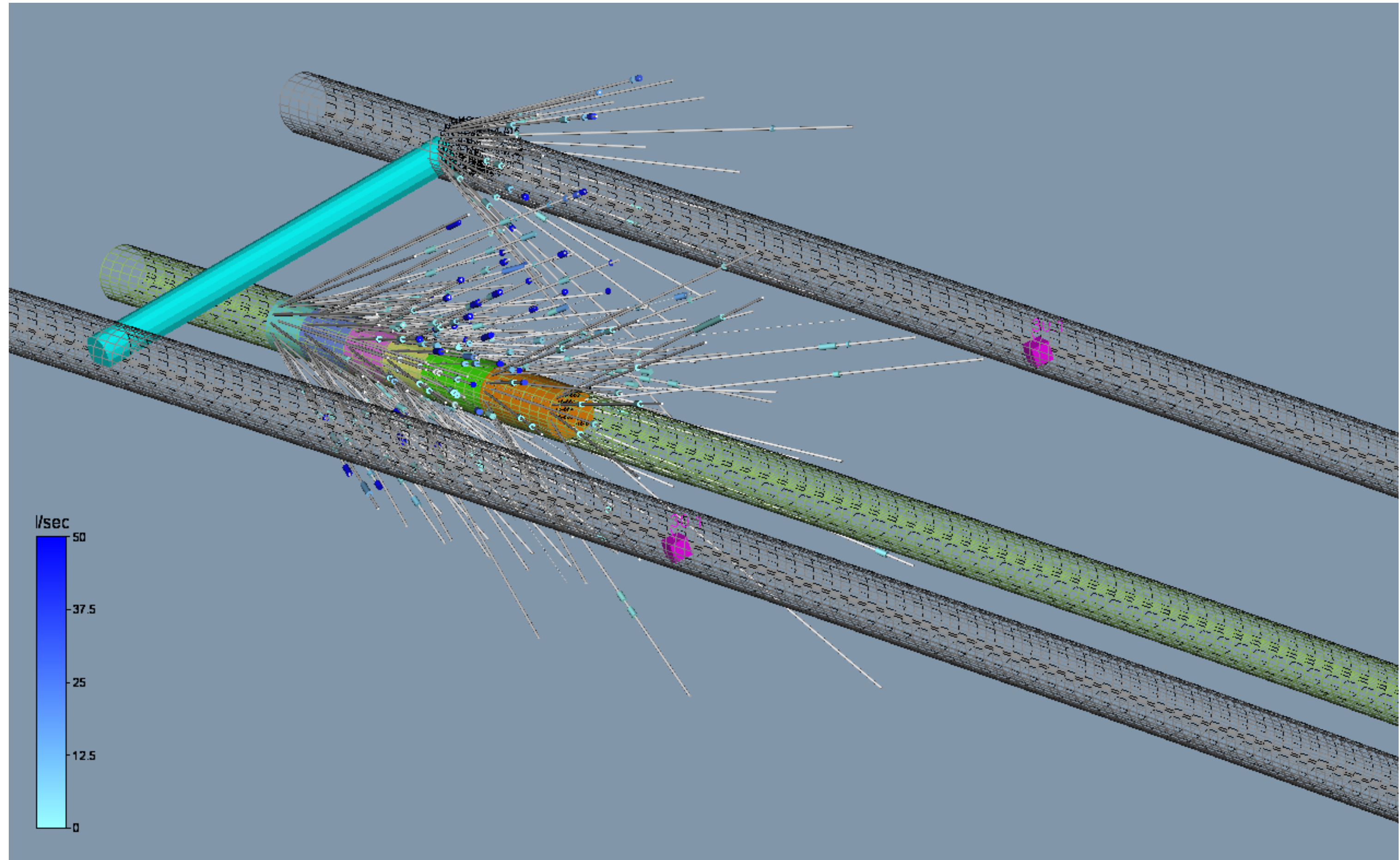
# Stand der Arbeiten: Juli 2023

## Vortrieb

- EKS: TM 4717,90 (+33,8m)
- HT-O: TM 4700,5
- HT-W: TM 4747,40

## VEK / IK

- EKS IK9 + IK10
  - 50 / 33m
  - wenige starke Wasserzutritte (IK9) bzw. keine (IK10)
  - stark wasserführende Zone im EKS erfolgreich durchörtert
- HT-O IK4
  - 50 / 33m
  - starke Wasserzutritte rechter Bereich





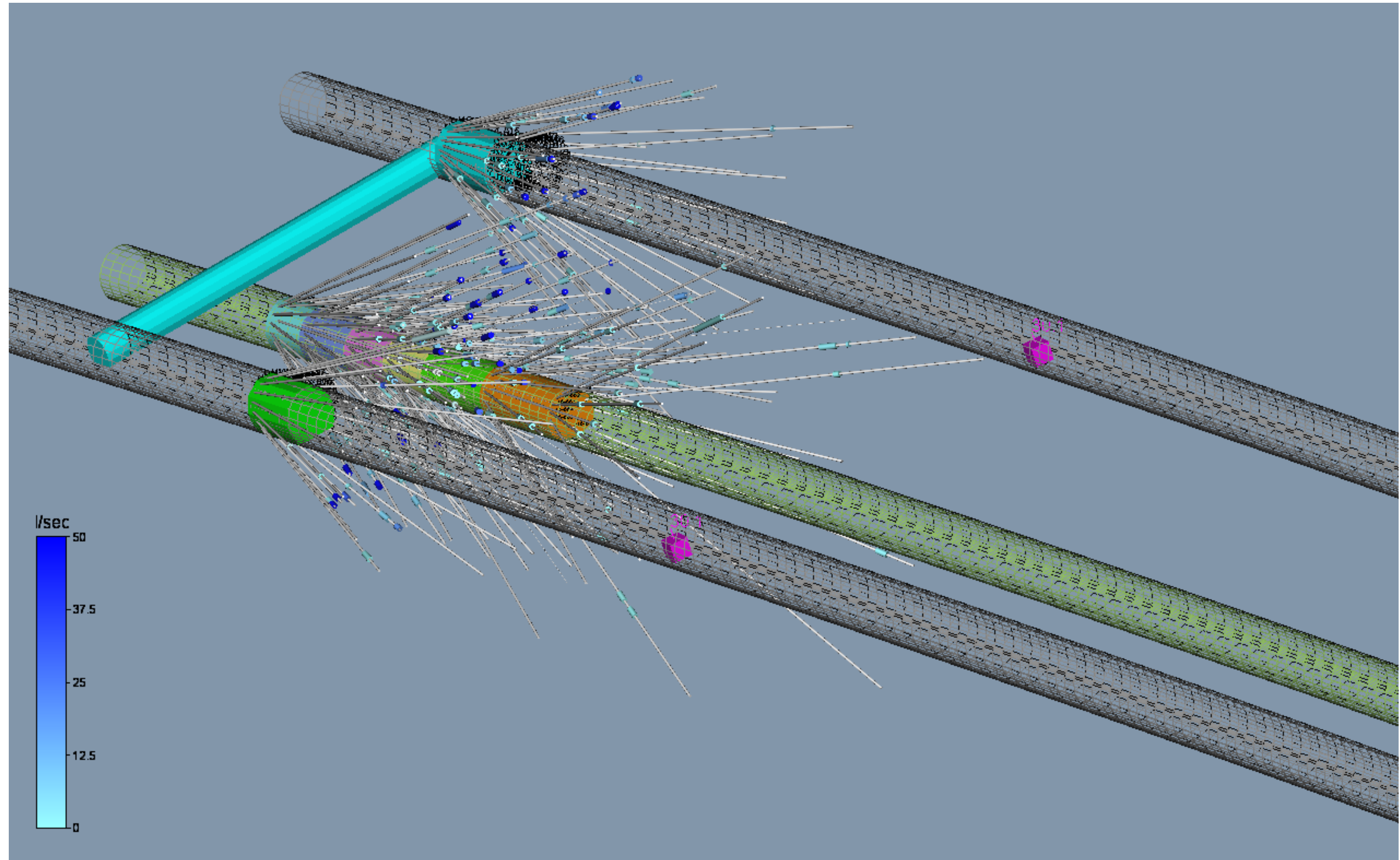
# Stand der Arbeiten: August / September 2023

## Vortrieb

- EKS: TM 4944,10 (+196,30m)
- HT-O: TM 4713,5 (+13m)
- HT-W: TM 4757,80 (+10,4m)

## VEK / IK

- HT-O IK5
  - 50 / 33m
  - starke Wasserzutritte rechter Bereich
  - wiederholtes aufbohren
- HT-W IK8 und IK9
  - 50/33m
  - starke Wasserzutritte rechts unten und linker Ulm



# Stand der Arbeiten: August / September 2023

## Vorauserkundung - Injektionskampagne IK05 Hilfsangriff OST

TM 4.713,50  
Legende

- Bohrung abgeteuft
- Bohrung verfüllt
- aufgebohrt + 2x verfüllt
- 2x aufgebohrt + 3x verfüllt

### Vortrieb

- EKS: TM 4944,10 (+196,30m)
- HT-O: TM 4713,5 (+13m)
- HT-W: TM 4757,80 (+10,4m)

### VEK / IK

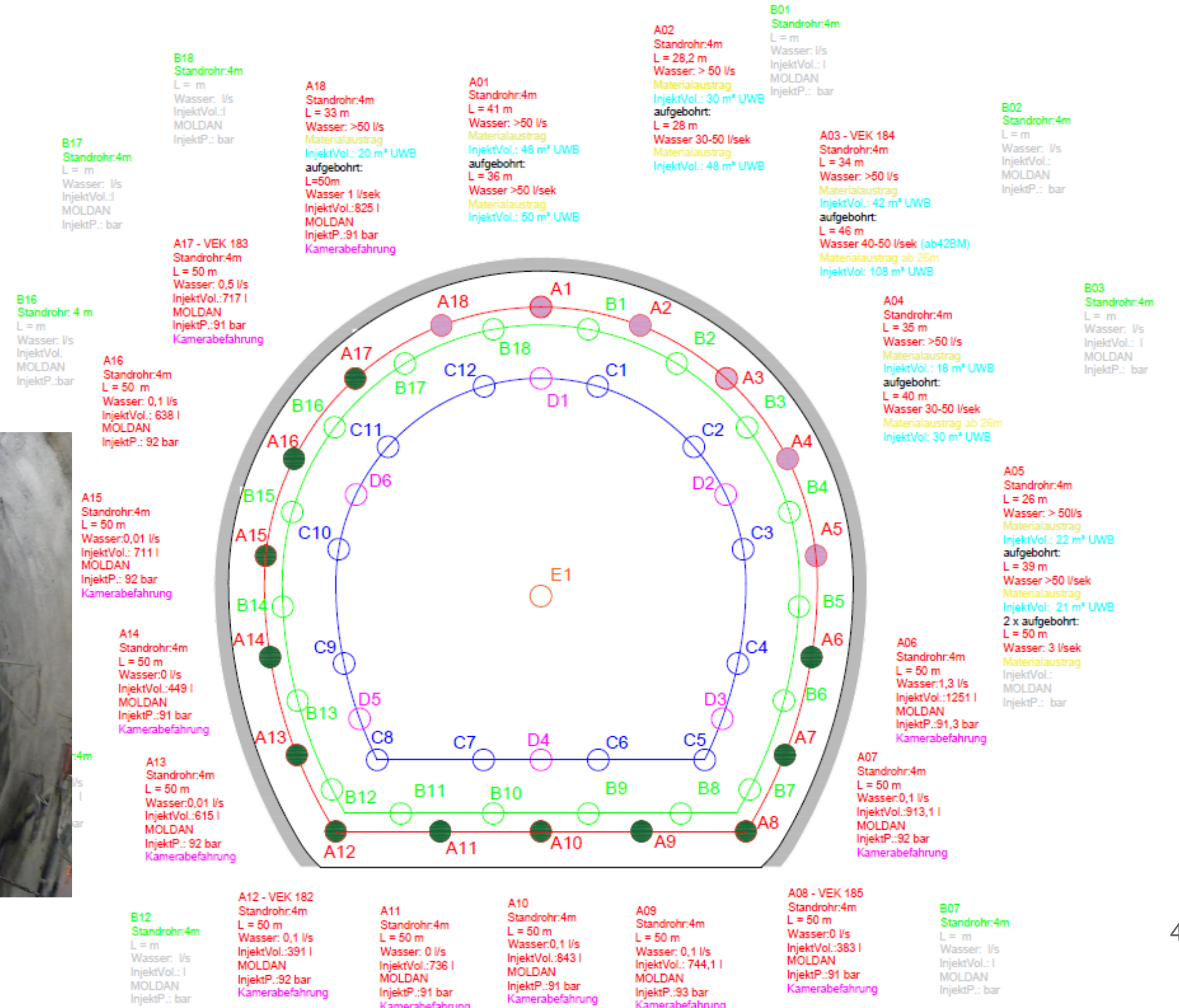
- **HT-O IK5**
  - 50 / 33m
  - starke Wasserzutritte rechter Bereich
  - wiederholtes aufbohren
- HT-W IK8 und IK9
  - 50/33m
  - starke Wasserzutritte rechts unten und linker Ulm



Unterwasserbeton Summe: 437 m<sup>3</sup>

MOLDAN Summe: 9.220 lt.

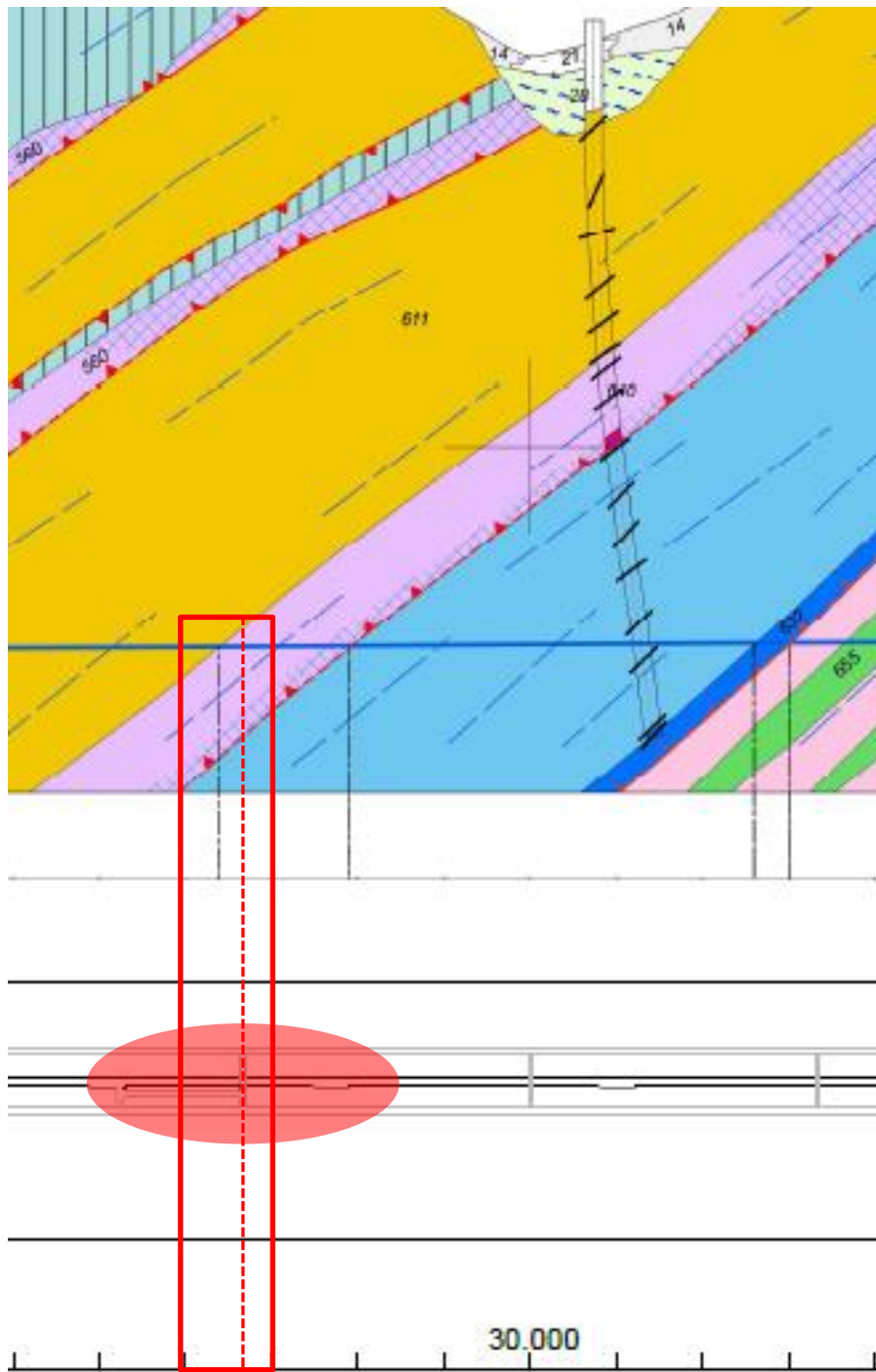
Variodur Summe: lt.



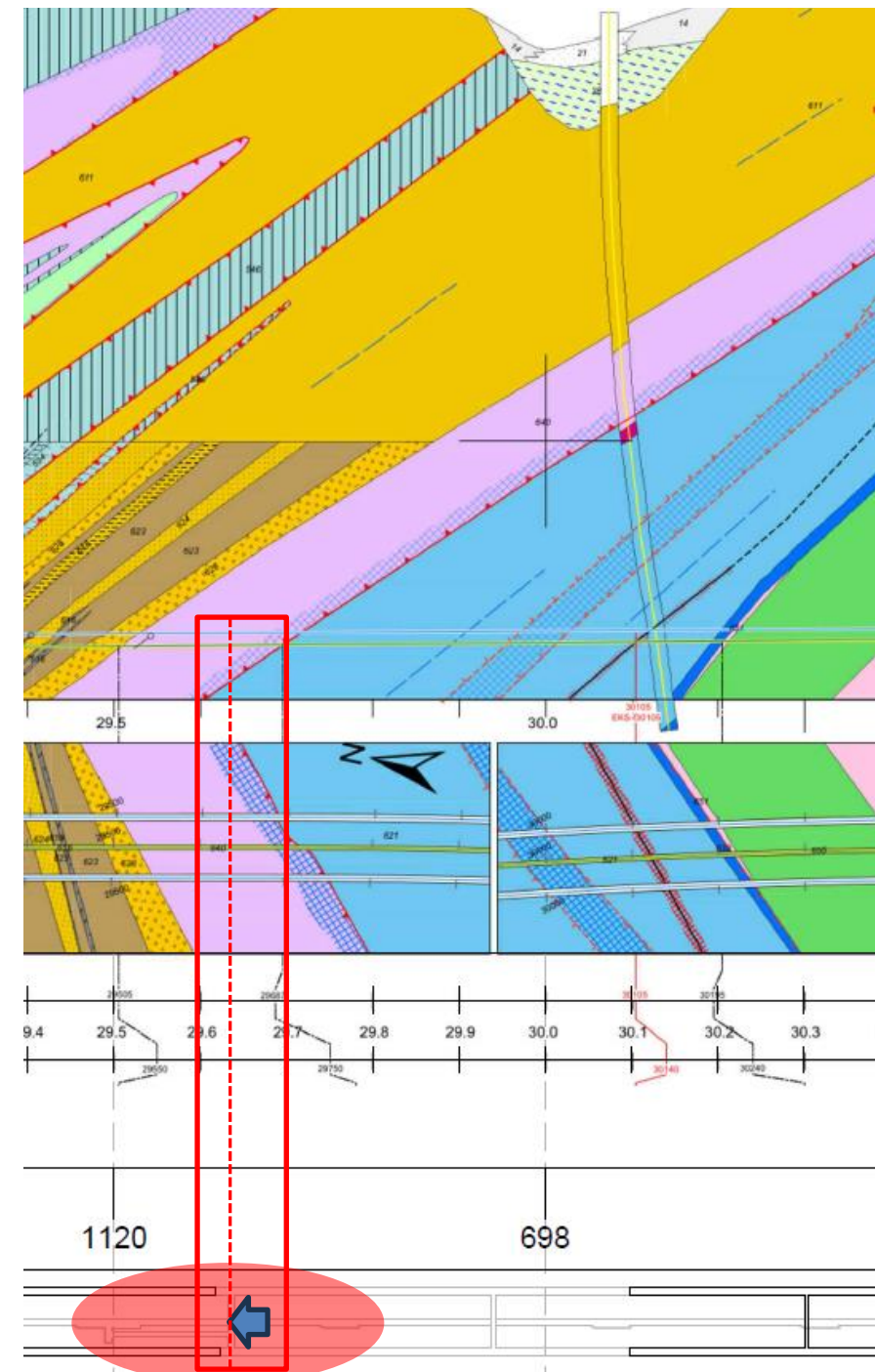


<b>Trias Zone</b>	<b>EKS</b>	<b>HT West</b>	<b>HT Ost</b>
Anzahl Bohrungen	838	422	181
Bohrmeter	5 382 m	8 623 m	4 393 m
Zementsuspension (Normal, Fein, Feinst)	114 m <sup>3</sup>	113 m <sup>3</sup>	49 m <sup>3</sup>
Chemische Injektionsmittel inkl. Hybridmörtel	11 m <sup>3</sup>	69 m <sup>3</sup>	0
<b>Hochstegen Marmor</b>	<b>EKS</b>	<b>HT West</b>	<b>HT Ost</b>
Anzahl Bohrungen	160	in Arbeit	in Arbeit
Bohrmeter	7 250 m		
Zementsuspension (Normal, Fein, Feinst)	1 518 m <sup>3</sup>		
Chemische Injektionsmittel inkl. Hybridmörtel	0		

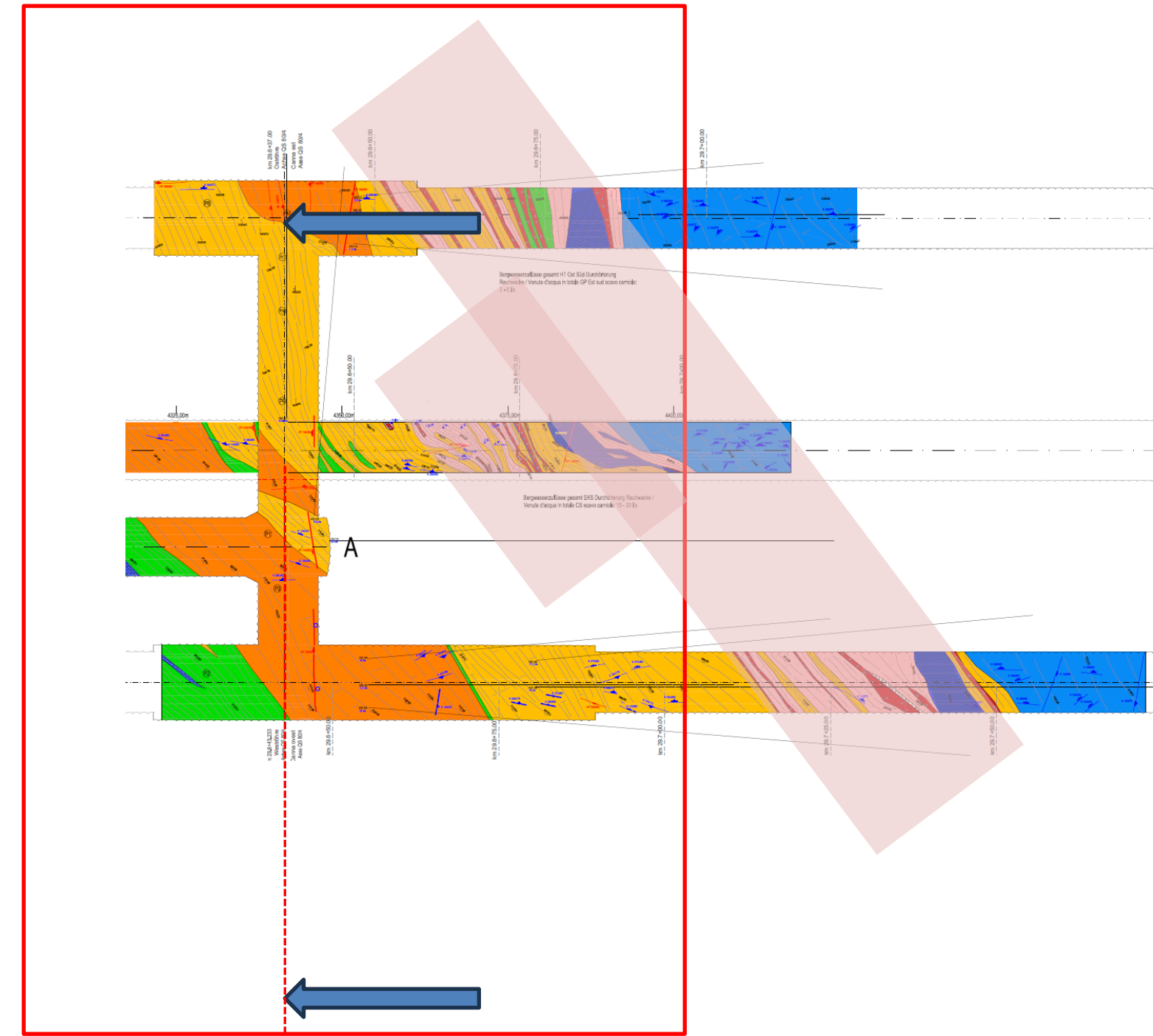
Prognose  
und Ausschreibung



Lageänderungen Hilfsangriff  
in Baumsetzung



Bestandsdokumentation  
Hilfsangriff Hochstegen



## Prognose und Ausschreibungserstellung

- ✓ eingehende **geologisch-hydrogeologische Erkundung mit mehreren Bohrungen** im Betrachtungsbereich
- ✓ **3-dimensionale Modellierung der Aquifere** des komplexen Bergwasserkörpers inklusive Natura 2000 Gebiet Valsertal
- ✓ intensive Diskussionen zu Geologie, Hydrogeologie, Baumethoden, Bauhilfsmaßnahmen  
→ **einheitliche Sichtweise zu bautechnischen Herausforderungen** von AG und Planer
- ✓ **detaillierte Planung aller Bauhilfsmaßnahmen**  
→ Mengen, Dauern, Abfolgen

## Erkenntnisse aus der Bauumsetzung sind

- ✓ **Grundwassermodell ist zutreffend**  
→ mit anspringenden Pegeln verifiziert
- ✓ **Rauhacke nur in dünnen Lagen und stark verzahnt** mit wasserundurchlässiger Trias  
→ nur geringe Lösungserscheinungen, somit weitgehend standfestes Gebirge
- ✓ **Rauhacke Layer kaum injizierbar** → **hohe Wasserzutritte**  
trotz umfangreicher und mehrfacher Injektionsmaßnahmen
- ✓ **Übergang Rauhacke zu Marmor** stärkere Wasserführung mit weiträumigen Umläufigkeiten an zuvor injizierten Bereichen → **Verdrängen statt Abdichten**
- ✓ In einer Zone **Marmor Karstklüfte mit sehr hohem Wasserandrang**  
samt tonigen Kluffüllungen → Klüfte mit „**Mörtel**“ **verpresst**
- ✓ Am Übergang **Marmor zu Zentralgneis** keine gelöste Rauhacke  
→ **standfestes Gebirge** ohne wesentliche Wasserführung
- ✓ Statische Bergwasserdrücke **bis über 50 bar**

## Geändert in der Bauumsetzung wurde

- ✓ **Lage und Layout des Hilfsangriffs** auf Basis von Erkundungsbohrungen aus dem EKS  
→ Geologische Abfolge liegt ca. 75 m weiter nördlich als prognostiziert
- ✓ **Lage des Querschlags 81** auf Basis der Erkenntnisse aus dem EKS  
→ Vermeiden von Karstklüften mit hohem Wasserandrang und tonigen Kluffüllungen
- ✓ **Injektionsmittel** in der Trias aufgrund Bauerfahrungen  
→ oftmals PU-Hybridmörtel und PU anstatt Zement
- ✓ „Mörtel“ Verpressungen in großen Marmor Kastklüften  
→ **„Beton statt Injektion“**
- ✓ Multiple **Anpassungen** in allen Details  
→ Kampagnen, Bohrschemata, Bohrlängen, Injektionsabfolgen, Bauabfolgen

## Erfolgreich war

- ✓ **Qualitativ zutreffende Geologisch-Hydrogeologisch-Geotechnische Prognose**  
→ weitgehend zutreffende Planung und Ausschreibung
- ✓ Planung in sehr hohem Detaillierungsgrad  
→ **bauvertraglich gut abgesicherte Umsetzung von „Plan A“**
- ✓ Planliche und zeitliche Vorkehrungen für eine **Rückfallebene „Plan B“**  
→ was passiert, wenn „was passiert“
- ✓ Ausschreibung mit **möglichst flexiblem Bauvertragsmodell**  
→ KEINE Pauschalen, KEINE Fixzeiten, sondern Stillstandzeiten im Vortrieb abgelten
- ✓ **Pragmatischer Zugang der Behördensachverständigen** zu geologisch bedingten Abdichtungsproblemen in der Trias Zone → Stichwort Verdrängen statt Abdichten
- ✓ **Hoch kompetentes Projektteam** vor Ort  
→ AG, ÖBA, AN, externer Injektionsexperte



## Lessons Learned

- ❖ **Hybridmörtel** für schwer injizierbares Gebirge  
→ in Ausschreibung aufnehmen
- ❖ **„Beton“ Verpressungen** für große Karstklüfte  
→ in Ausschreibung aufnehmen
- ❖ **Bauzeitvorgaben** für Injektionen **besser sehr großzügig** wählen  
→ ein Unternehmer wird in seinem Angebot NIE unrealistische Vorgaben rügen,  
sondern auf verlängerte Bauzeit infolge geänderter Randbedingungen spekulieren
- ❖ und es gibt sicher einiges, was man auch noch mitbedenken **hätte sollen...**

## ZUSAMMENFASSUNG LESSONS LEARNED

Und sollten Bauhilfsmaßnahmen  
nicht ausreichend erfolgreich sein...

...Seemannsheil!



# BRENNER BASISTUNNEL

## GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

PG BBTN Projektgemeinschaft  
Brenner Basistunnel Nord



Projektgemeinschaft BBT Nord

LOMBARDI AG

Valiergasse 62

A-6020 Innsbruck

M. +43 644 1433650

[markus.scheuringer@lombardi.group](mailto:markus.scheuringer@lombardi.group)

[www.lombardi.group](http://www.lombardi.group)

BRENNER BASISTUNNEL BBT SE

Amraser Straße 8

A-6020 Innsbruck

T. + 43 512 4030

F. + 43 512 4030 110

[bbt@bbt-se.com](mailto:bbt@bbt-se.com)

[www.bbt-se.com](http://www.bbt-se.com)



# Herzlichen Dank, Glück Auf!