

Kavernengarage Meran

Festgesteinskaverne mit geringer Überlagerung im urbanen Umfeld

M. Jesacher, M. Bode, P. Zanandrea, A. Gretzer
02.02.2024

GMK

SKAVA
CONSULTING ZT-GmbH

jesacher
geologiebüro | studio di geologia

Projektüberblick

- Kavernenbauwerk im Festgestein unterhalb vom Küchelberg, direkt in Altstadtnähe
- Baubeginn Januar 2023, geplante Fertigstellung zeitgleich mit Nordwest-Umfahrung, d.h. Frühjahr 2026
- Bauherr Meran Centrum Parking AG – Nutzungsvertrag für 50 Jahre



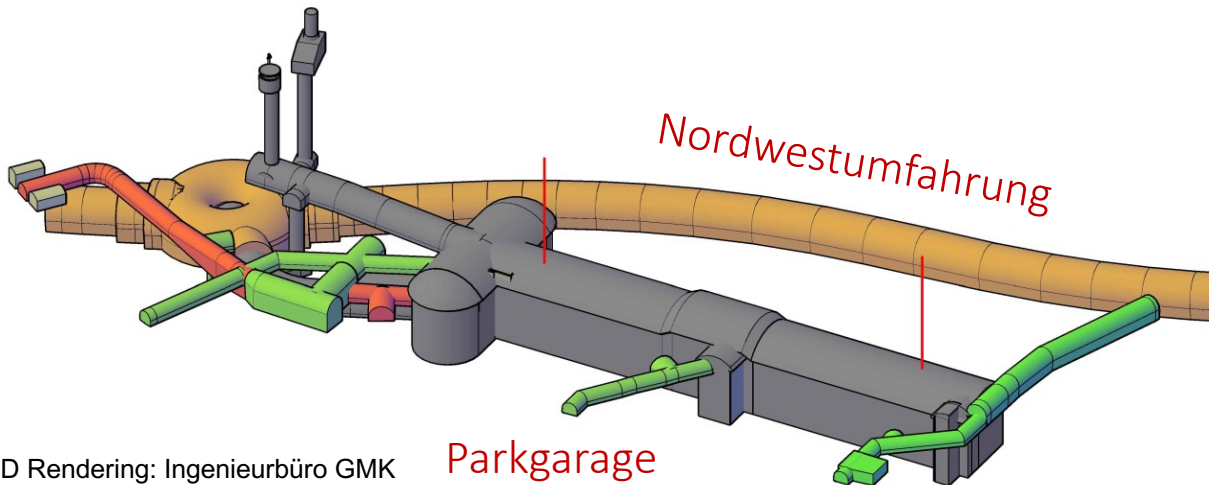
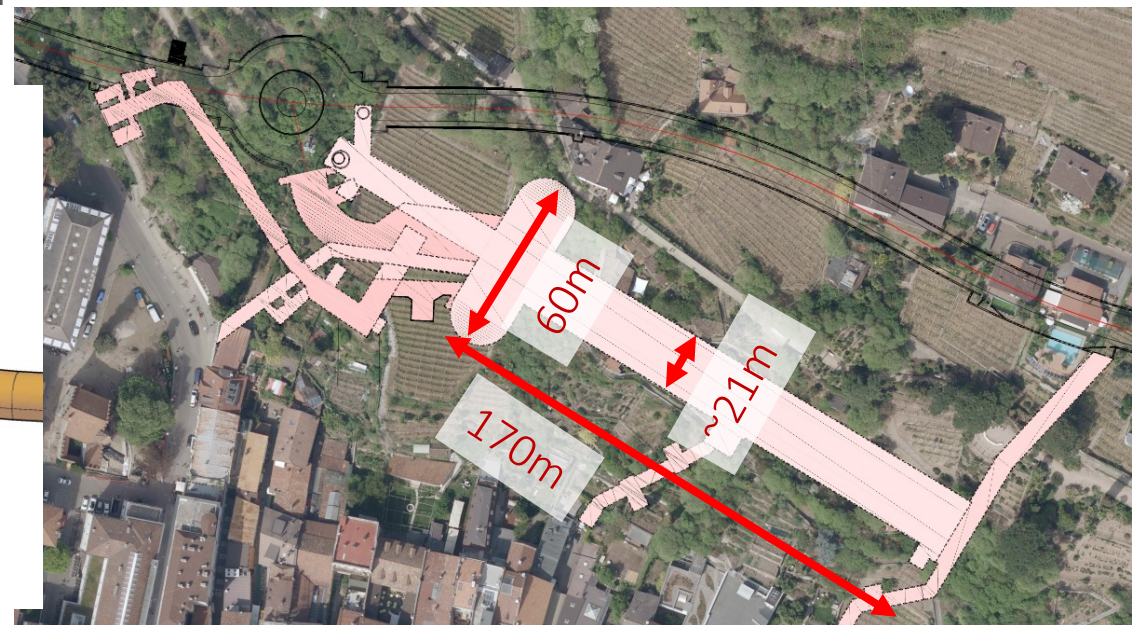
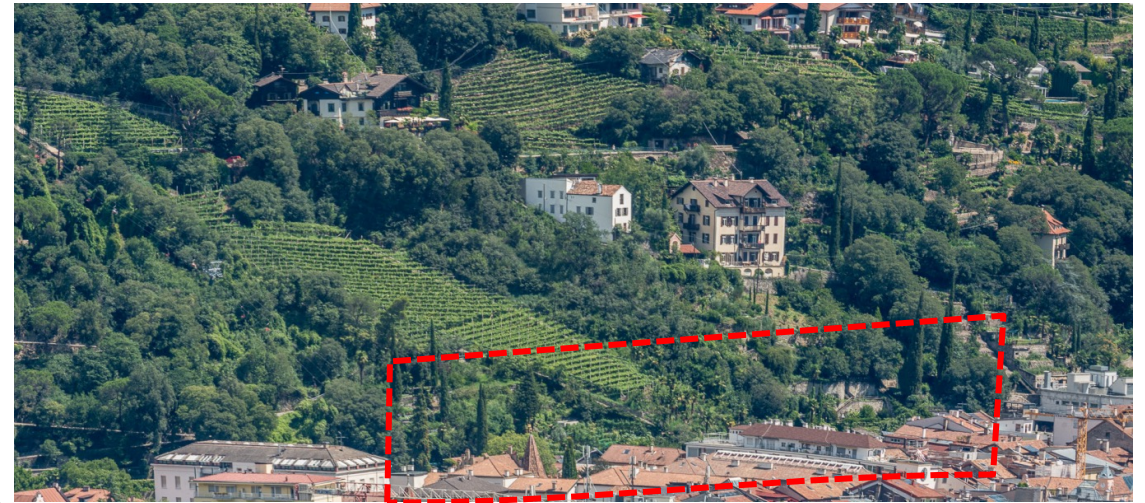
Source: Meran Centrum Parking

Source: Google maps

Kavernengarage "Küchelberg" Meran

Bauwerksdaten

- 6-geschossige mit Fahrzeugen nur vom Küchelbergtunnel erreichbare Kavernengarage
- ca. 600 Autostellplätze, überdachte Fahrradabstellplätze, E-Ladestationen
- Hauptkaverne (l = 170m) und Querkaverne (l = 60m), Breite ~21m; Höhe ~ 23 m ; Mindestüberlagerung < 20 m
- Fußläufige Anbindung an Stadtzentrum



3D Rendering: Ingenieurbüro GMK

Parkgarage

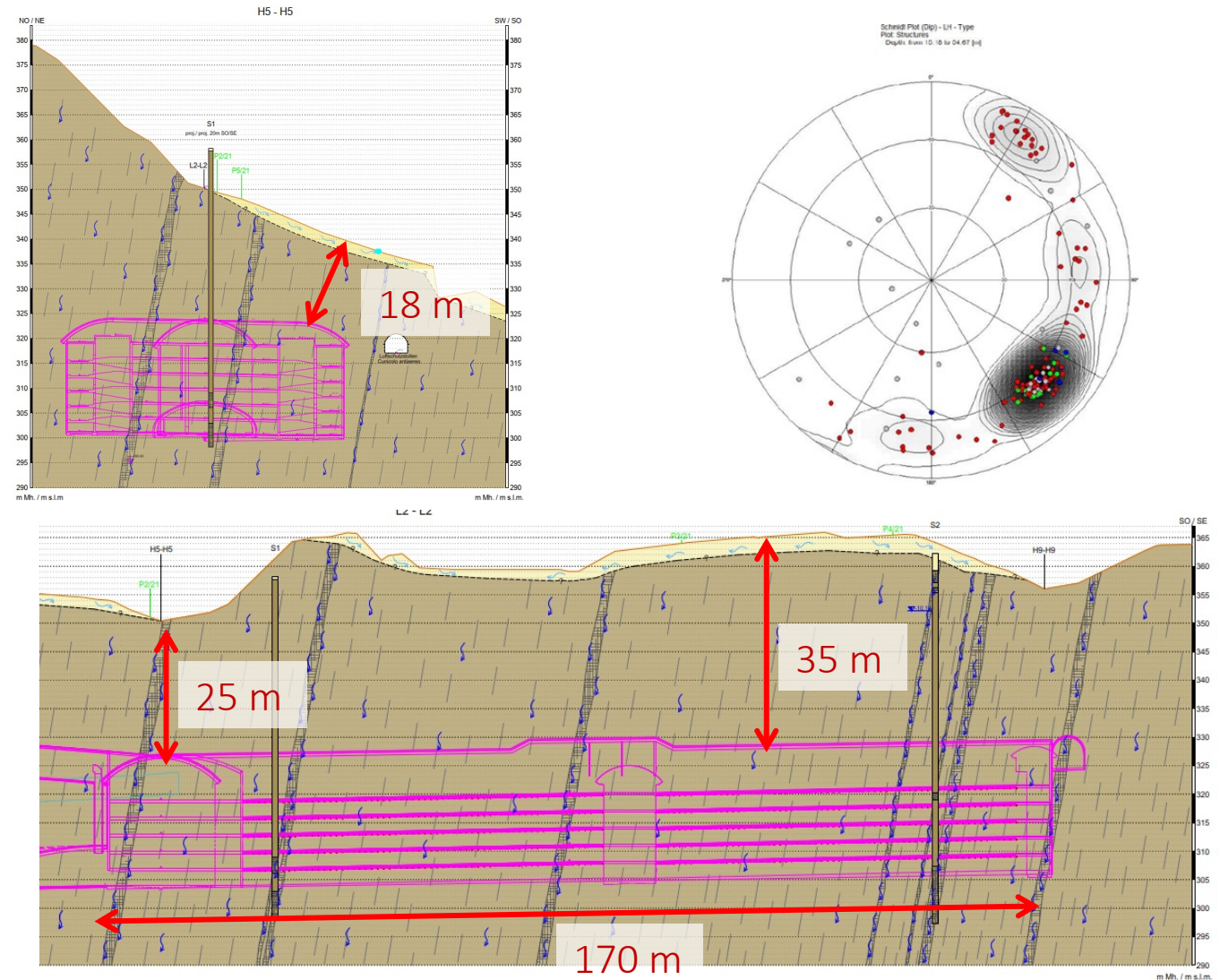
Geologische Randbedingungen

- Geringe Überlagerung, Nähe zu Bestandsbauten
- Geringe Erkundungsdichte (2 Bohrungen, Seismik) aufgrund der schwierigen / nicht vorhandenen Zugänglichkeit, zudem sehr aufwändige Logistik für Einrichtung u. Betrieb der Bohrbaustellen
- Wichtige Informationen aus Vortrieb Tunnel Nordwestumfahrung, Stollenkartierung Luftschutzbunker und detaillierte Feldkartierung



Geologisches Modell

- Kavernengarage liegt zur Gänze in Paragneisen und Glimmerschiefern (Wechselfolge) der Marlinger Schuppe
 - Richtung Südosten (Annäherung an Meran-Mauls-Störung) nimmt tektonische Überprägung zu, allerdings in den Erkundungen keine Hinweise auf baueologisch relevante Störzonen feststellbar
 - Haupttrennflächen im Bereich Längskaverne steil in Vortriebsrichtung einfallend, im Bereich Querkaverne im Bereich der östl. Kavernenwand gefügebedingte Nachbrüche möglich
 - Geringe, stark niederschlagsabhängige Bergwasserführung
- **Niedrige Spannungen (geringe Überlagerung)**
- **Gebirge mit trennflächendominiertem Verhalten**



Erfahrungen aus bisherigem Vortrieb

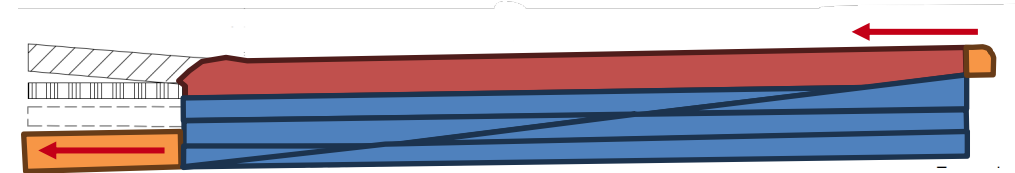
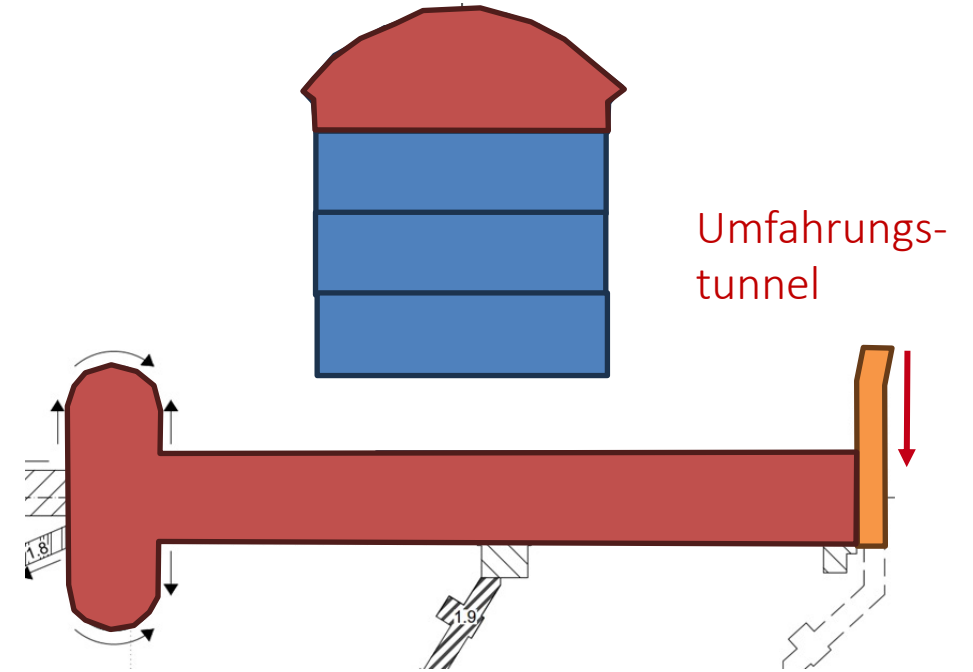
- Baufortschritt: First komplett ausgebrochen und gesichert, derzeit ca. 1 Drittel der Kaverne ausgebrochen
- Geologische Prognose weitgehend bestätigt
- Trennflächengefüge wie prognostiziert
- Bis dato keine nennenswerten, geologisch bedingten Nachbrüche
- Nur sporadisch gering ergiebige temporäre Bergwasserzutritte



Ausbruchs – und Sicherungskonzept

→ Risiko des Blockversagens und der Oberflächenverformungen

- Abschnittsweiser Ausbruch der Kalotte mittels Sprengvortrieb
- Erstsicherung mit Spritzbeton und Rohrreibungsankern ("Swellex")
- Permanente Sicherung mit zusätzlichem Spritzbeton und Ankern
- Im Anschluss Ausbruch und Sicherung der Strossen in mehreren Phasen bis zum Erreichen der Sohle

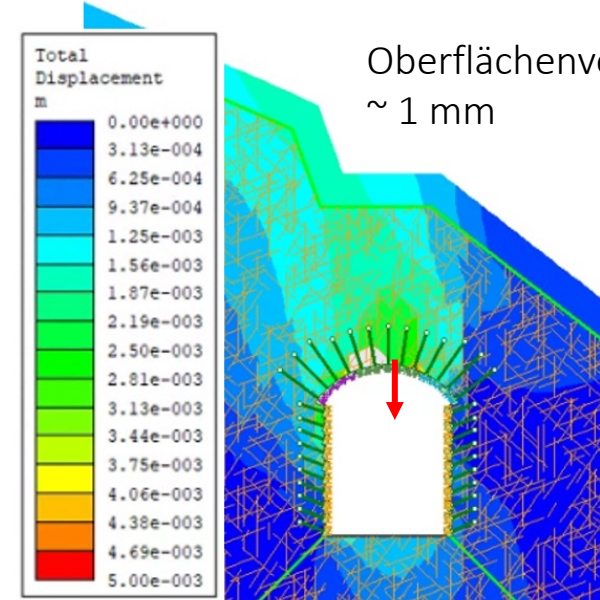
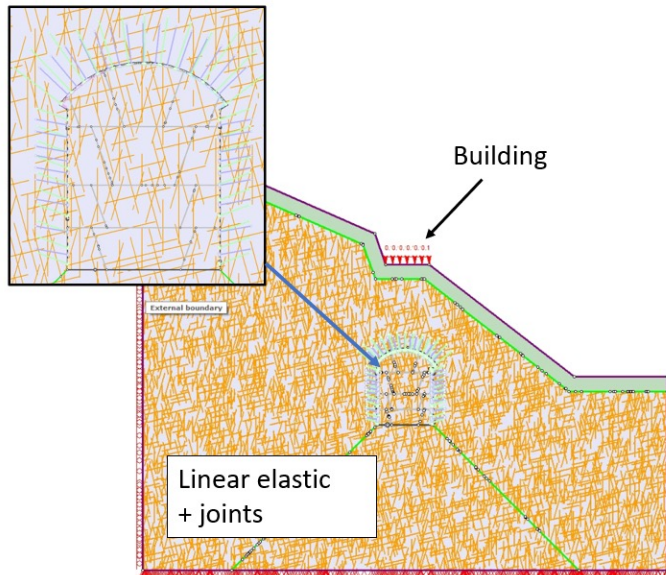


Umfahrungstunnel

Ausbruchsphasen im Querschnitt, Grundriss und Längsschnitt

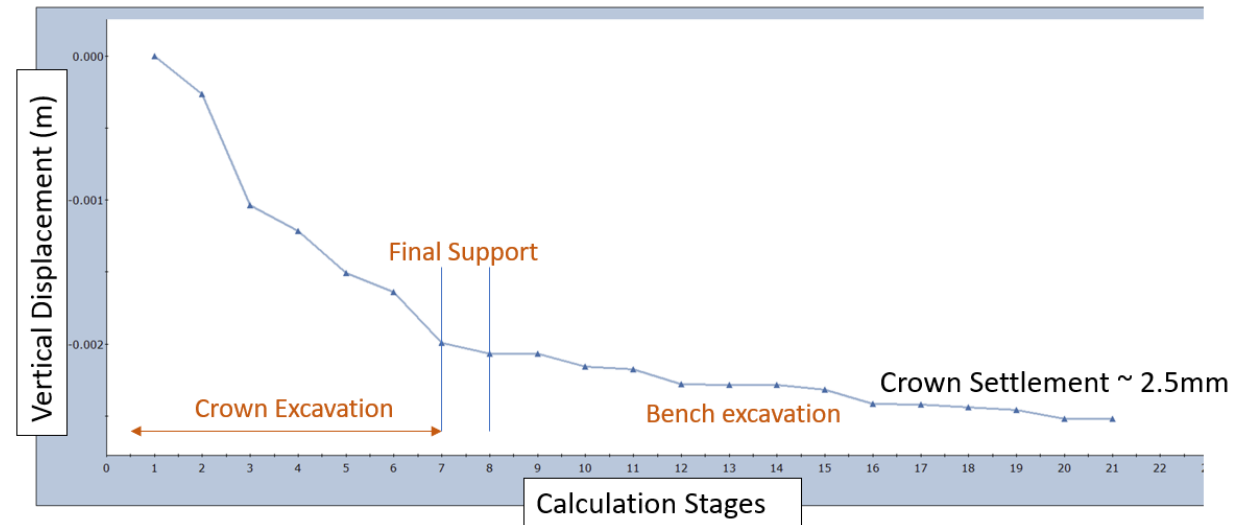
Bemessung und Nachweisführung

1. Kluffkörperanalysen (Unwedge Berechnungen)
 2. 2D-FE Berechnungen mit diskreter Trennflächenmodellierung
- Betrachtung Trennflächenverhalten und Verformungen in einem gemeinsamen Modell
 - Ermittlung der zu erwartenden Verformungen



links:
Absolute Verformungen im Endzustand

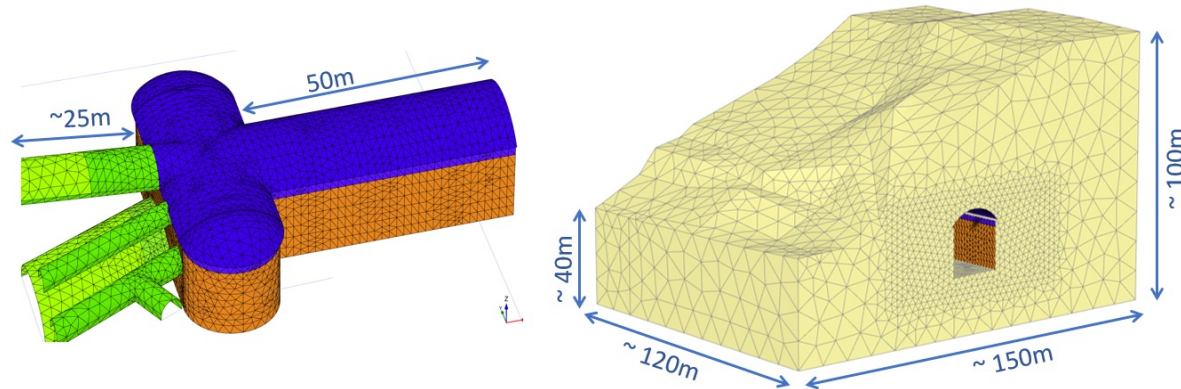
unten:
Firstsetzung über die Berechnungsschritte



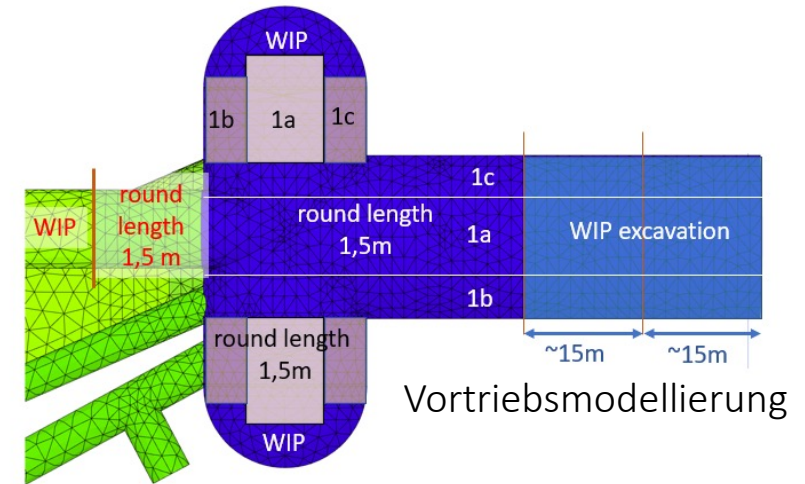
Kavernengarage "Küchelberg" Meran

Bemessung und Nachweisführung

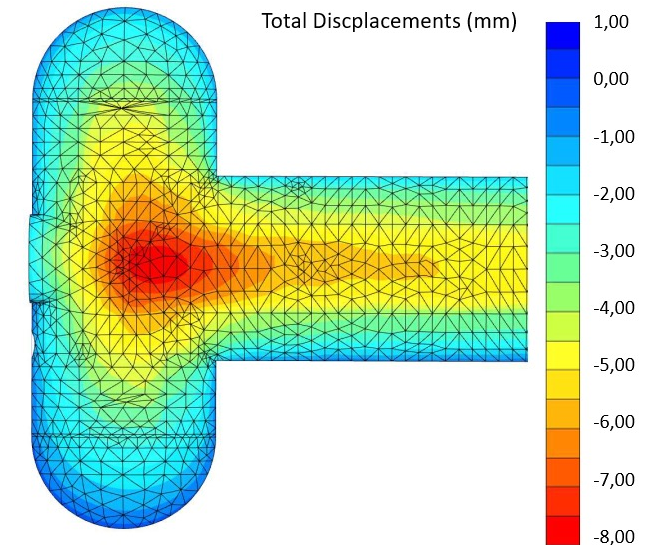
- 3D FE-Berechnungen zur Untersuchung der Kreuzungsbereiche
 - Berechnung mit kontinuumsmechanischem Modell
 - Modellierung des Ausbruchsprozesses in einzelnen Ausbruchsphasen
- **Untersuchung des Einflusses des Vortriebs**
→ **Identifizierung der kritischen Bereiche**



Grafik: 3D-FE Modell der halben Kaverne



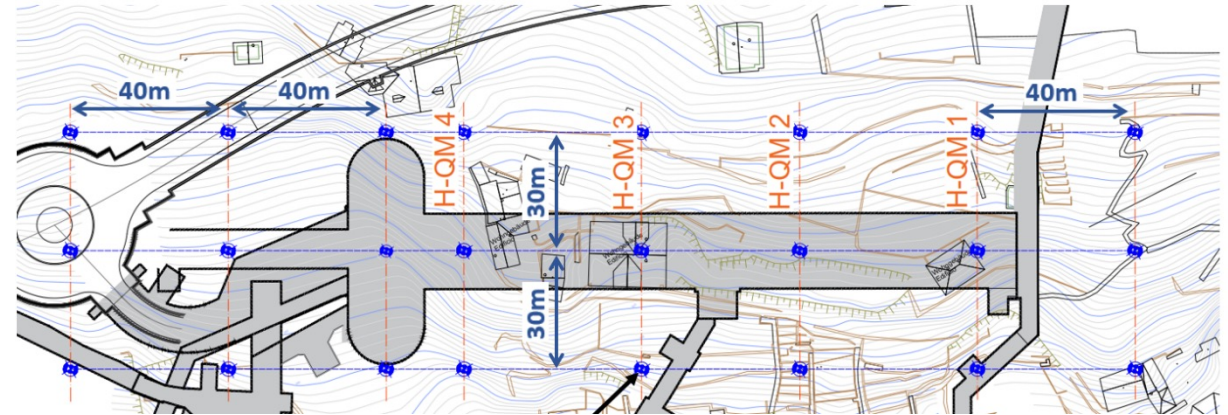
Vortriebsmodellierung



Identifizierung kritischer Bereiche

Baubegleitendes Monitoring

- Verformungsmessungen Untertage in mehreren Querschnitten
 - Extensometer
 - Messanker
 - 3D-Messpunkte (Spiegel)
- Messungen Obertrage
 - Automatische Verschiebungsmessungen von Spiegeln
 - Erschütterungsmessungen
 - Rissmessungen
 - Lärmmessungen
- Live-Monitoring via Online-Tool (gd-test)



Monitoring.gdtest.com / google maps

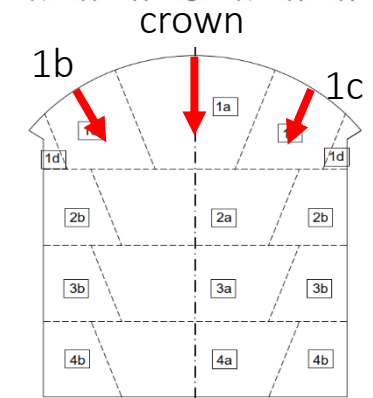
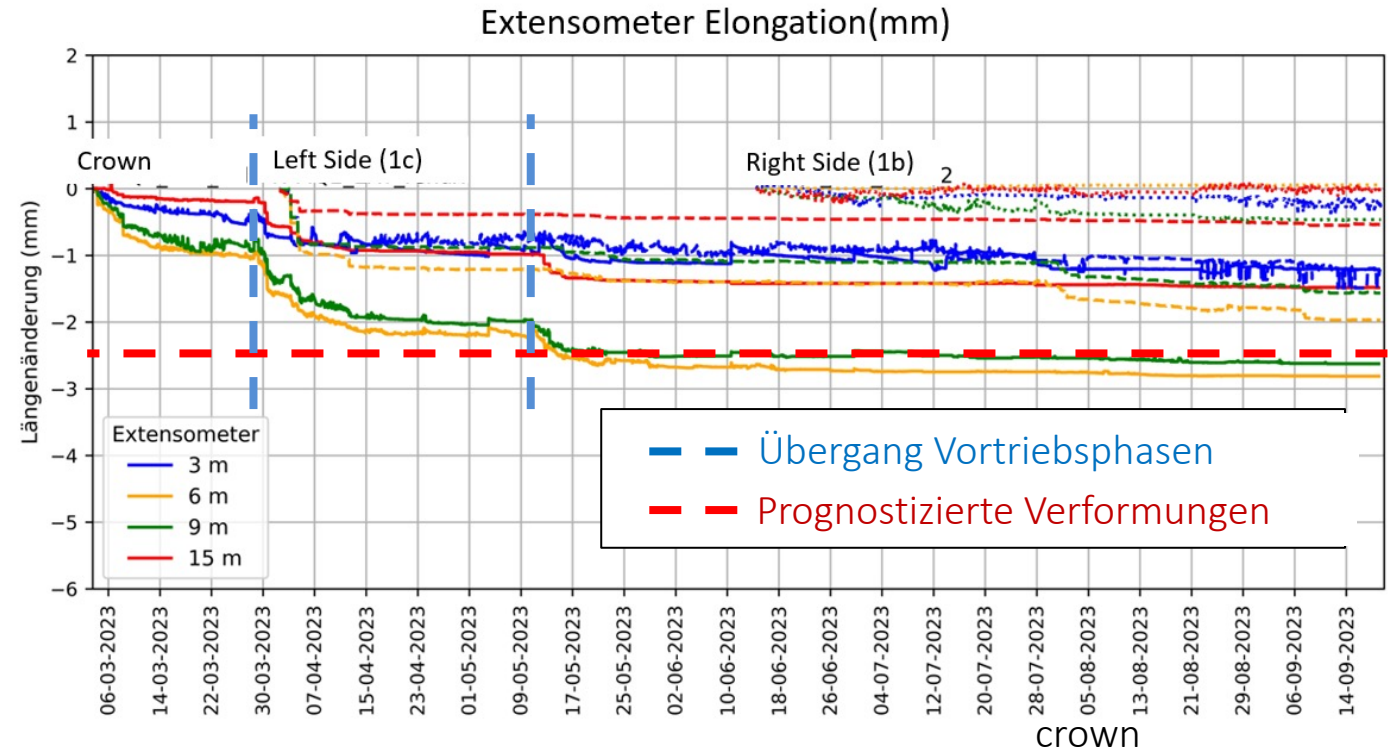
Monitoring – Erfahrungen aus dem Vortrieb

- Beobachtung des Gebirgsverhaltens zur Verifikation der Bemessungsannahmen erforderlich.
- Felsqualität großteils wie erwartet, teilweise vereinzeltes lokales Blockversagen und geologische Überprofile aufgrund des geklüfteten Gebirges - konnten durch lokale Anpassungen reduziert werden.
- Ohne kontinuierliche und sorgfältige Auswertung der Messeinrichtungen können kritische Situationen nicht rechtzeitig erkannt werden.
- Wahl eines redundanten Systems erforderlich, um Ausreißer und Messfehler erkennen zu können (Extensometer, Spiegel, Messanker).



Monitoring – Erfahrungen aus dem Vortrieb

- Interpretation der Monitoring Daten nicht immer eindeutig. Tatsächliches Gebirgsverhalten nicht immer klar zu identifizieren
- Extensometer zeigen großteils plausible Verformungen (unterschiedliche Vortriebsphasen, rechnerische Prognose)
- Verformungen liegen im Bereich der Messgenauigkeit geodätischer Messungen
- Messanker zeigen großteils nur schwer nachvollziehbare Dehnungen (aufgrund stark zerklüftetem Gebirge?)
- Teilweise Beschädigung der Instrumente durch die Vortriebsarbeiten lässt sich nicht immer vermeiden



Zusammenfassung

- Generell gute Übereinstimmung zwischen geologischem Modell, Berechnungen und vor Ort Verhältnissen
- Keine (messbaren) Oberflächenverformungen und Schäden an Bauwerken
- Baubegleitendes Monitoring ist unabdinglich zur Verifizierung der Berechnungsannahmen und zur Gewährleistung der Sicherheit
- Insbesondere bei gutmütigem Gebirgsverhalten besteht die Gefahr, dass Aufwand und Umfang des Monitorings diskutiert werden
- Kritischste Phase (Kalottenvortrieb) wurde erfolgreich abgeschlossen
- Dank sorgfältiger Vorarbeit, Planung und Baubegleitung kann eine Festgesteinskaverne mit geringer Überlagerung erfolgreich umgesetzt werden.



