



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo

Kolloquium, 13. April 2018

wissen wohin
savoir où
sapere dove
knowing where

Photogrammetrie beim Tunnelvortrieb im Mont Terri Felslabor

Photogrammètrie lors de l'avancement de l'excavation au laboratoire souterrain du Mont Terri

Fabrice Burrus, Groupe Grands Travaux & ATB SA (RCJU)

David Jaeggi und Paul Bossart, swisstopo, Felslabor Mont Terri



1. Erweiterung des Felslabors Mont Terri, Einführung

Paul Bossart

2. Extension du laboratoire: Le projet d'exécution

Fabrice Burrus

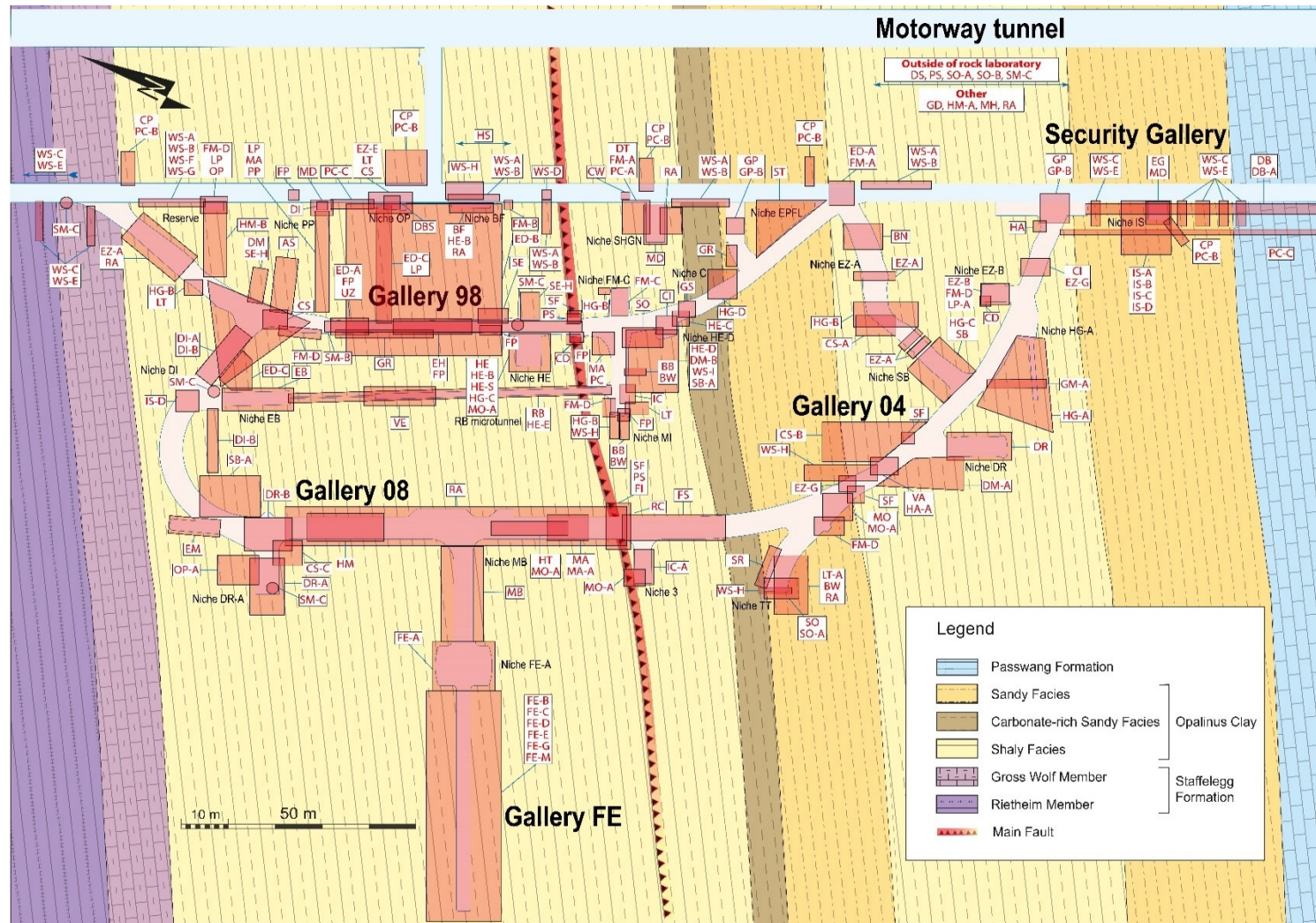
3. Photogrammetrie: erste Erfahrungen aus der berührungsfreien Tunnelkartierung

David Jaeggi



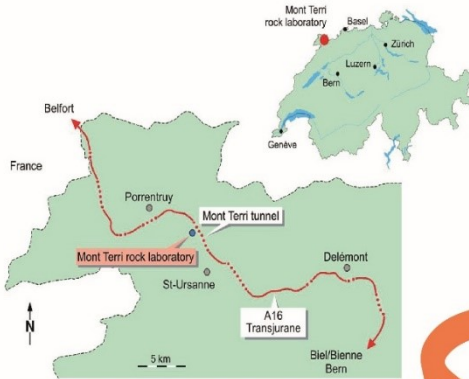
Ziel: Platz schaffen für neue Experimente

But: Créer de la place pour de nouvelles expériences

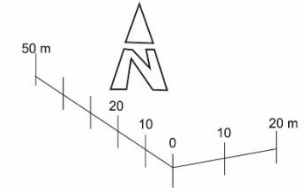




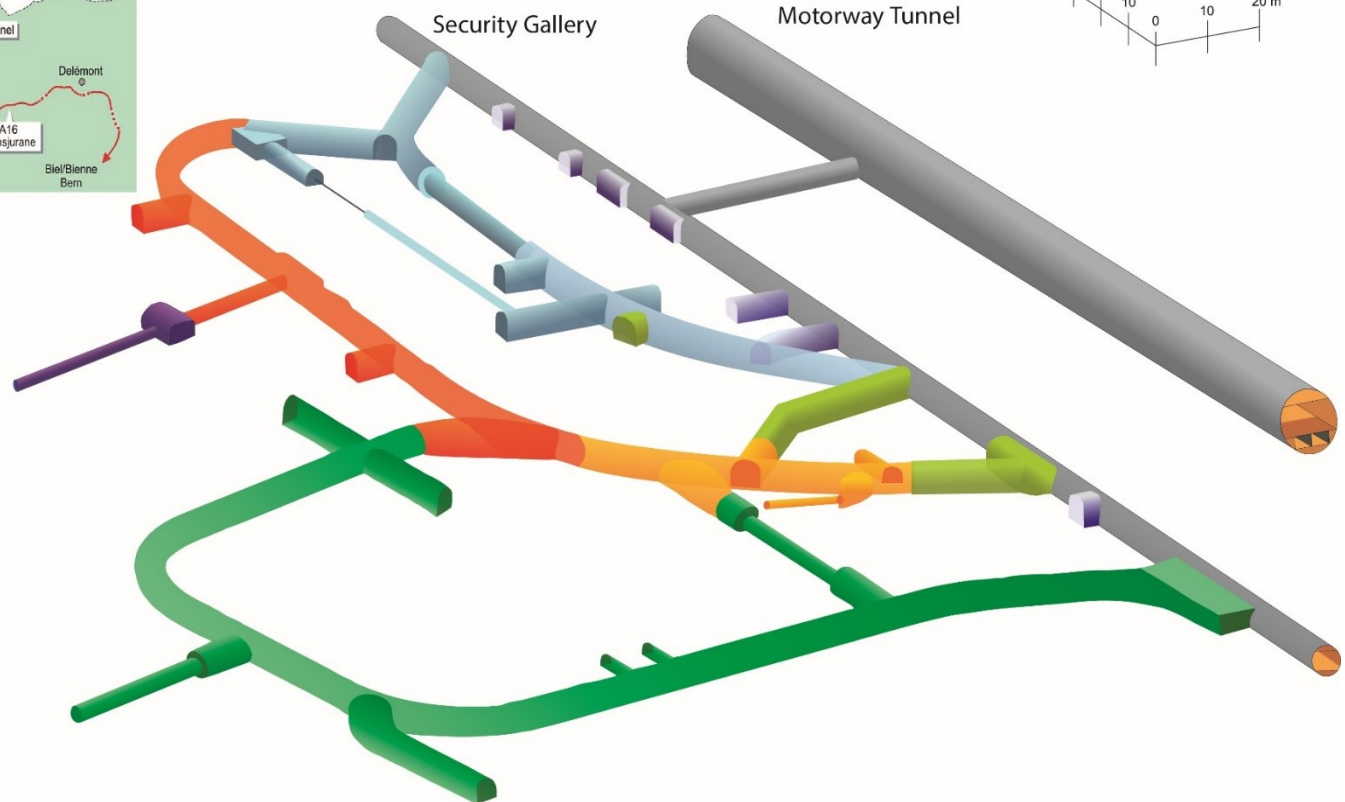
Erweiterung des Felslabors Agrandissement du laboratoire



Rock Laboratory Mont Terri



Construction Phases
Rock Laboratory





Die Projektpartner (Finanzierung) Les partenaires du projet (financement)



- 16 Organisationen aus 8 Ländern
- Implementoren und Sicherheitsorganisationen
- Aber auch Geologische Landesdienste und 1 Ölfirma
- Mehr als 1000 Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker



swisstopo
nagra. ENSI



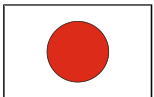
IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



BGR GRS



enresa
Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S. A.



IR
OBAYASHI
JAEA



SCK•CEN
STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE
CENTRE D'ÉTUDES DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

FANC



UNITED STATES OF AMERICA
Chevron



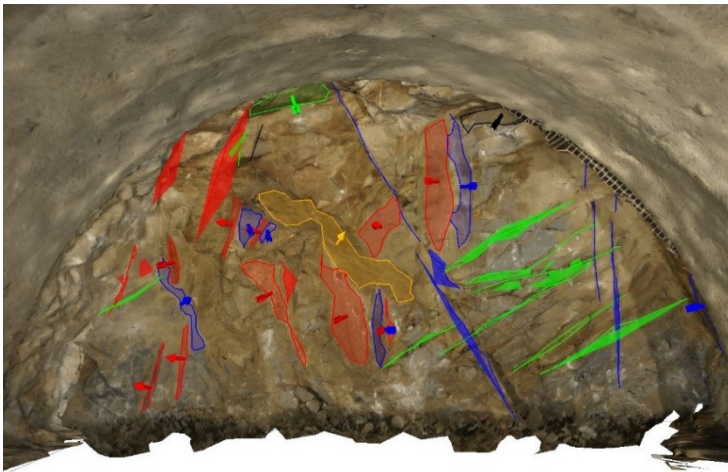
nwm



Geologische Kartierung: Erhöhung der Sicherheit Cartographie géologique: renforcement de la sécurité



Niederbruch 9.-11. September 2003, Felslabor Mont Terri, Exkavation EZ-A Nische



Ermittlung georeferenzierter Strukturdaten mittels Photogrammetrie

- Risiko von Arbeitsunfällen kann massiv reduziert werden
- Erhöhung der Effizienz von geologischen Tunnelkartierungen



Extension du laboratoire: Le projet d'exécution

Fabrice Burrus

Groupe Grands Travaux & ATB SA (RCJU)



Erweiterung des Felslabors : das Ausführungsprojekt

Extension du laboratoire: le projet d'exécution



Gliederung:

1. Verfahren
2. Präsentation des Projekts
3. Arbeitsmethode
4. Monitoring, Deformationsmessungen
5. Arbeitsplanung
6. Baukosten
7. Sicherheit



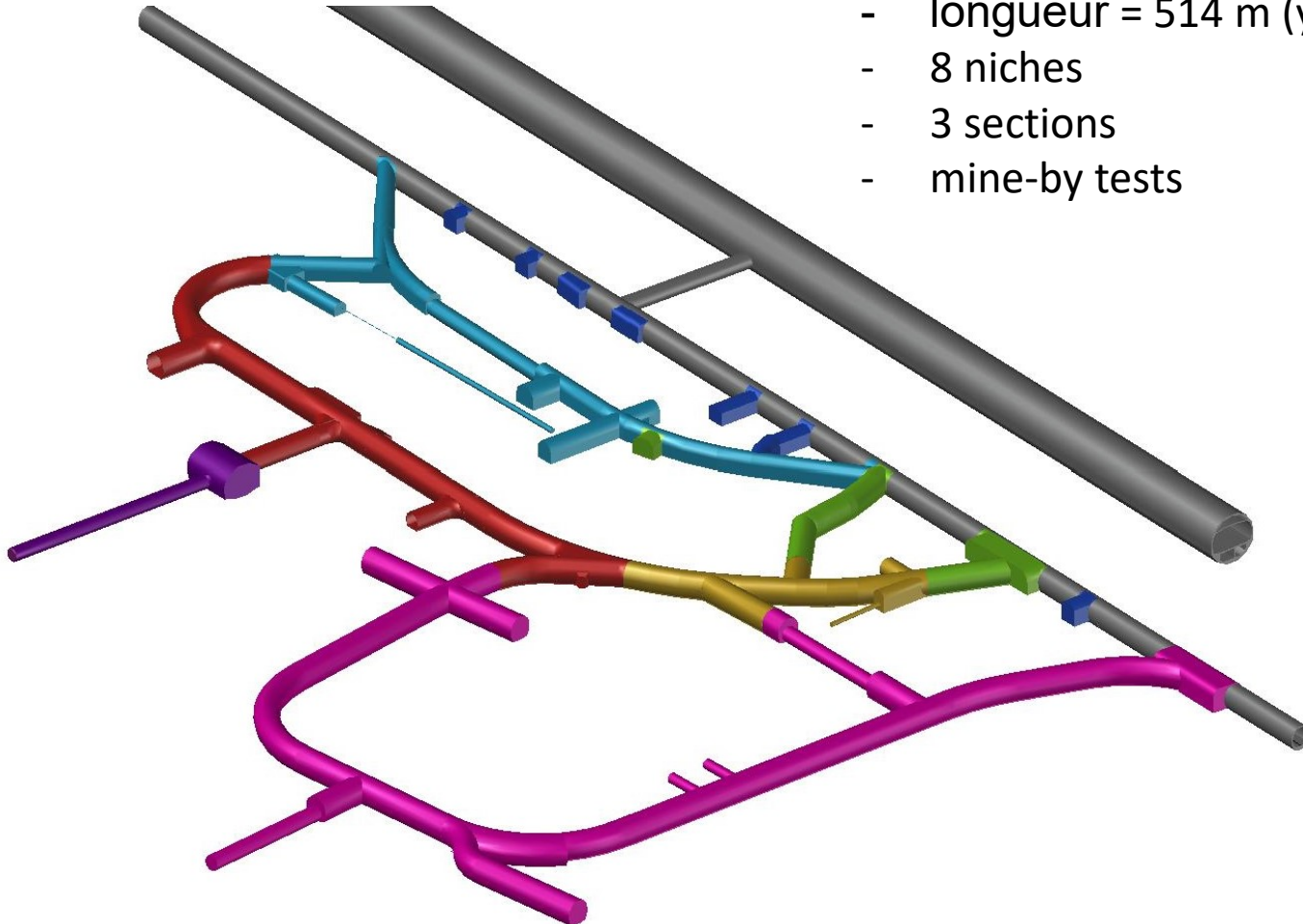


- **2014** : évaluation des besoins
- **Septembre 2014** : élaboration de l'avant-projet
- **20 novembre 2014** : validation des choix techniques
- **28 mai 2015** : avant-projet soumis au Canton
- **16 décembre 2015**: autorisation de principe du Canton
- **19 mai 2016** : décision de réalisation de l'extension
- **14 novembre 2016** : projet et demande d'autorisation
- **22 décembre 2016**: autorisation du Canton du Jura
- **15 juin 2017** : publication appel d'offres, procédure ouverte
- **24 août 2017** : délai pour dépôt des offres (5 offres reçues)
- **19 octobre 2017** : travaux adjugés à Rothpletz, Lienhard + Cie AG
- **12 février 2018** : début des installations de chantier
- **12 mars 2018** : début des travaux d'excavation



Éléments principaux :

- longueur = 514 m (yc niches)
- 8 niches
- 3 sections
- mine-by tests





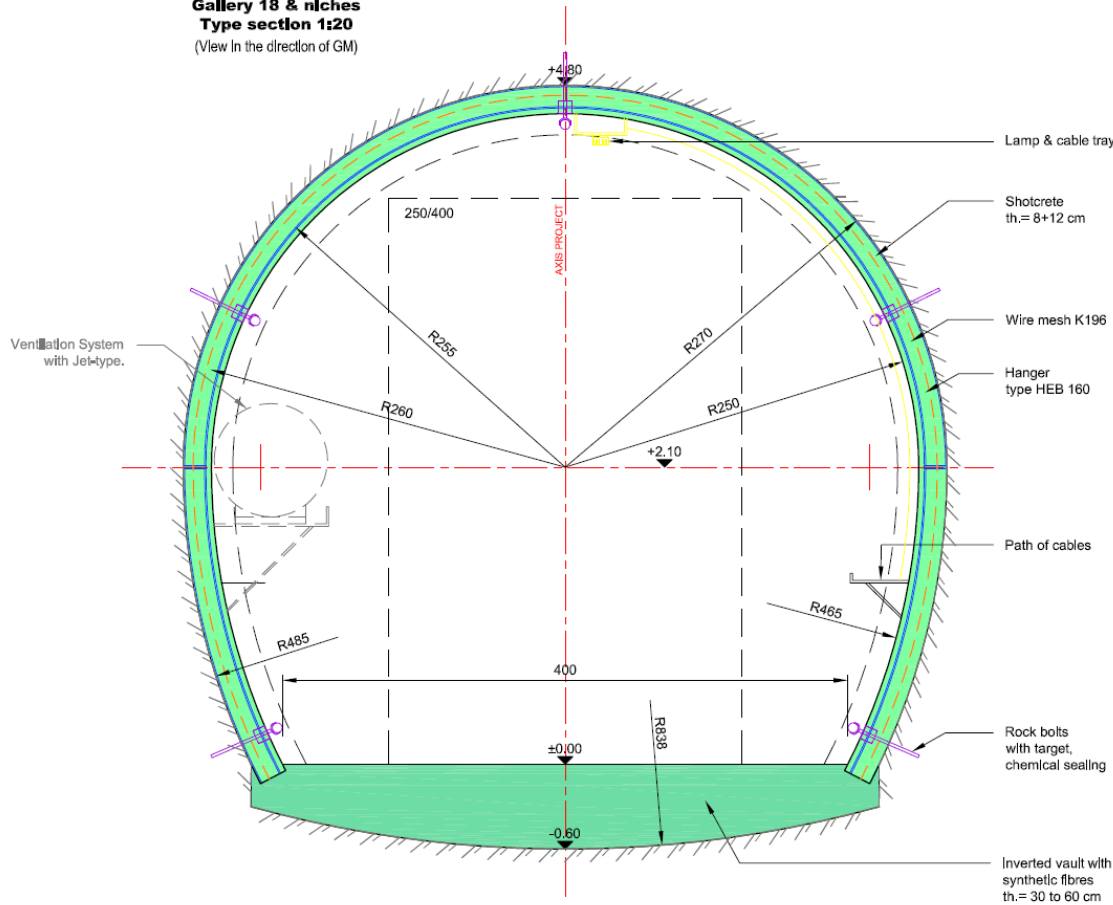
Normalprofil

Profil type

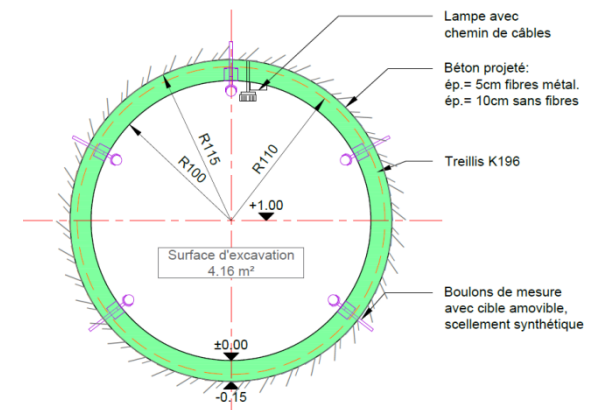


Gabarit d'espace libre 2.50 x 4.00 m, $RH_{min} = 25$ m

Gallery 18 & niches
Type section 1:20
(View in the direction of GM)



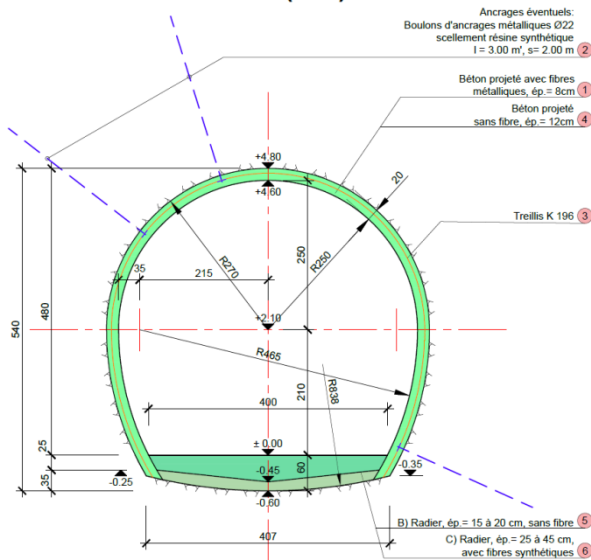
Profil type 1:20
Niches 3 et 4
(Vue dans le sens du NM)



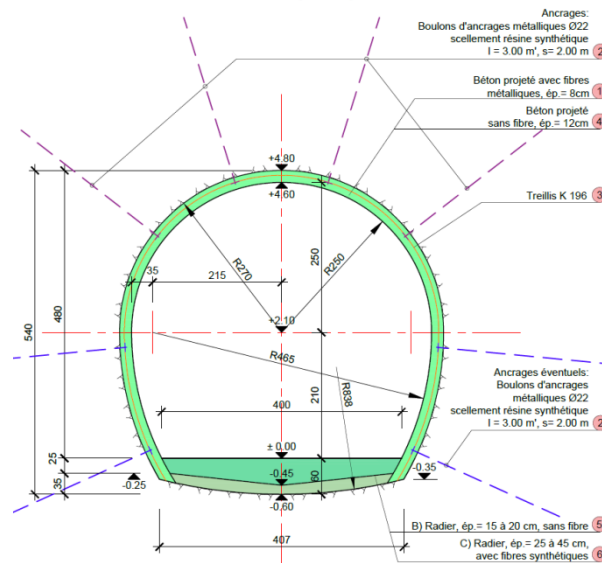


3 niveaux de profils de soutènement

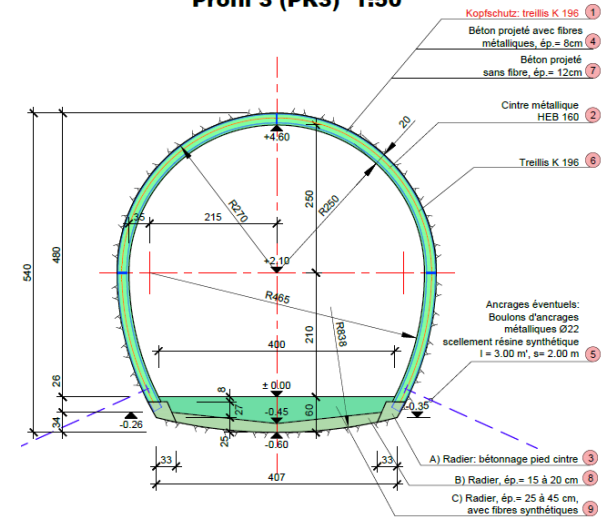
Profil 1 (PR1) 1:50



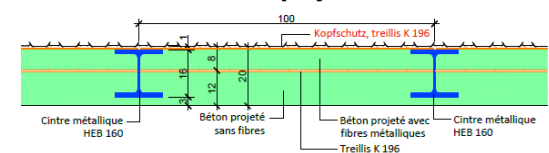
Profil 2 (PR2) 1:50



Profil 3 (PR3) 1:50



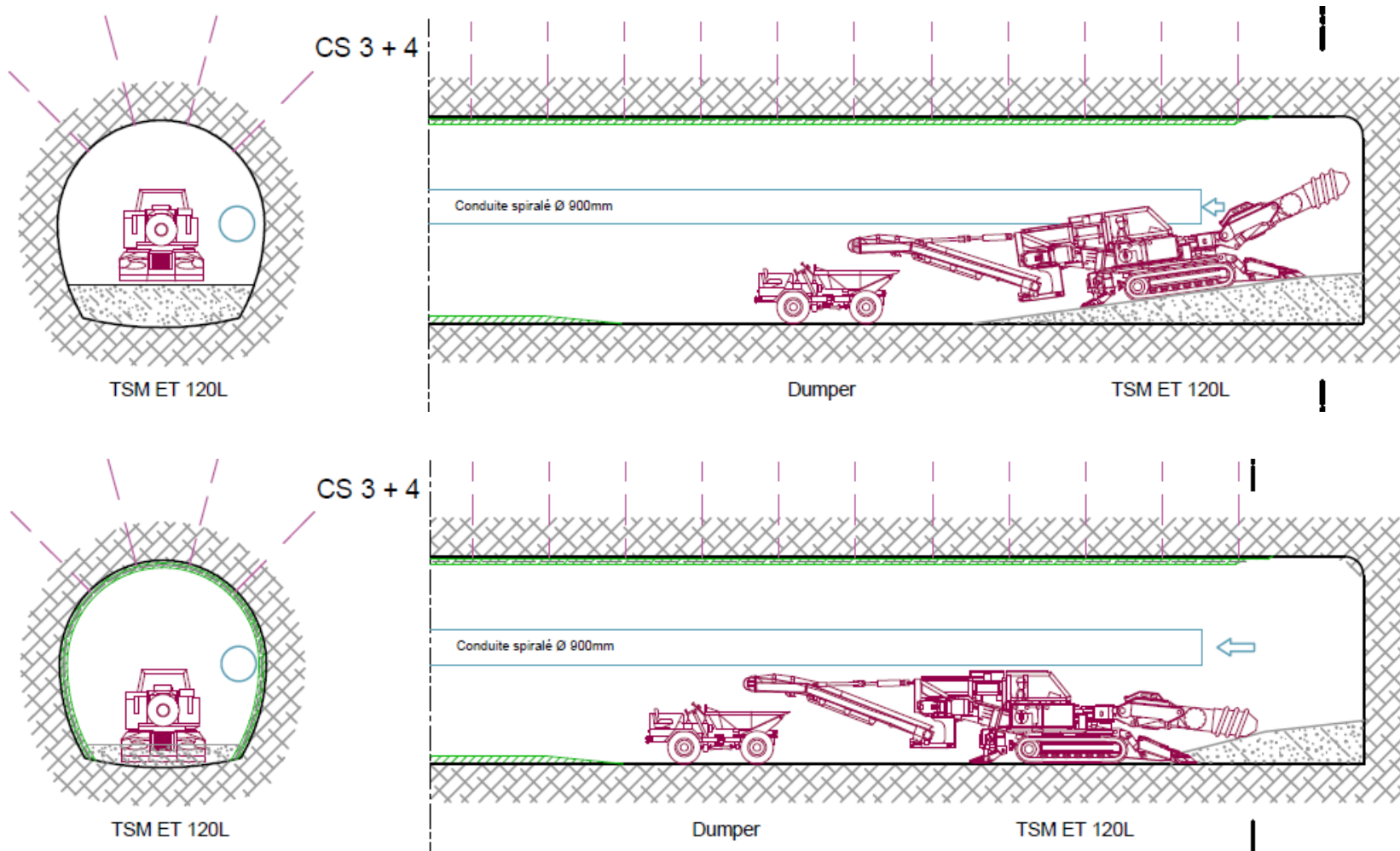
**Détail de pose HEB 160 (PR3) 1:10
cintre / béton projeté / treillis**





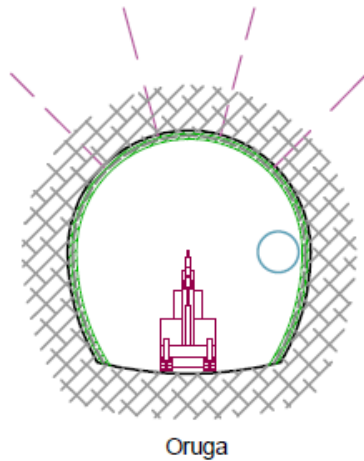
Vortrieb mit Teilschnittmaschine (TSM) und Schuttern mit Dumpers

Excavation à la haveuse et marinage par dumpers



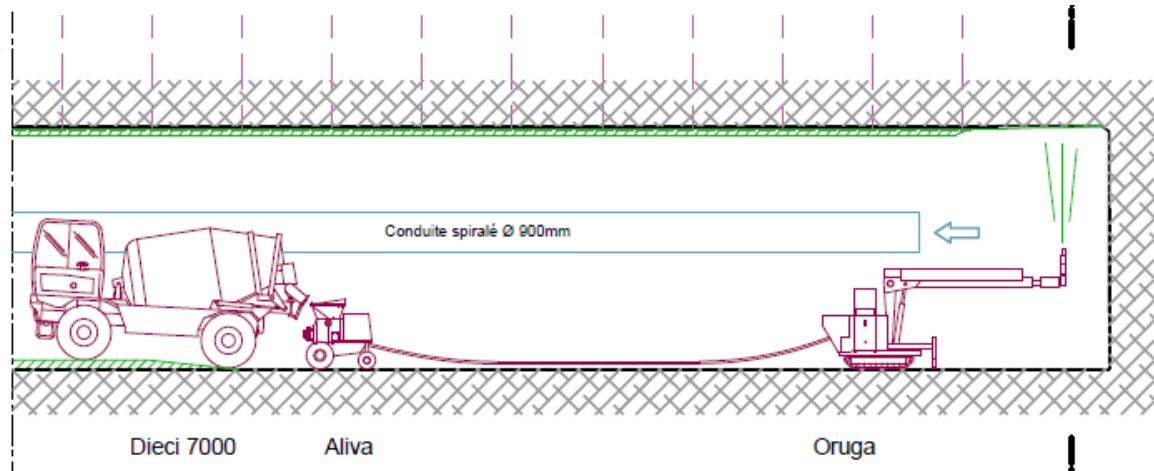


Ausbruchsicherung :
Spritzbeton mit Fasern und optionalen Stahlbögen
Soutènement :
Béton projeté fibrés et cintres métalliques éventuels



Oruga

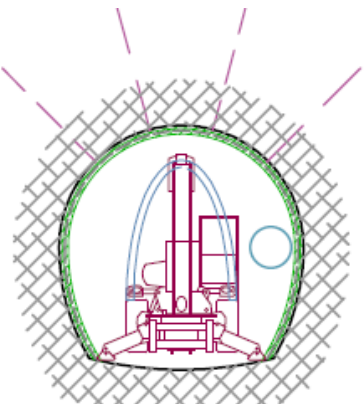
CS 3 + 4



Dieci 7000

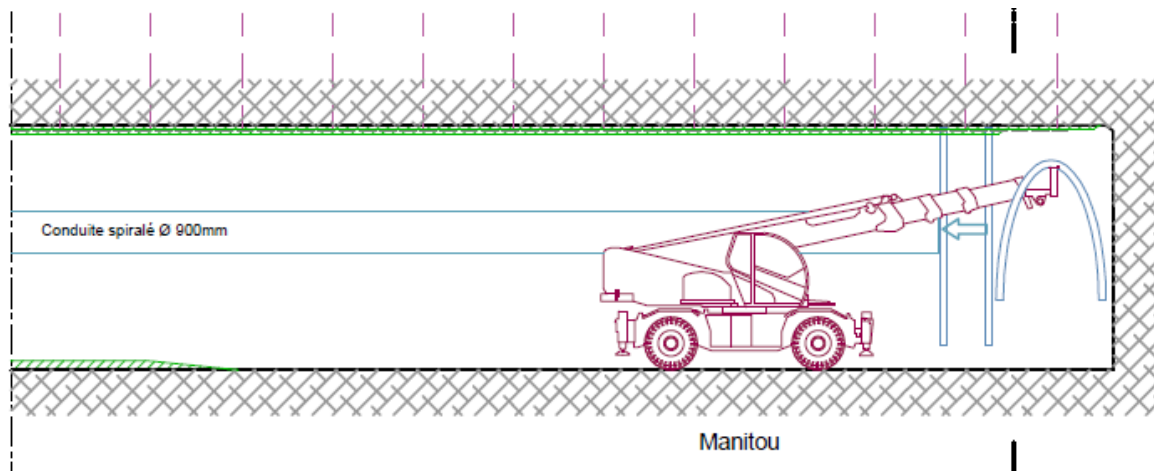
Aliva

Oruga



Manitou

CS 4



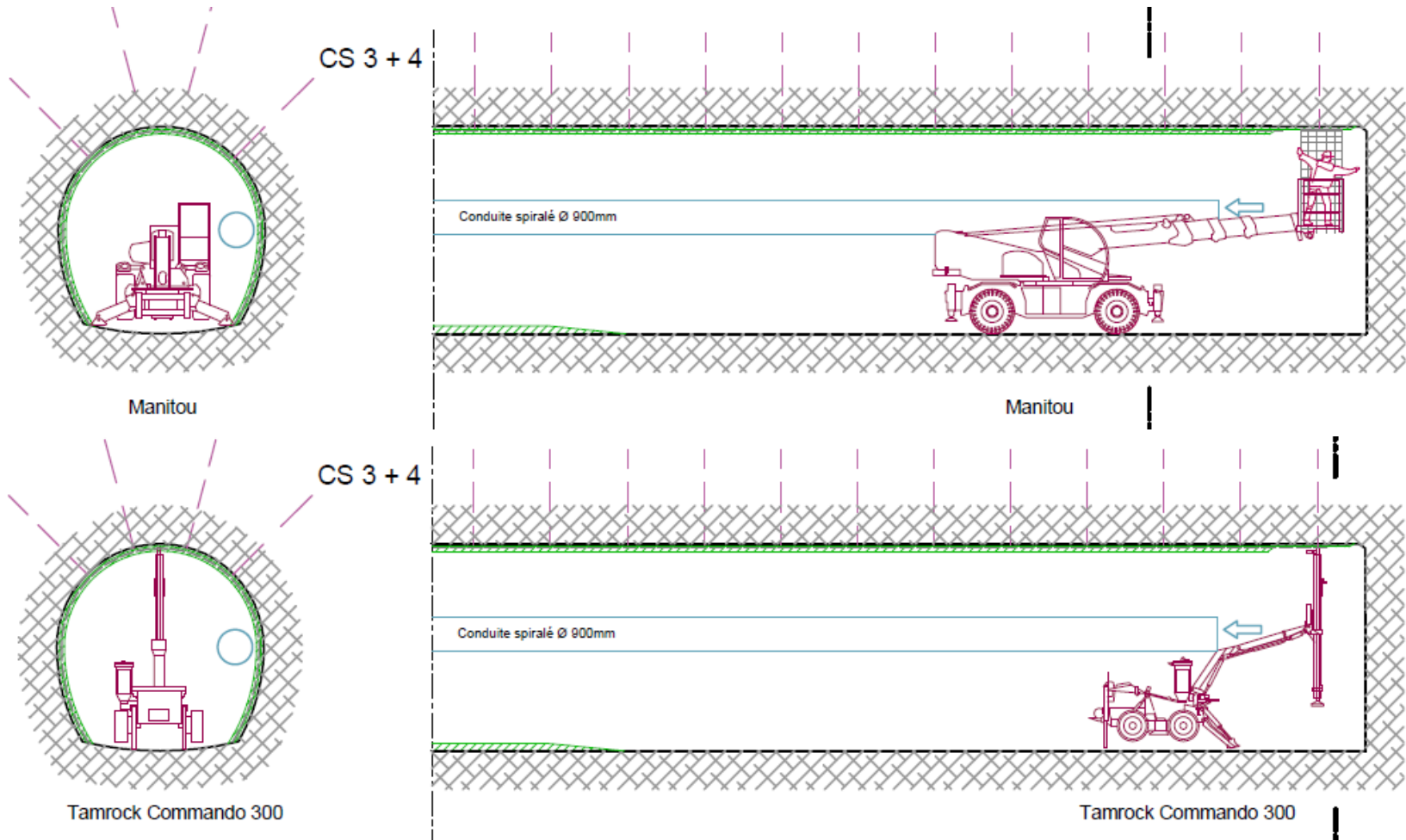
Manitou



Ausbruchsicherung : Netz und Felsanker

Soutènement :

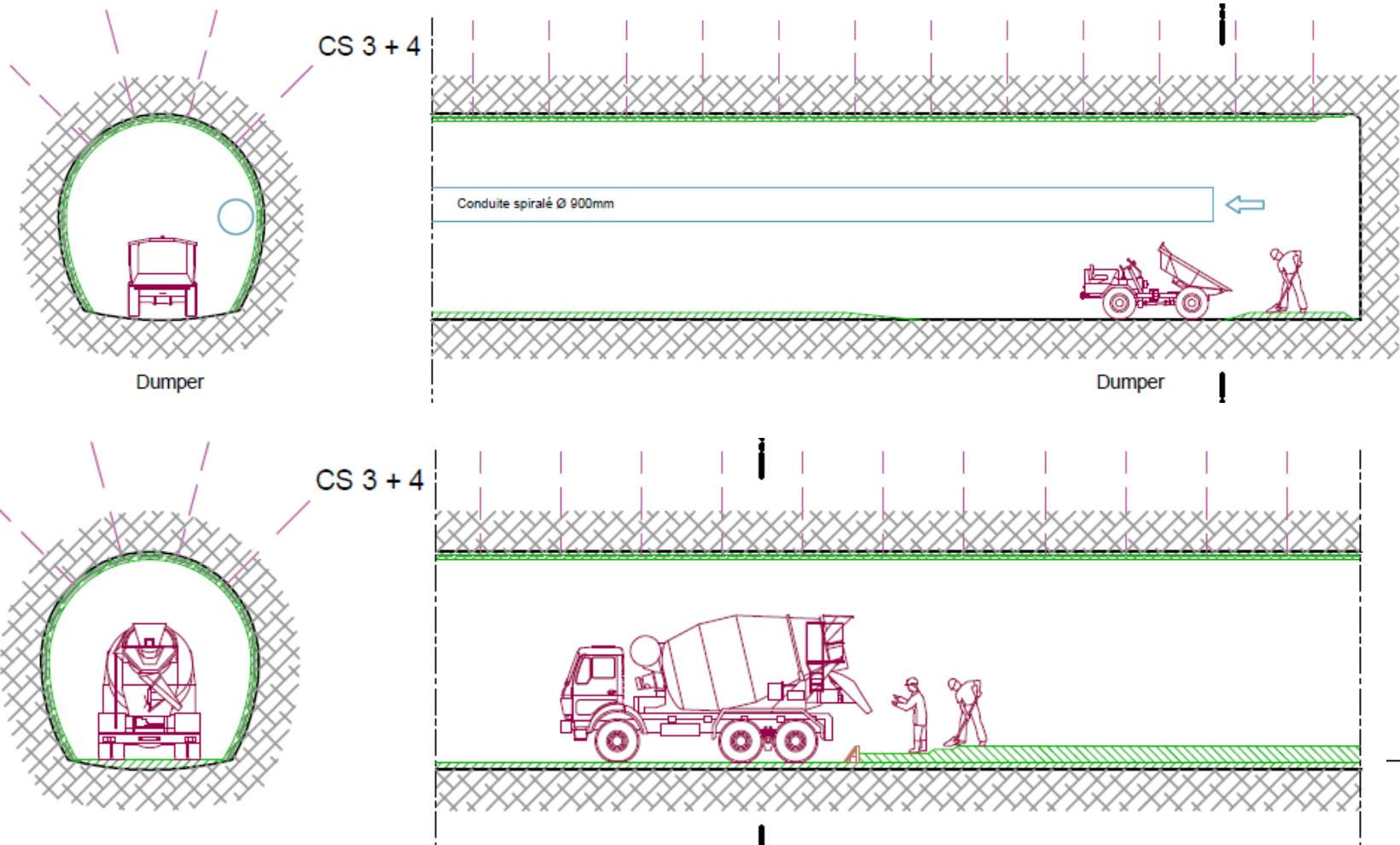
Treillis métalliques et boulons d'ancrages





Verkleidung : Betonsohle

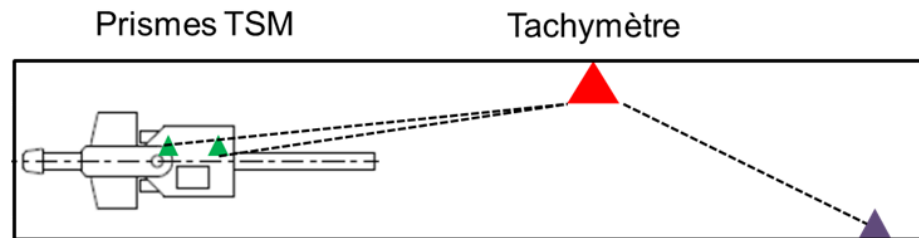
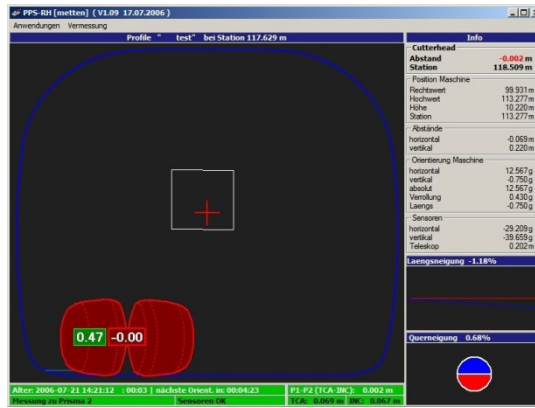
Revêtement : Radier en béton coulé sur place





Contrôles géodésiques :

- **Contrôles de l'entreprise (RL)**
Système PPS de guidage de l'excavation
Contrôles ponctuels effectués par le géomètre
- **Contrôle de la direction des travaux (GGT)**
Contrôles ponctuels du profil définitif
- **Contrôle du Maître d'Ouvrage (swisstopo)**
Scanning du revêtement de la galerie
Expérience MH durant l'extension





MH-Experiment während der Erweiterung Expérience MH durant l'extension

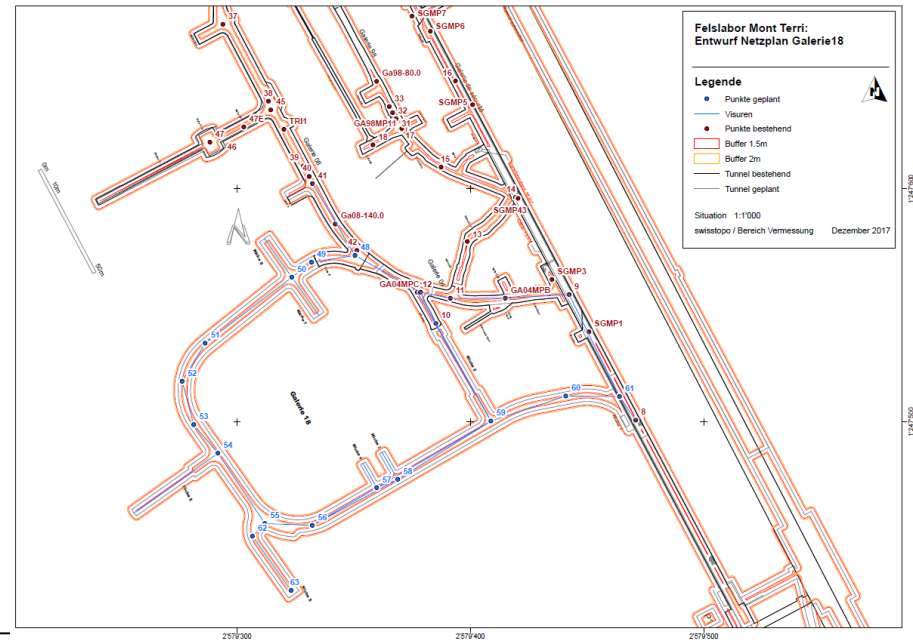


Ziele während Laborausbau:

- Langzeitüberwachung Felslabor und Umgebung bezüglich geometrischen Veränderungen («4D-Überwachung»)
- Erweiterung Vermessungspunktnetz

Durchführung:

- swisstopo, Geodäsie (Matthias Kistler, Sebastian Condamin, u.a.)
- Studenten der Fachhochschule NW Schweiz (Leitung Prof. Mahler)



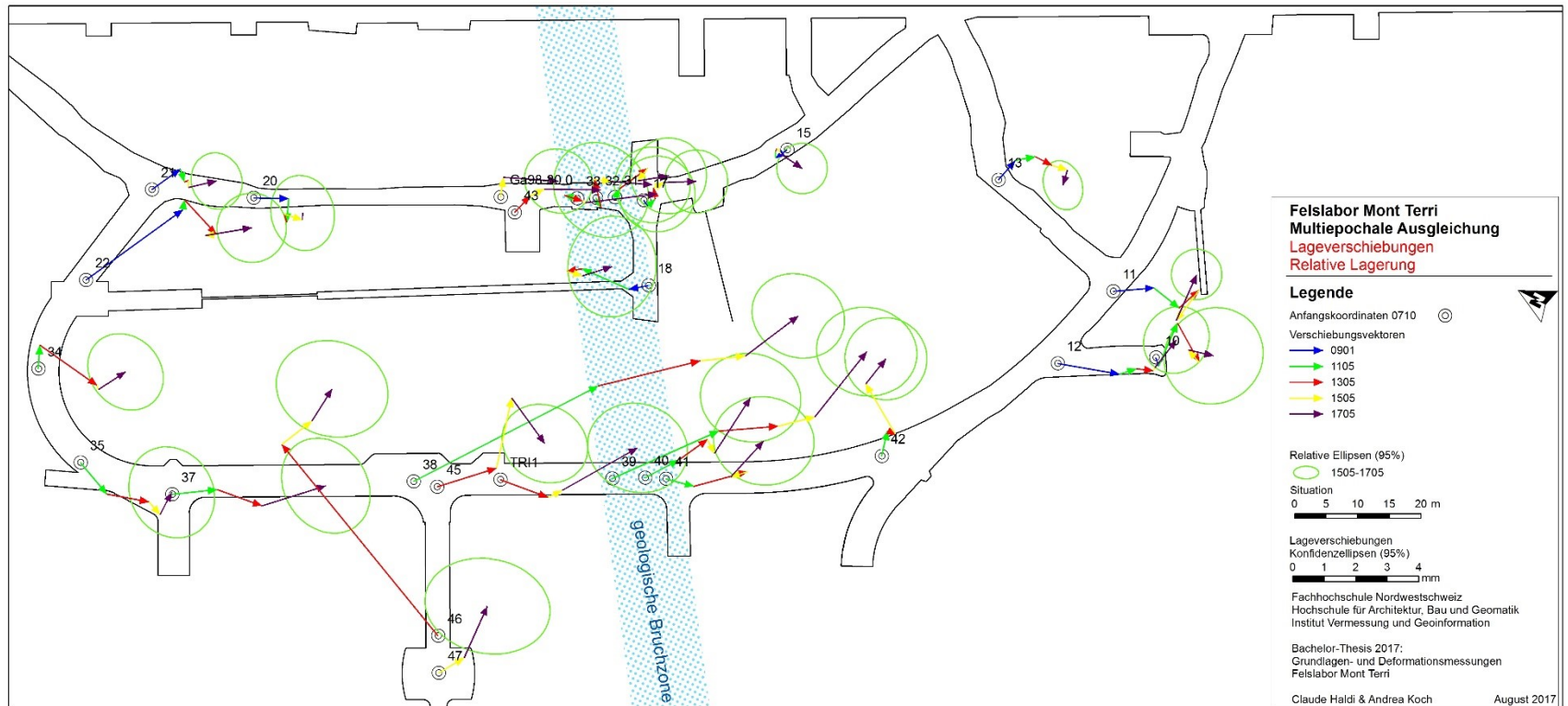


MH-Experiment während der Erweiterung Expérience MH durant l'extension



Methoden und Kampagnen:

- Nivellement: Mai, Juli und Herbst 2018
- Laserscanning: Mai, Juli und Herbst 2018
- Hydrostatic Levelling: permanent, nur in Ga98





Différents types de monitoring

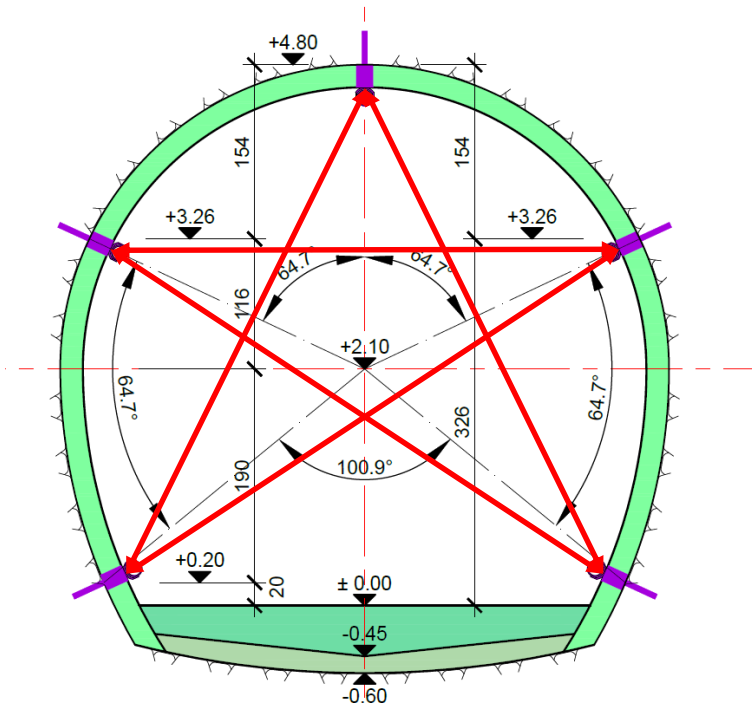
- **Mesures de convergence 2D (invar)**
Mesures de 5 longueurs effectuées à l'aide d'un distomètre et de câbles en métal invar.
- **Mesures de convergence 3D (tachéomètre)**
Détermination des coordonnées de 5 prismes dans chaque section de mesure.
- **Inspection du revêtement**
Observation du comportement du soutènement de béton projeté et de l'évolution de sa fissuration.



Konvergenzmessungen 2D (invar) Mesures de convergence 2D (invar)



5 mesures de longueur par section



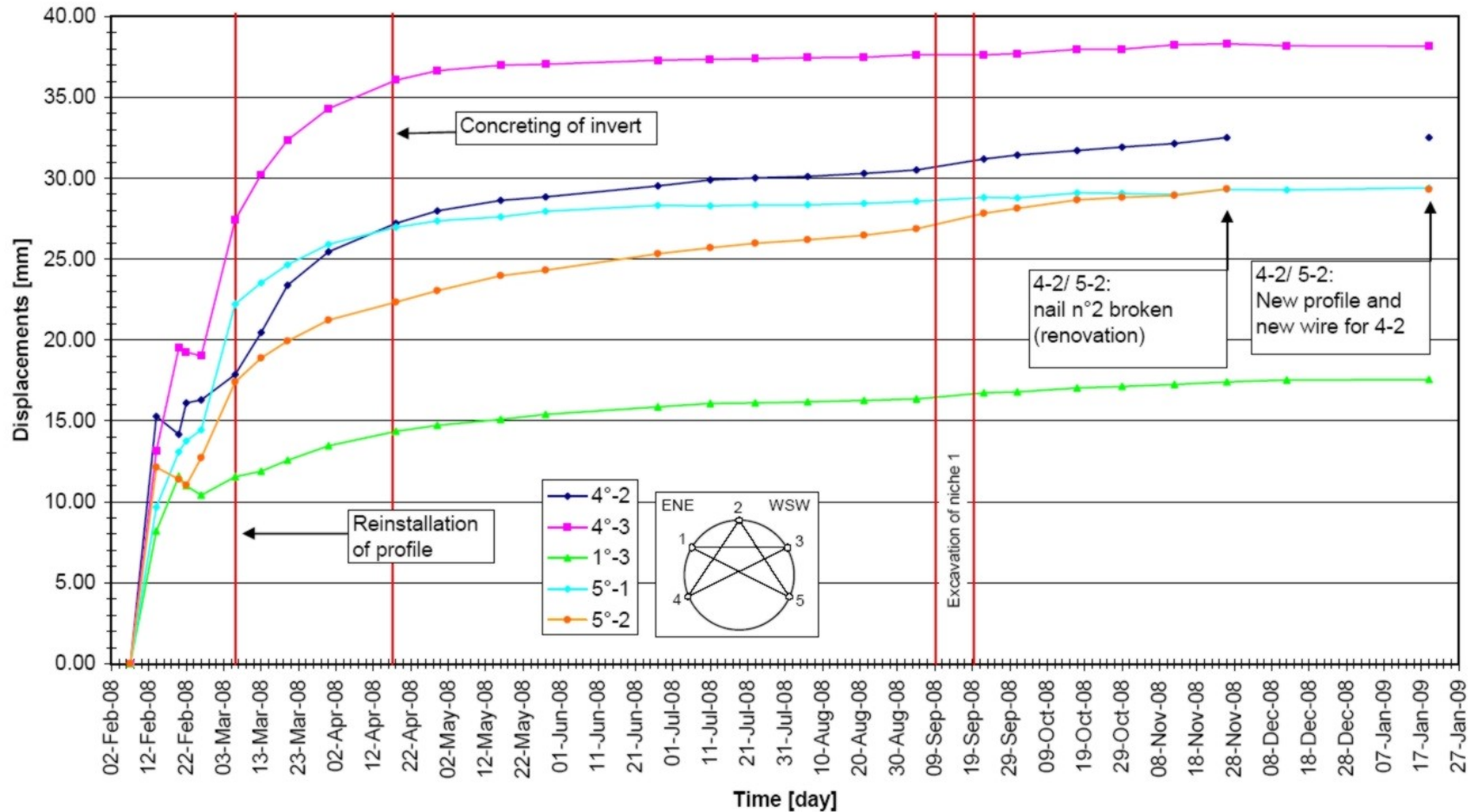


Konvergenzmessungen 2D (invar)

Mesures de convergence 2D (invar)



Ga08 GM-56: convergence measurements

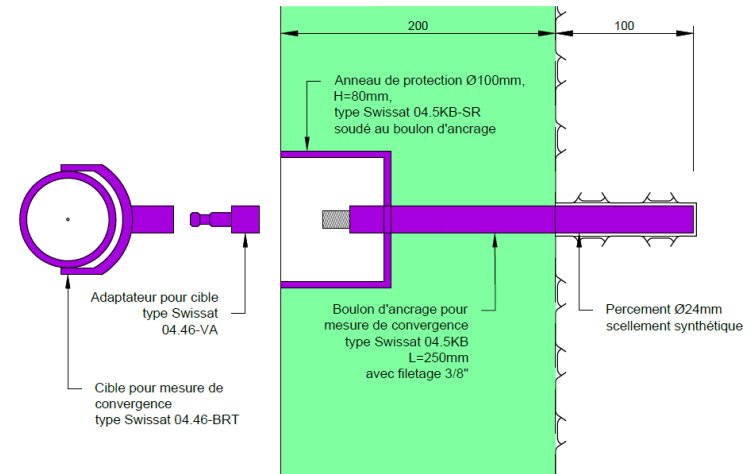




Konvergenzmessungen 3D (Totalstation) Mesures de convergence 3D (tachéomètre)

5 prismes par section

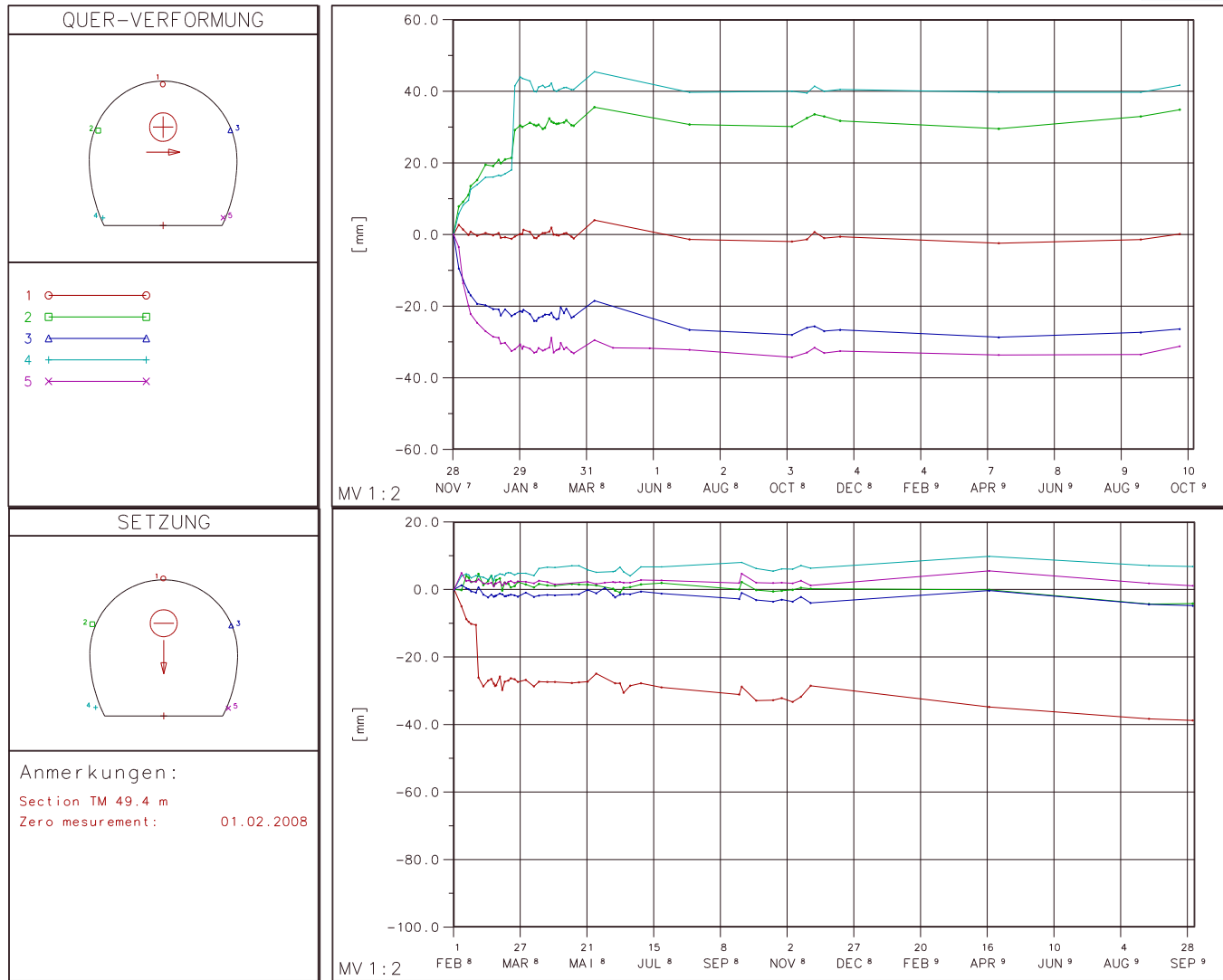
Tachéomètre :
Leica TCRP1201 R300





Konvergenzmessungen 3D (Totalstation)

Mesures de convergence 3D (tachéomètre)





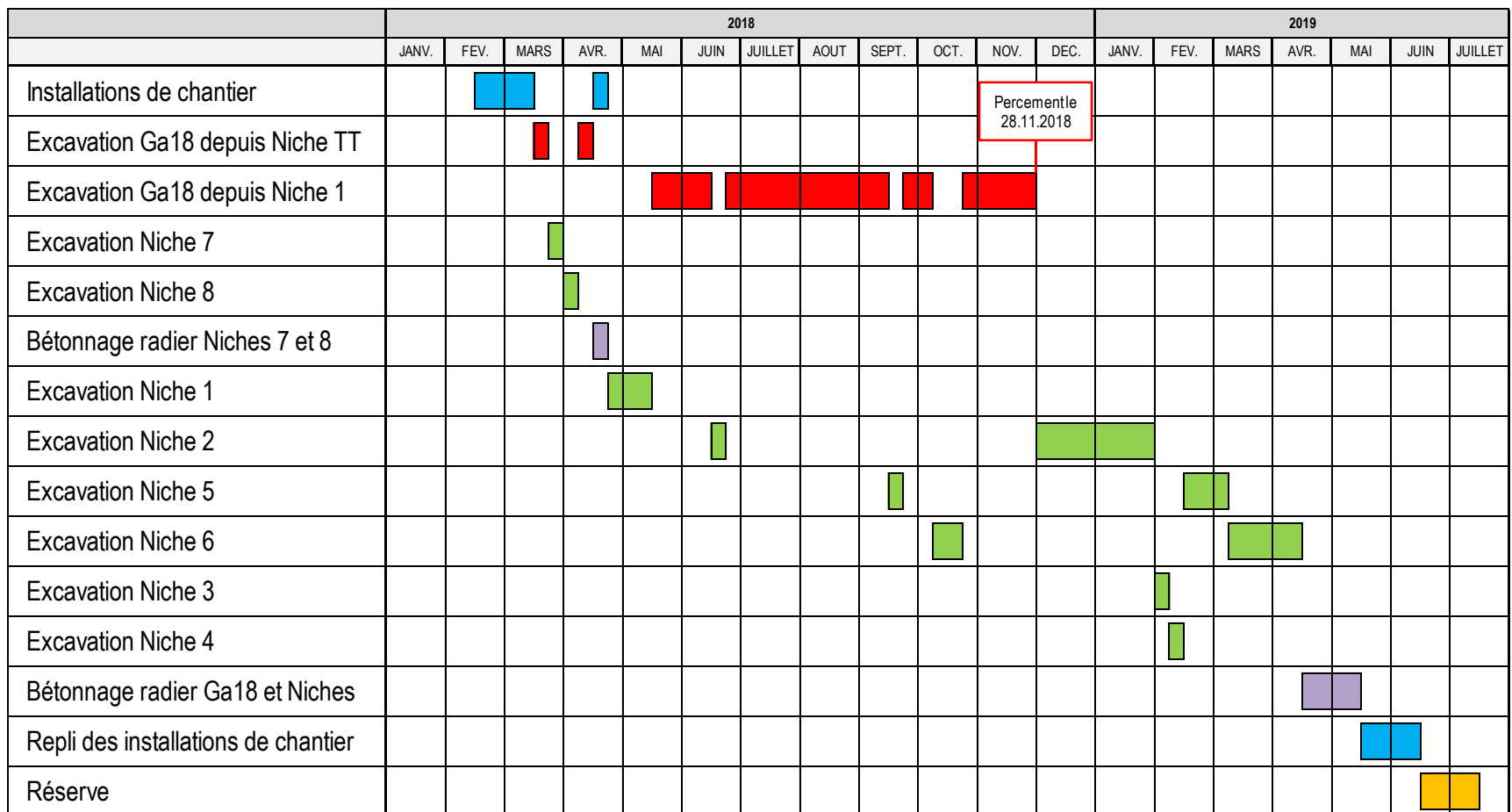
Suivi des fissures du revêtement :

- Apparition
- Ouverture, largeur
- Evolution





Durée des travaux : 17 mois





Coûts de l'ouvrage [HT] :

Devis estimatif du projet : CHF 5.363 mio.

Devis estimatif des travaux : CHF 4.187 mio.

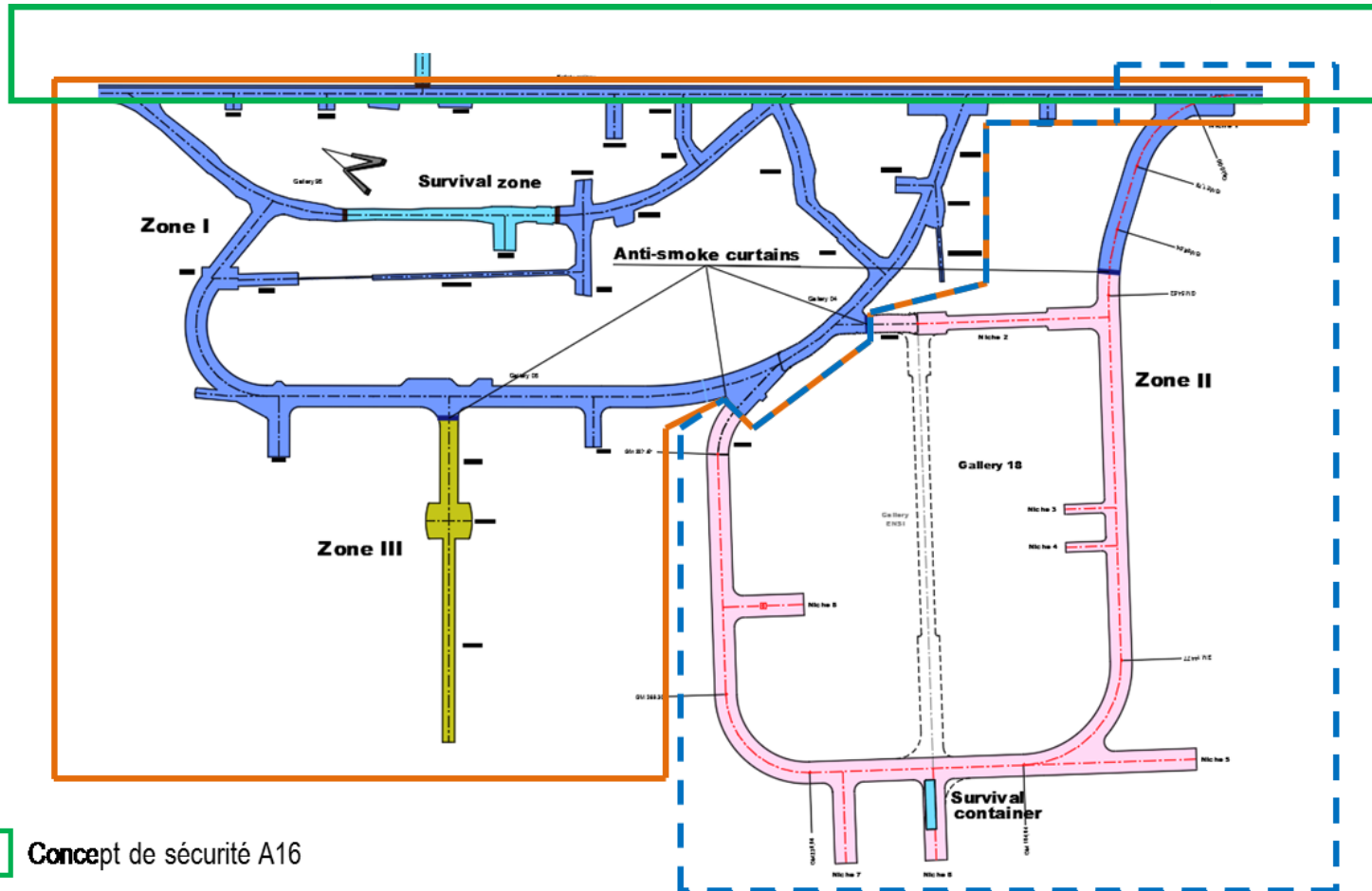
5 offres obtenues : min. CHF 3.210 mio. (100.0%)




max. CHF 5.448 mio. (169.7%)

Contrat Rothpletz, Lienhard+Cie AG : CHF 3.210 mio.



Sicherheitskonzepte Concepts de sécurité



-  Concept de sécurité A16
-  Concept de sécurité du laboratoire souterrain
-  Concept de sécurité du chantier



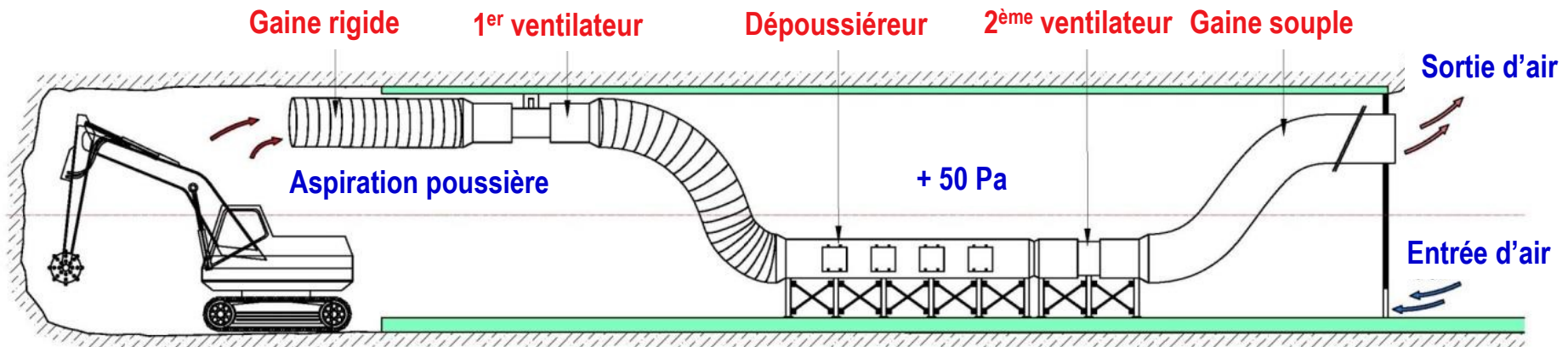
Mesures de protection de l'environnement :

- Pas d'utilisation d'eau autre que pour le béton projeté
- Produits absorbants et feuilles plastiques à disposition
- Système de traitement des eaux de lavage (décantation, déshuilage et neutralisation)
- Entreposage des substances et stationnement des engins de chantier de façon adéquate
- Procédures d'urgence en cas d'événement
- Contrôles réguliers (suivi environnemental de réalisation)



Ventilation / dépoussiérage :

- Aspiration de l'air vicié au front d'attaque
- Dépoussiérage et évacuation via une gaine souple
- Maintien de la surpression de 50 Pa dans la galerie de sécurité et dans le laboratoire souterrain



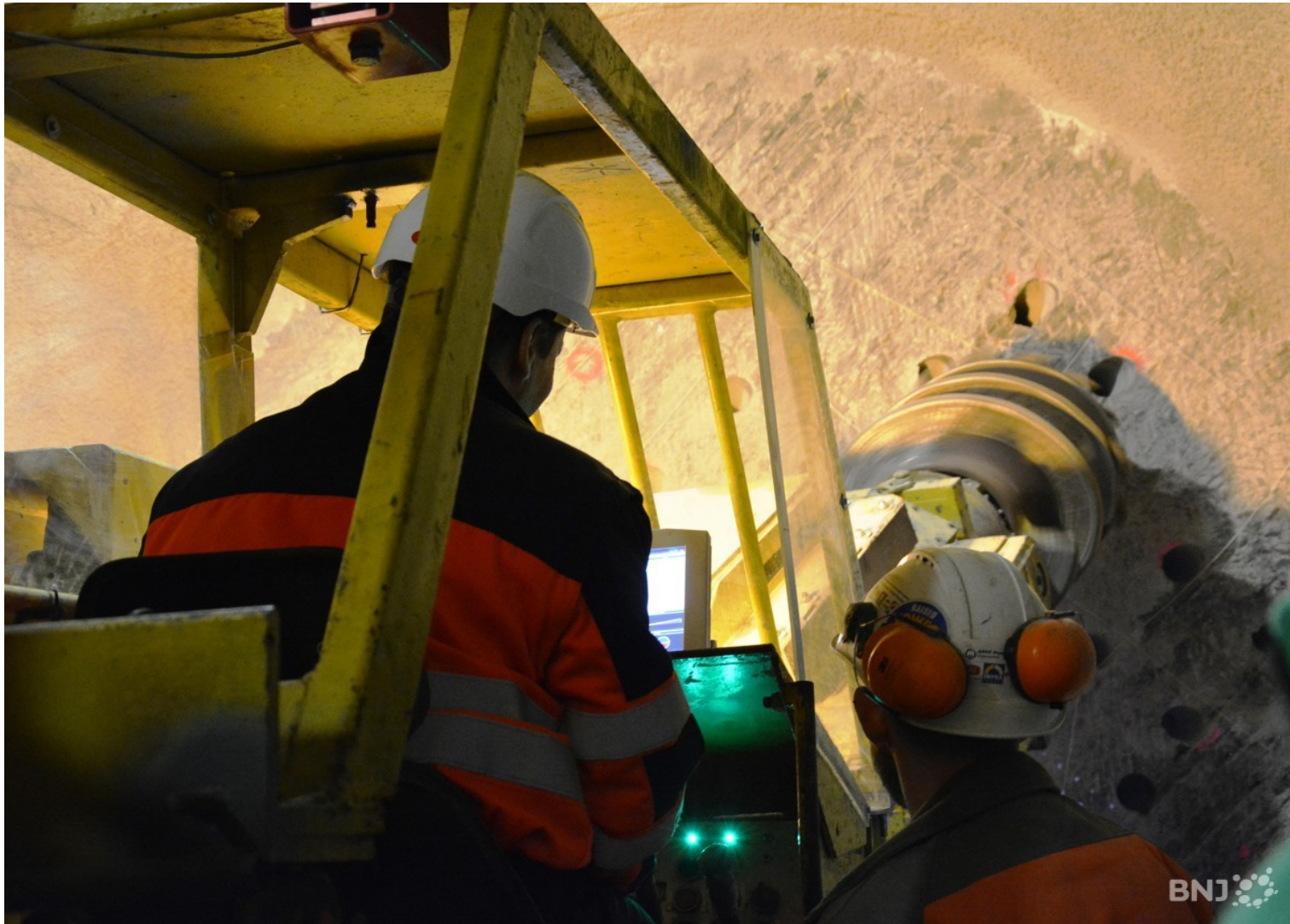


- Sicherheit ist Priorität. Wenn sie nicht gegeben ist, werden die Bauarbeiten gestoppt.
La priorité est donnée à la sécurité.
Si celle-ci n'est pas assurée, le chantier est arrêté.
- Der Betrieb des Autobahntunnels A16 hat Vorrang vor dem Betrieb des Felslabors Mont Terri.
L'exploitation du tunnel autoroutier A16 prime sur le fonctionnement du laboratoire.
- Die Überwachung und Erfassung der gesammelten Informationen sind die Basis für die zukünftigen Experimente.
Le suivi du chantier et l'enregistrement des informations recueillies sont la base pour les expériences futures.



Beginn der Ausbruch : 12. März 2018

Premier coup de pioche : 12 mars 2018





Photogrammetrie: Erste Erfahrungen aus der berührungsfreien Tunnelkartierung

Wabern, 13. April 2018

David Jaeggi, Christophe Nussbaum, Paul Bossart
swisstopo



1. Einführung in geologische Tunnelkartierung und Ziele
2. Methode ShapeMetriX 3D von 3GSM™
3. Workflow der digitalen Tunnelkartierung am Mont Terri
4. Erste Resultate mit dem System
5. Beurteilung System und Schlussfolgerungen



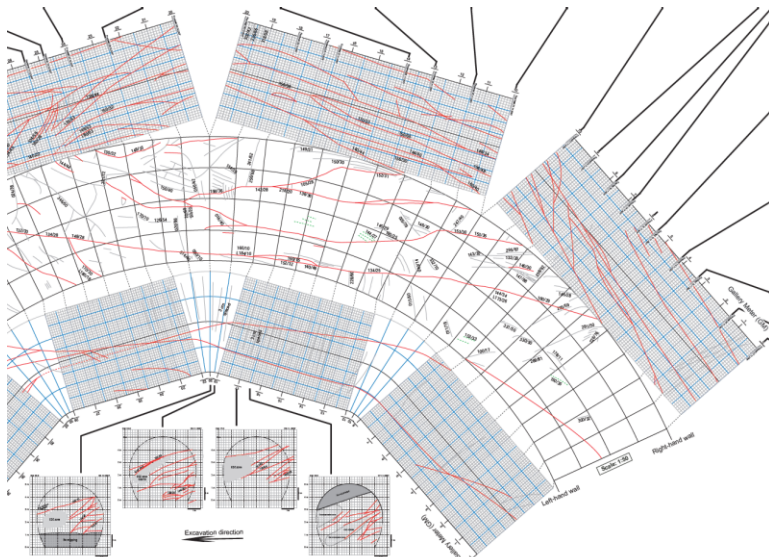
Geologische Tunneldokumentation bisher Documentation géologique du tunnel jusqu'à présent



Teilausbruch FE-A Nische



FE-A Nische mit subhorizontalen Brüchen (rote, bzw. blaue Pfeile)



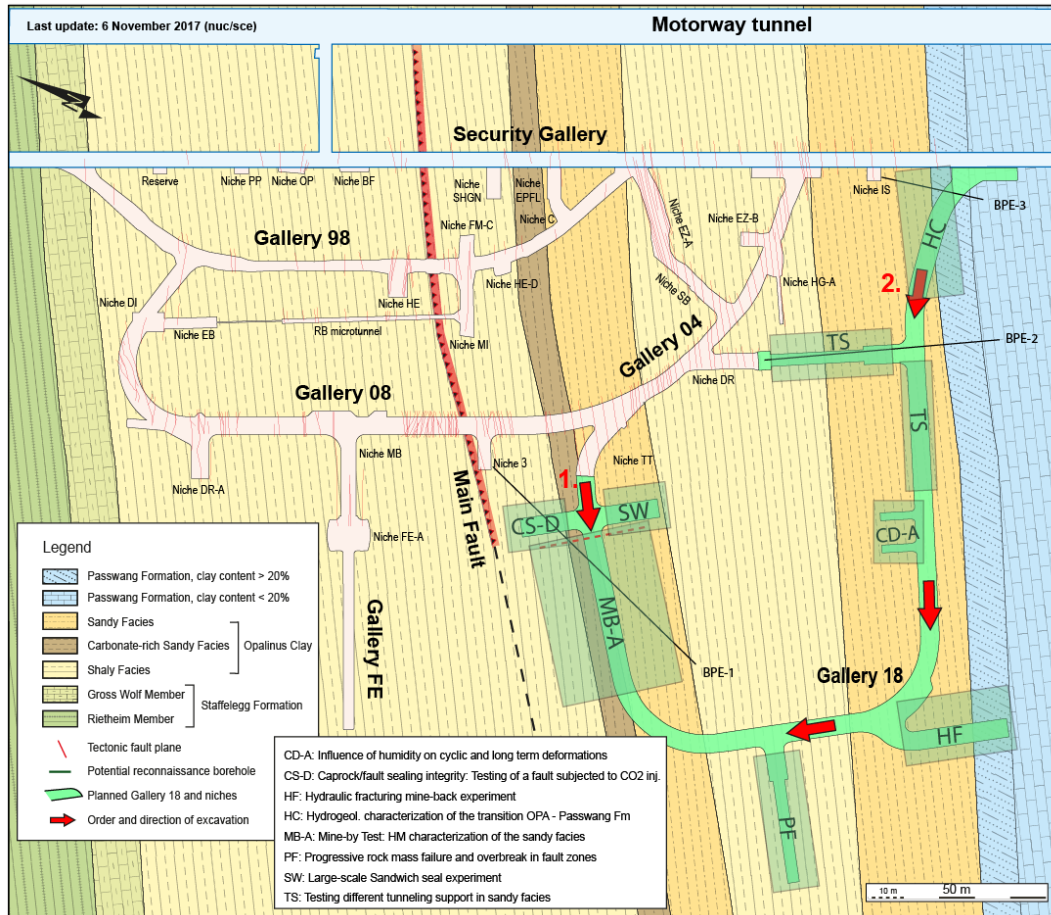
Ga08 GM-0 bis GM-40

- Erweiterungen 1998, 2004, 2008, 2012
- Aufnahmen direkt an Tunnelbrust, mit Vorlage auf Papier (Einschichtbetrieb)
- Digitalisierung im Anschluss, keine Datenbankabfragen möglich
- Tagesberichte manuell
- Nachführung Karten auf Adobe Illustrator

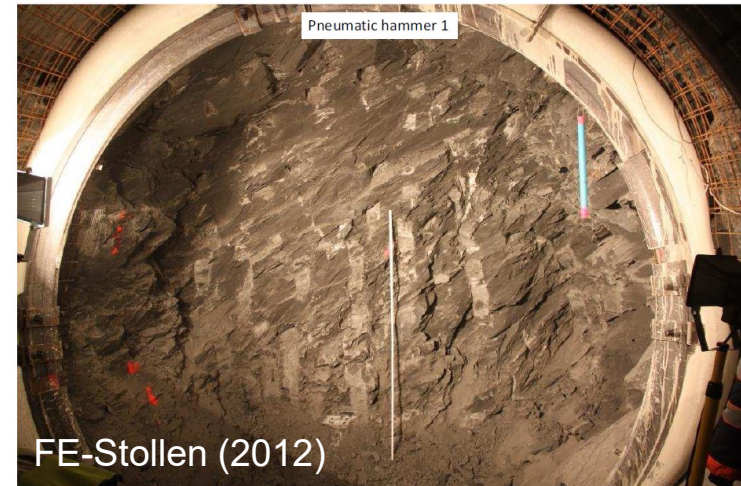
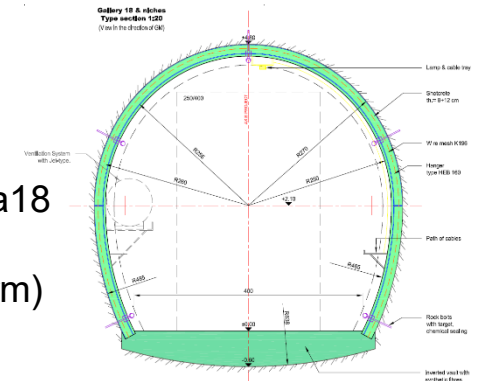


Grosse Datenmengen bei Erweiterung 2018/19

Grande quantité de données pour l'extension 2018/19



Typprofil Ga18
(D=5.2 m,
Hufeisenform)



- Erweiterung Felslabor Mont Terri 2018/19
- 514 m neue Galerien und Nischen werden durch swisstopo kartiert
- Täglich nur 30 min Zeitfenster für geol. Aufnahmen (Zweischichtbetrieb)
- Exkavationsdauer ca. 1.5 Jahre



Ziele swisstopo für zukünftige Tunnelkartierungen
Buts de swisstopo pour la future cartographie des tunnels



- **Anwendung von modernen und innovativen Methoden**
(Digitalisierung, hohe Datenqualität für Mont Terri Partner)
- **Verbesserung der Sicherheit an der Stollenbrust**
(Berührungsfrei, Verringerung der Expositionszeit)
- **Zeitersparnis bei Aufnahme und Digitalisierung**
(Optimierung von Ressourcen und Abläufen, Vereinheitlichung)
- **Erhöhung der Menge akquirierter Geodaten, georeferenziert**
(Georeferenzierte Punktwolken, Datenbank, Inputdaten für geologische und numerische Modellierungen)



1. System (Hardware und Software) zum berührungslosen, digitalen Kartieren von Ortsbrust, Paramenten, Firste und Sohle (mit Tablet vor Ort und am 3D-Modell im Büro)
 - a. Bruchstrukturen, Fazies- oder Formationsübergänge, inkl. exakter Lokalisierung und Orientierung (Azimut und Dip) und der Zuordnung von Attributen (Striemung, Rauigkeit, Mineralogie, Wasserzutritte, usw.)
 - b. 3D-Visualisierung der Ortsbrustoberfläche + Seitenwänden (Punktwolke) als Inputdaten für 3D-Modelle (numerische und geologische Modelle)
2. Georeferenzierung aller Daten, 3D-Oberfläche



3. Post-processing von Aufnahmedaten durch Picking und Attibuierung am Bildschirm (Faziesgrenzen, Brüche, EDZ-Klüfte) und Erstellung von Stereoplots
 4. Einbinden von CAD-Daten, wie Stützmittel, Anker, bestehenden Bohrungen, usw. ins geologische Modell
 5. Ablage in Datenbank, Abfragemöglichkeit von Exkavationsständen
 6. Schnittstelle mit Move, geologisches 3D-Modell
- Evaluation führte zur Anschaffung des photogrammetrischen Systems ShapeMetriX 3D der Firma 3GSM™



1. Einführung in geologische Tunnelkartierung und Ziele
2. Methode ShapeMetriX 3D von 3GSM™
3. Workflow der digitalen Tunnelkartierung am Mont Terri
4. Erste Resultate mit dem System
5. Beurteilung System und Schlussfolgerungen



Was ist ein photogrammetrisches System? Qu'est-ce qu'un système photogrammétrique?



Definition: *Photogrammetrie ist eine Gruppe von Messmethoden und Auswerteverfahren der Fernerkundung, um aus Fotografien und genauen Messbildern eines Objekts seine räumliche Lage oder dreidimensionale Form zu bestimmen.*

→ Nahbereichsphotogrammetrie (wenige cm bis 100 m)

- Objekte werden im künstlichen Licht von mehreren Standpunkten der Kamera aufgenommen (Structure from motion principle)
- Passpunkte (Referenzpunkte mit bekannten Koordinaten)
- Kalibrierte Kamera (Kameraeigenschaften für die Orientierung des Bildes)
- Software zur Rekonstruktion des 3D-Bildes



Geologische Dokumentation mit ShapeMetriX 3D von 3GSM™

Cartographie avec ShapeMetriX 3D de 3GSM™



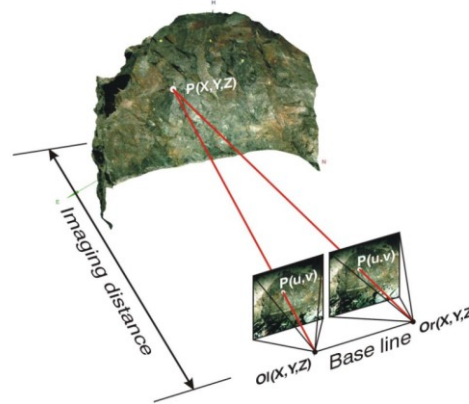
Kalibrierte
Spiegelreflexkamera
(Zoomobjektiv,
Objektivwechsel)



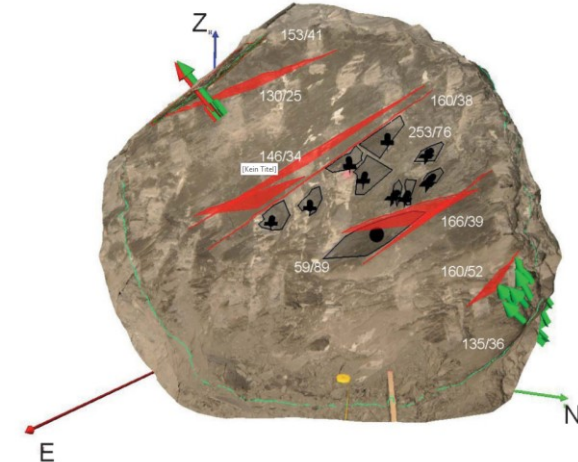
Markierungs-
elemente zur
Referenzierung



Software für
3D Bilderstellung,
Messung und
Bewertung



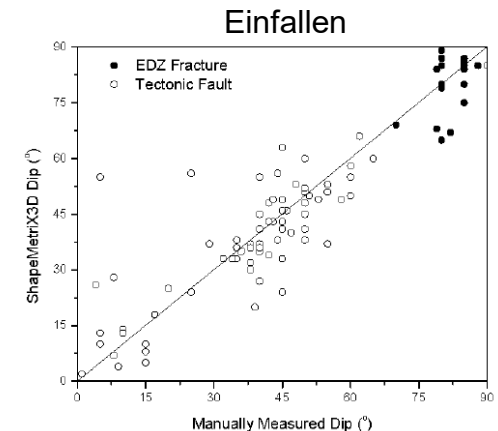
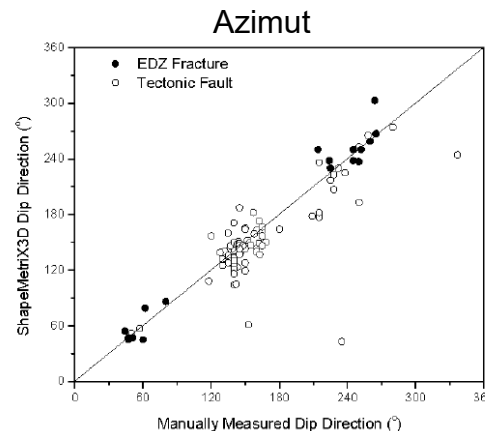
Fotos und Kartierung
an der Ortsbrust



Generierung 3D-Bild und
Nachbearbeitung im Büro

Vergleich ShapeMetriX 3D mit
herkömmlicher Kartierung bei 50 m
Stollen:

- Gute Übereinstimmung und Nachvollziehbarkeit
- Zeitersparnis im Tunnel
- Erhöhung Arbeitssicherheit
- Digitale Daten von Strukturen (Ascii) und Geometrie (Punktwolke)



Vergleich von ShapeMetriX3D mit
herkömmlichem Kartieren für Azimet und Dip

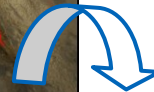


Geologisches Kartieren mit Tablet und PC

Cartographie avec tablette et ordinateur

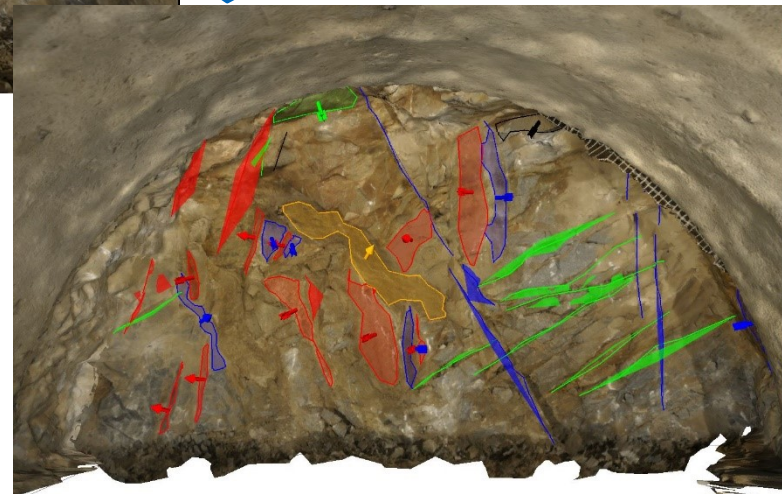


- Kartierung on-site auf Foto
- Ad-hoc Übertragung der Bilder von Kamera auf Tablet



- 2D Strukturkarte auf Foto, on-site erstellt durch Geologen

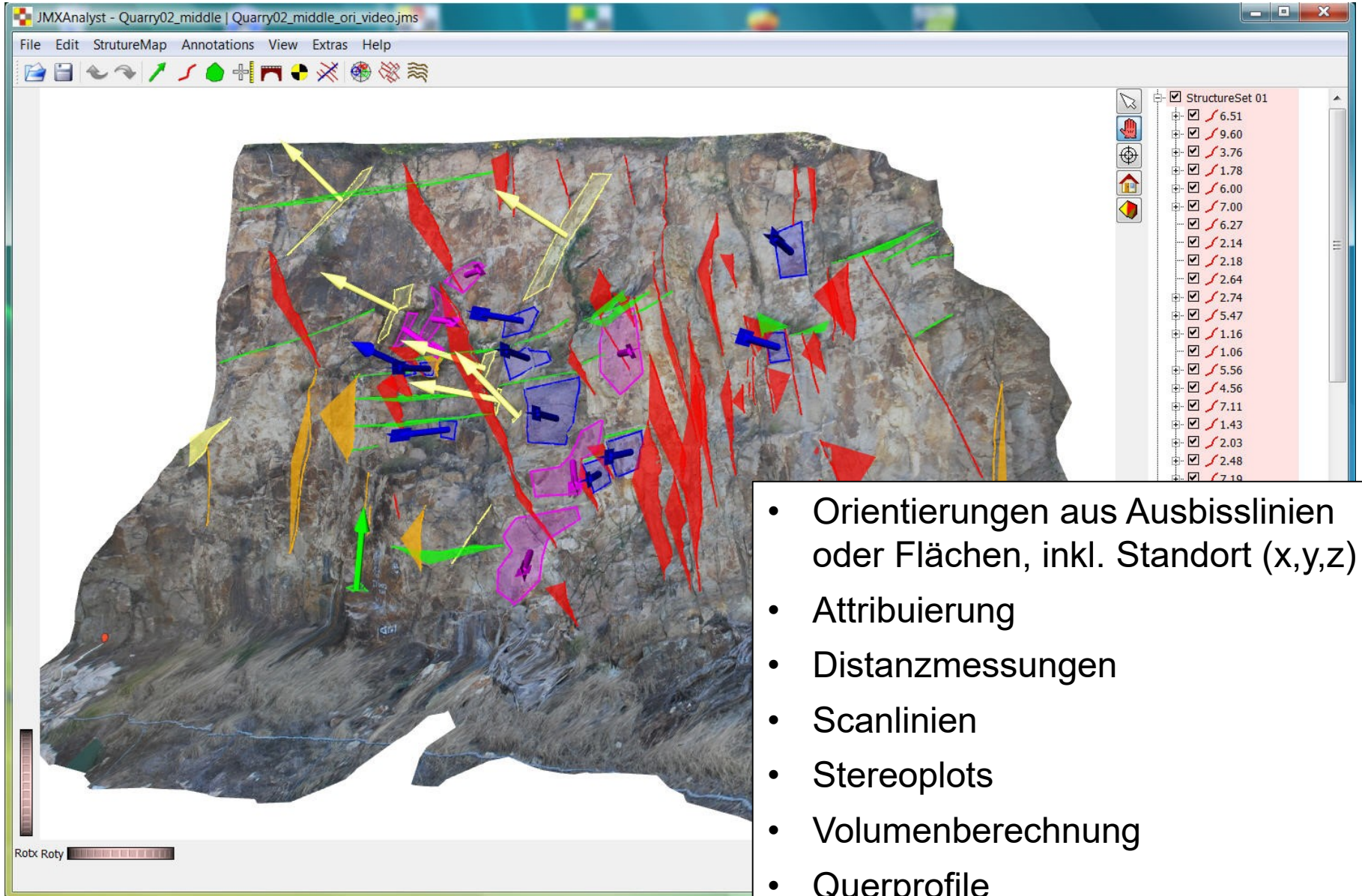
- Import der 2D Strukturkarte ins Modell führt zu einer 3D Strukturkarte, metrisch skaliert
- Gruppierte Strukturen
- Generierung von Stereoplots, usw.





Nachbearbeitung am 3D-Bild im Büro

Retouches de l'image 3D au bureau



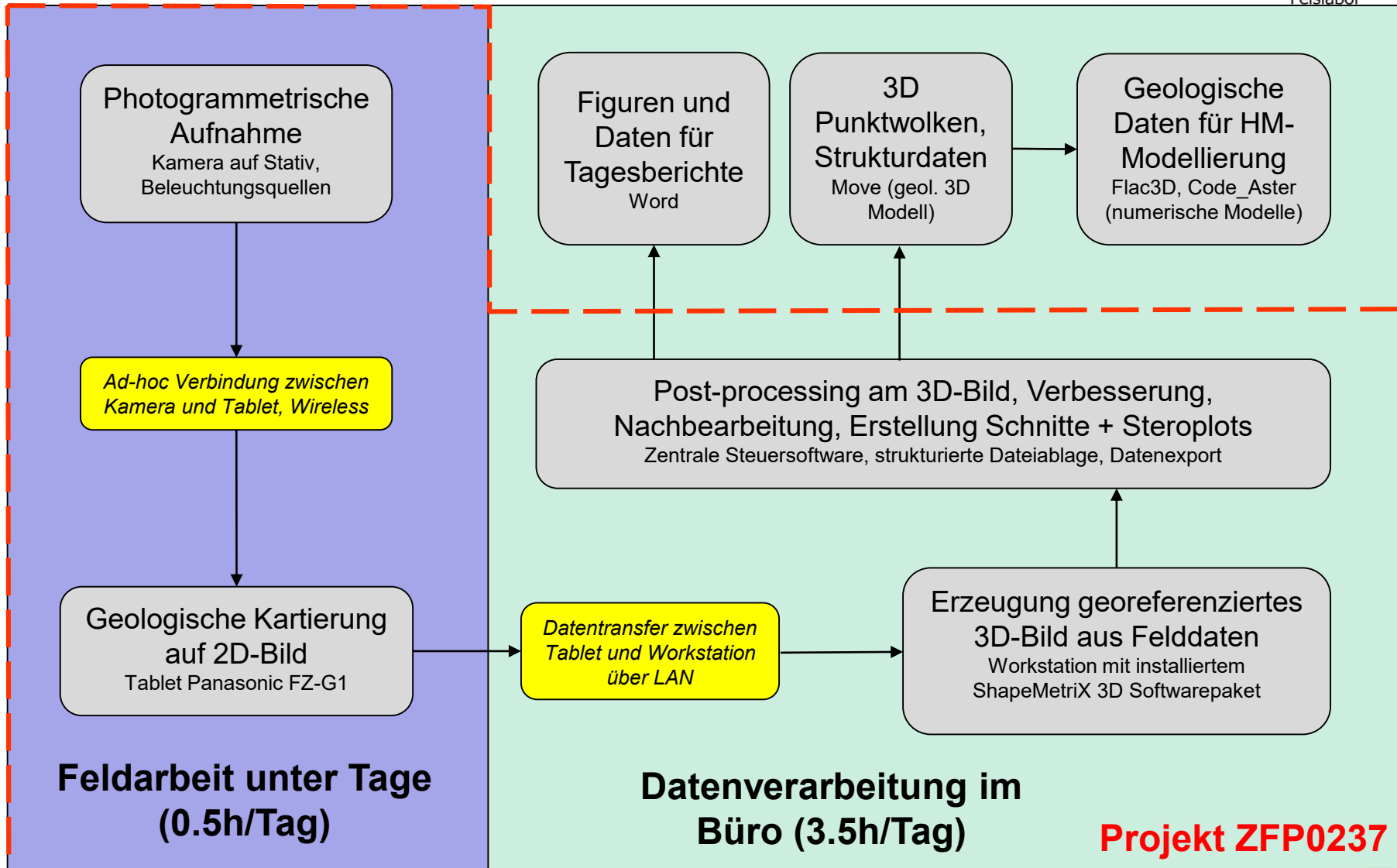


1. Einführung in geologische Tunnelkartierung und Ziele
2. Methode ShapeMetriX 3D von 3GSM™
3. Workflow der digitalen Tunnelkartierung am Mont Terri
4. Erste Resultate mit dem System
5. Beurteilung System und Schlussfolgerungen



Workflow digitale Tunnelkartierung

Séquences de travail de la cartographie digitale



Projekt ZFP0237



1. Geodätische Vermessung von Passpunkten

- Freistellen Theodolit (Anpeilen von mindestens 2 Referenzpunkten)
- Markieren von Passpunkten
- Messen von 4 Passpunkten in Paramenten links/rechts, Front und Firste

2. Photogrammetrische Aufnahme

- Positionieren der Beleuchtung (2 Akkuleuchten)
- Fotos von Tunnelfront, Paramenten und Firste (30-50 Bilder), >50% Überlappung

3. Geologische Kartierung mit Tablet (Adhoc-Link mit Kamera)

- Auswahl Bild mit Abdeckung Tunnelbrust und Paramenten
- Geologische Kartierung auf Tablet mit Mapper



Geodätische Vermessung (Freistellen) Mensurations (mise en station)

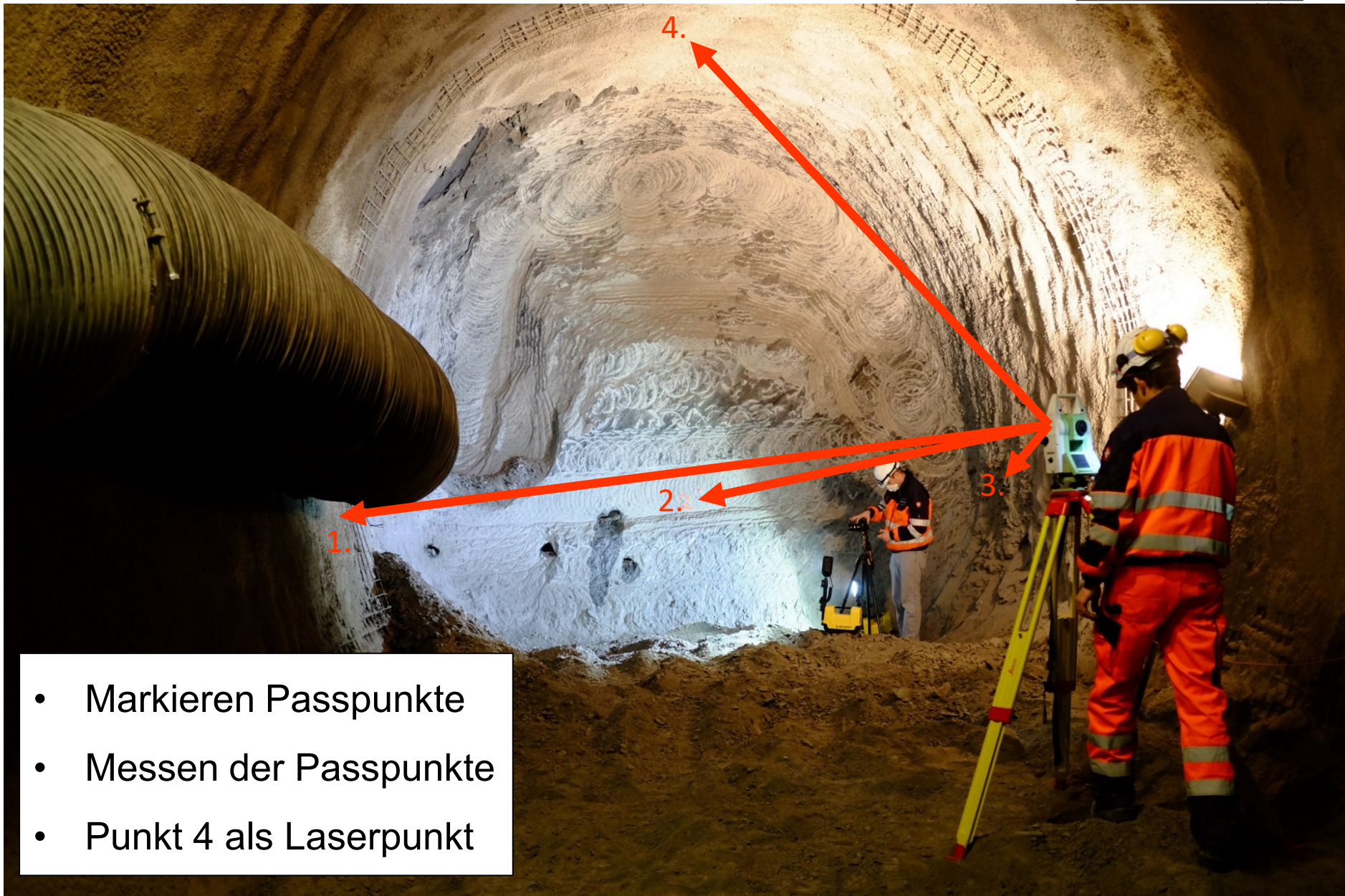


- Anpeilen von Reflektoren/Prismen
- Neueste Referenzdaten (Konvergenzen)



Geodätische Vermessung (4 Passpunkte)

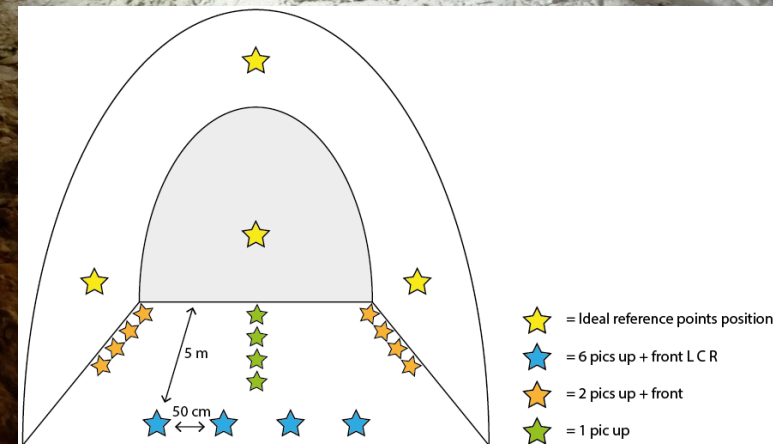
Mensuration (4 points de référence)



- Markieren Passpunkte
- Messen der Passpunkte
- Punkt 4 als Laserpunkt



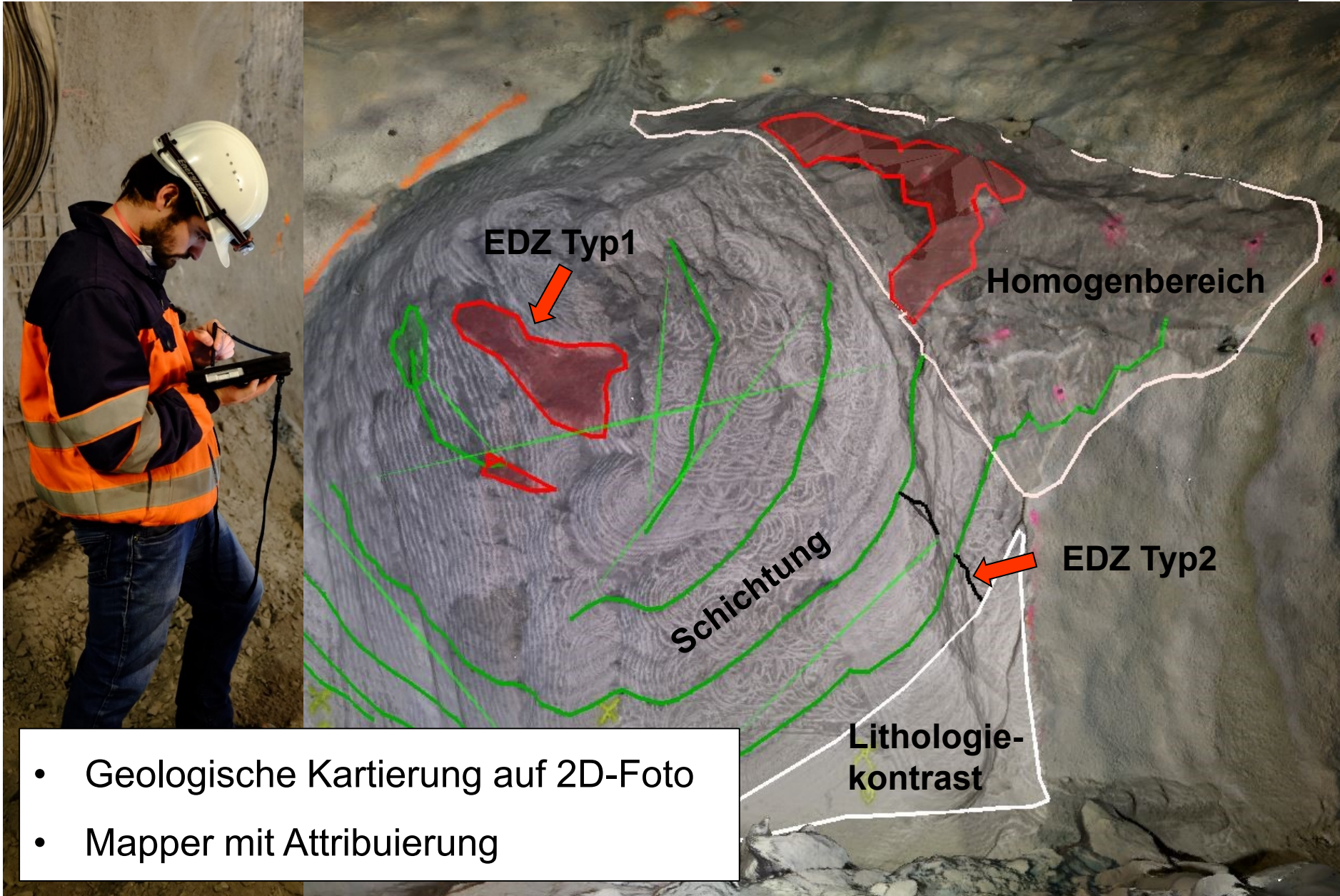
- Aufnahme der Tunnelfront (30-50 Bilder)
- Abstand Kamerapositionen 1:10
- Ad-hoc-Export der Bilder aufs Tablet





Geologische Kartierung mit Tablet

Cartographie avec la tablette



- Geologische Kartierung auf 2D-Foto
- Mapper mit Attribuierung

4. Erstellung des 3D-Bildes

- Laden der Bilder ab Toughpad und Import der Vermessungsdaten
- Grobe Rekonstruktion: Struktur aus überlagernden Fotos (Multiphoto)
- Dichte Rekonstruktion: Generierung Fläche (Multiphoto)
- Ermittlung der Stereopaare mit Passpunkten (Multiphoto)
- Punktzuordnung, Referenzierung (Referencer)
- Zuschneiden des Modells (Trimmer)

5. Nachbearbeitung und Ergänzung der geol. Aufnahme

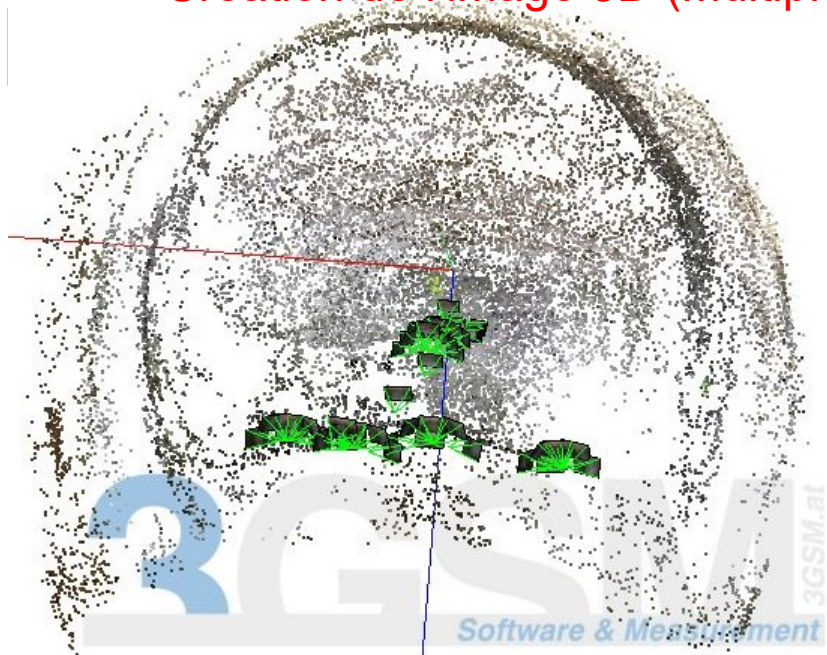
- Laden der 2D-Kartierung aus dem Labor (Analyst)
- Verbesserung und Ergänzung der Karte, Analyse (Analyst)

6. Verwaltung, räumliche Darstellung der Abschläge, Reporting

- Ablage und Visualisierung der Daten (CCR)
- Export Tagesbericht und in Move™



Erstellung des 3D-Bildes (Multiphoto) Création de l'image 3D (Multiphoto)

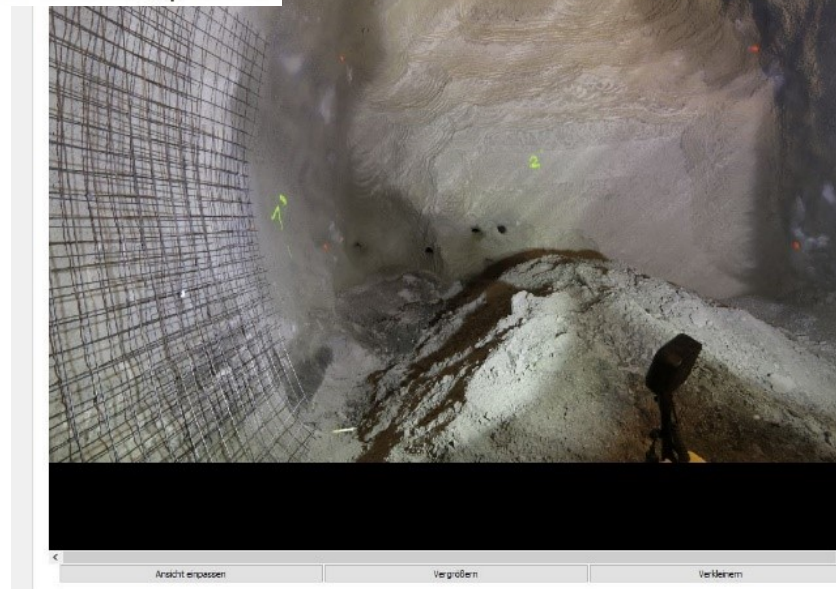


- Grobe Rekonstruktion mit Kamerapositionen
- Dichteverteilung der Punkte
- Dichte Rekonstruktion im Anschluss

10_GM_310-4(Ga10_GM_310-4.smm

ing ausführen.
ge Markierungen beibehalten.

- Bestimmung Stereobildpaare mit Passpunkten





Erstellung des 3D-Bildes (Referencer) Création de l'image 3D (Referencer)



SMX Referencer - C:/Users/LocalAdmin/Desktop/Ga18/Ga18_GM_310-4/Ga18_GM_310-4.jm3

Datei Bearbeiten Optionen Hilfe

Punkt 1 Teilbild: Stereopaar 1



Referenzpunkte

Globale Koordinaten

Referenzpunkte Kamerastandpunkte

Stereopaar 1

	E	N	H	Bezeichnung
1	257933...	124756...	514.818	1

Stereopaar 2

E	N	H	Bezeichnung
---	---	---	-------------

Stereopaar 3

E	N	H	Bezeichnung
---	---	---	-------------

Stereopaar 4

E	N	H	Bezeichnung
---	---	---	-------------

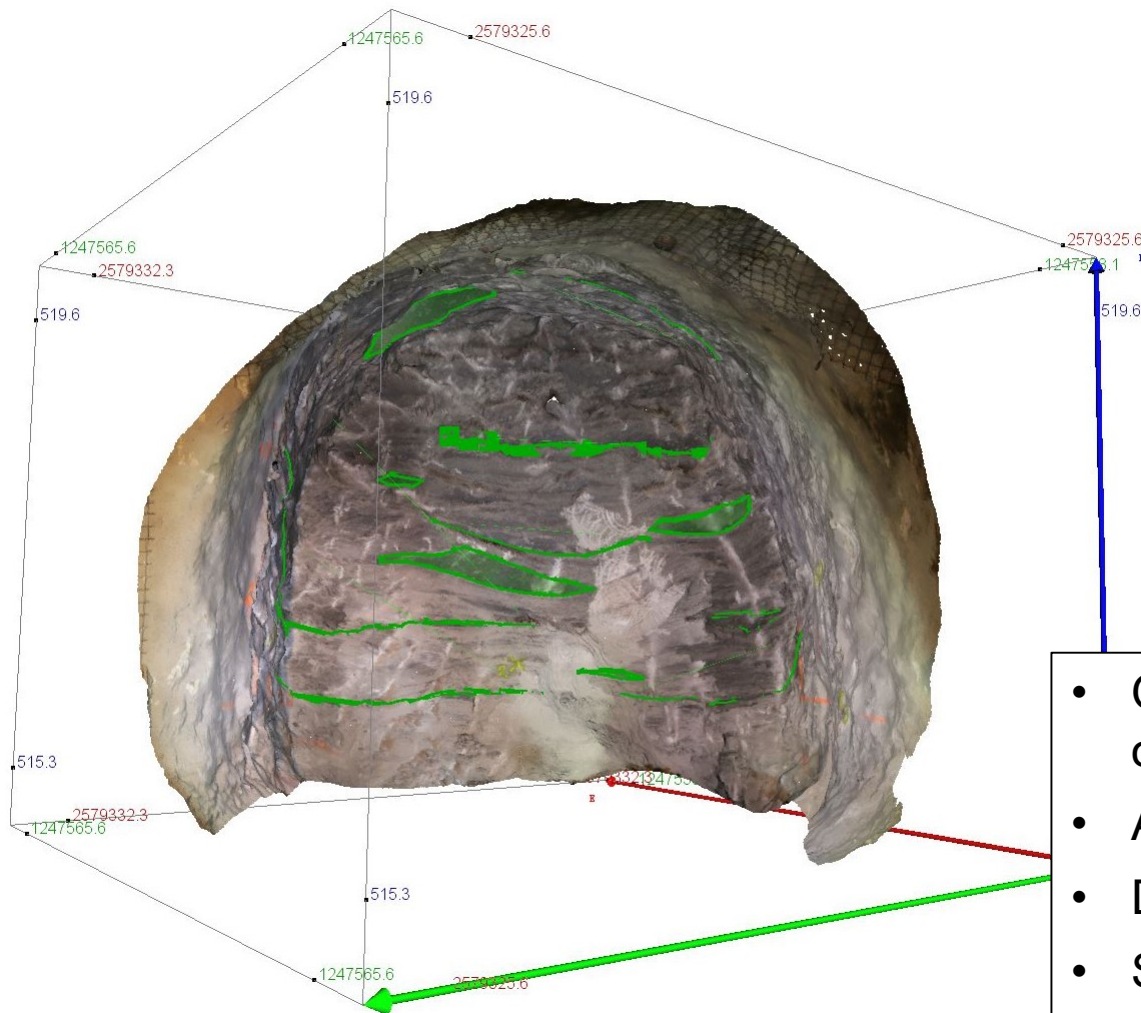
3. Importieren

	E	N	H	Bezeichnung
1	2579331...	1247564...	514.810	1
2	2
3	2579329...	1247560...	515.034	3
4	2579331...	1247567...	517.970	4

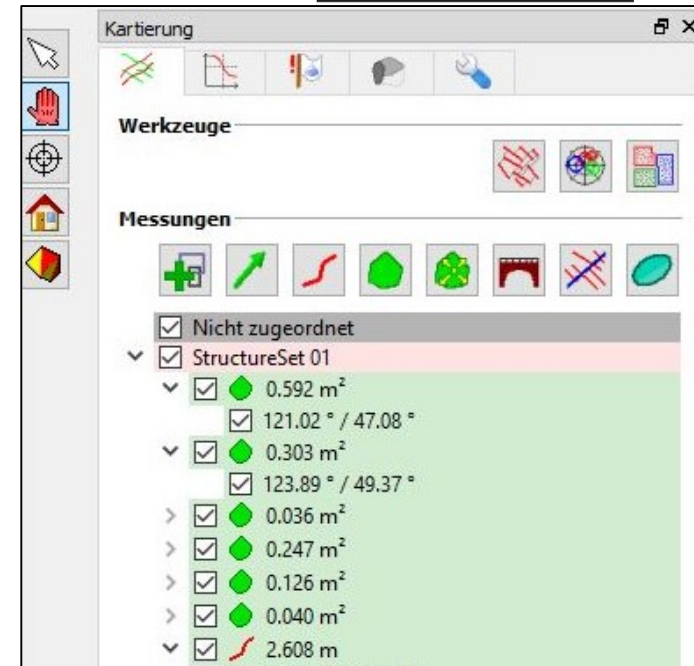
- Punktzuordnung, Referenzierung
- Manuelles Picking



3D-Bild nach Rekonstruktion (Analyst) Image 3D après reconstruction (Analyst)



- Laden der 2D-Karte
- Nachbearbeitung der Kartierung

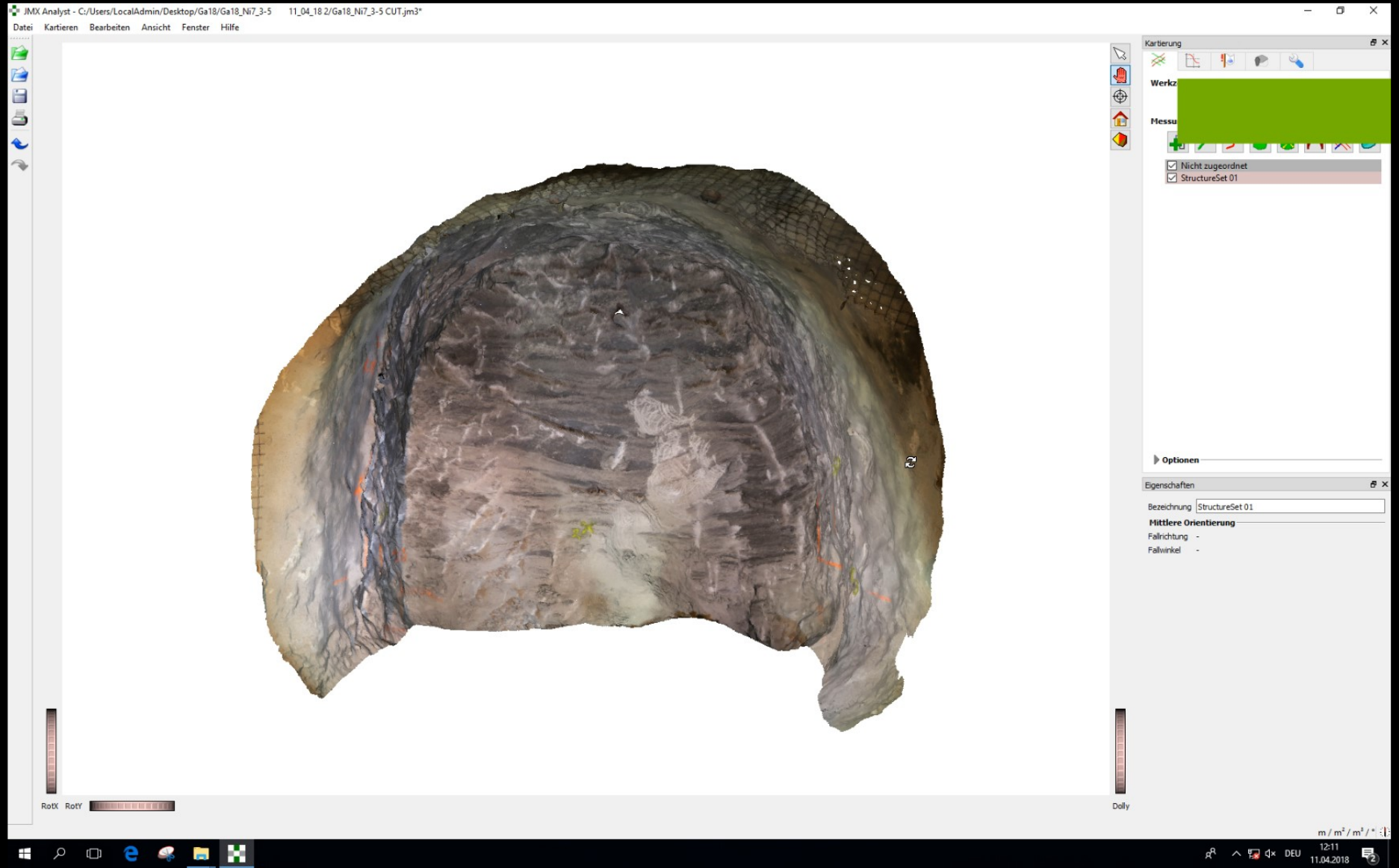


- Orientierungen aus Ausbisslinien oder Flächen, inkl. Standort (x,y,z)
- Attribuierung
- Distanzmessungen
- Scanlinien
- Stereoplots
- Volumenberechnung
- Querprofile



3D-Bild nach Rekonstruktion (Analyst)

Image 3D après reconstruction (Analyst)





Verwaltung der Daten und Export (CCR)

Gestion des données et l'export (CCR)



swisstopo CentralControlRoutine

File Options Help

Hierarchical View Custom View

Tunnels

▼ Galerie 18

Ga18 Main

Niche 2

Niche 3

Niche 4

Niche 5

Niche 6

▼ Niche 7

Ni7

Niche 8

Excavation types

296.90 m (Drill1)

299.40 m (Drill1)

301.30 m (Drill1)

303.60 m (Drill1)

305.20 m (Drill1)

308.0 m (Drill1)

310.40 m (Drill1)

311.60 m (Drill1)

314.40 m (Drill1)

316.40 m (Drill1)

Export... Report...

Position: 296.9 m

Added: 09.04.2018 08:32

Date of mapping: 29.03.2018 12:29

Excavation type: Drill1

Geologist: rar

Mapper image preview Notes Stereonet

Mapper image with annotations Update Previews

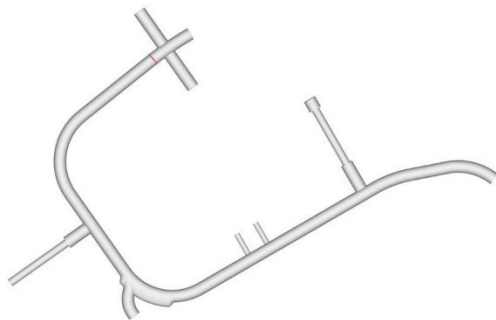
Content:

Ga18_GM_296_9_final.jm3

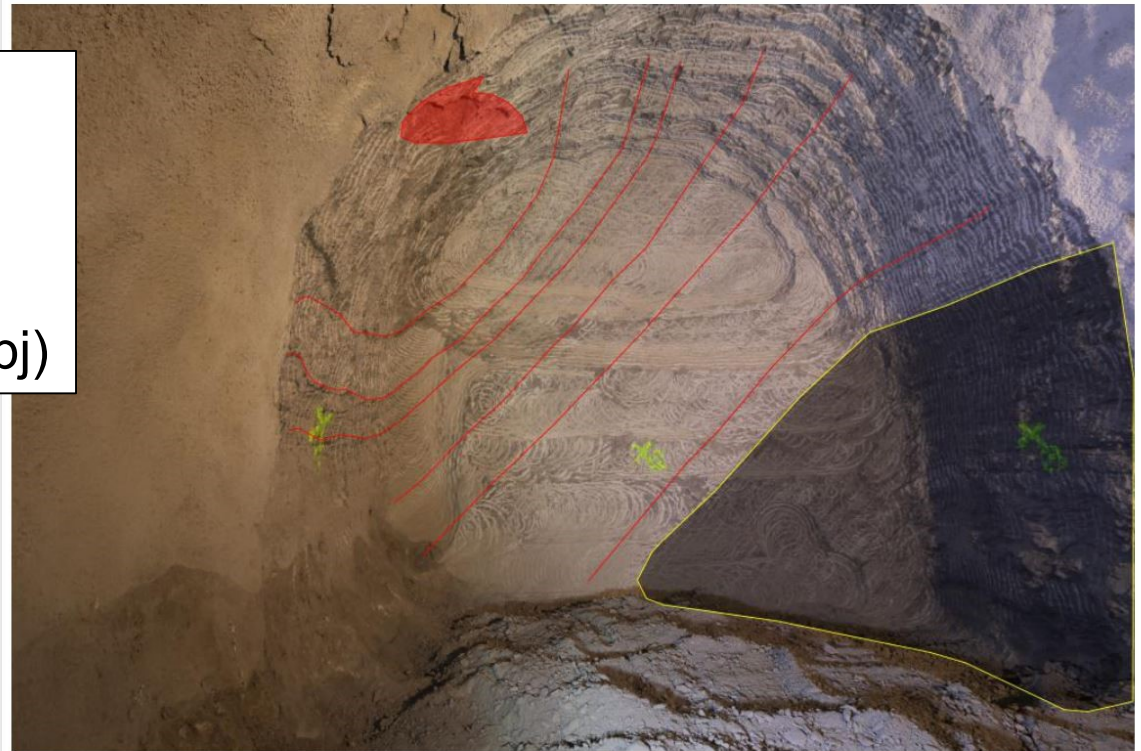
Ga18_GM_296_9_final.jms

29_03_180.jmm

- Laden/Verwalten von 3D-Abschlägen
- Karte mit Tunnelstand
- Generierung Tagesbericht
- Export Daten ins Move (.obj)



Challenge 296.90m



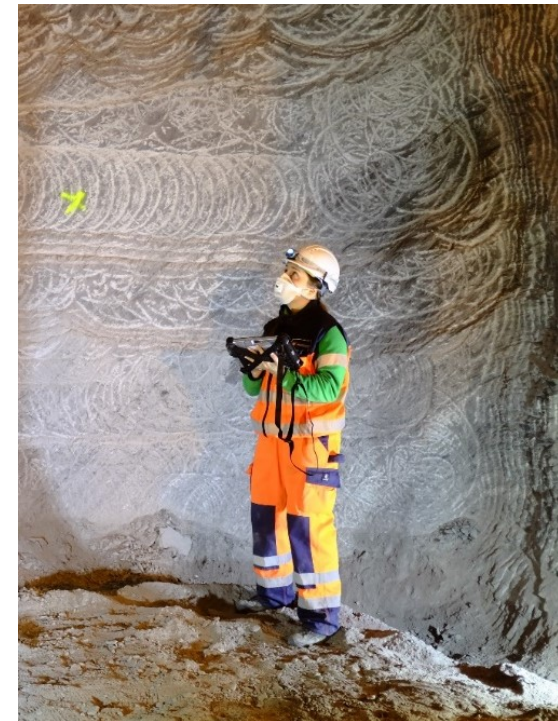
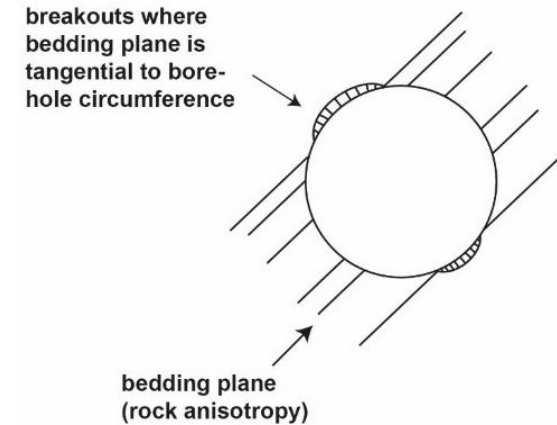


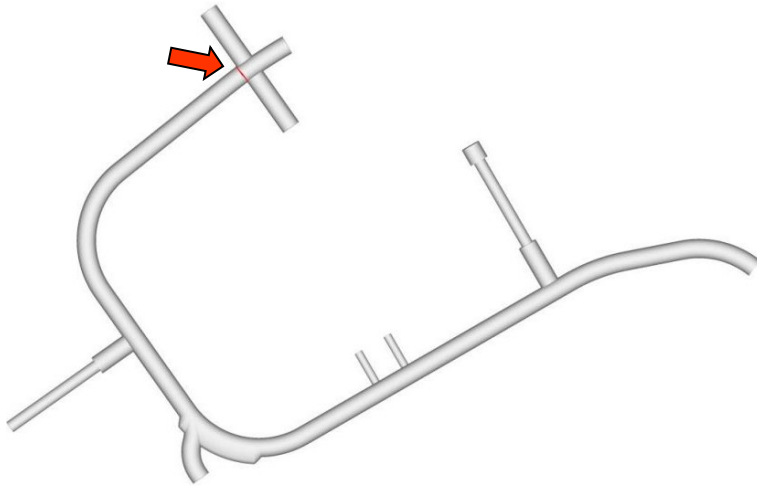
1. Einführung in geologische Tunnelkartierung und Ziele
2. Methode ShapeMetriX 3D von 3GSM™
3. Workflow der digitalen Tunnelkartierung am Mont Terri
4. Erste Resultate mit dem System
5. Beurteilung System und Schlussfolgerungen



Kartierungen mit dem System Cartographie avec le system

- Bereits 11 Abschläge, Längen zwischen 1.0 und 2.5 m
- Im Mittel zwischen 10 – 15 Strukturmessungen (Schichtung, tektonische Brüche, EDZ)
- Faziesgrenzen und Schichtung auch mit Teilschnittmaschinen-Vortrieb gut erkennbar
- Strukturell bedingte EDZ bei 11 Uhr
- Spannungsinduzierte EDZ bei Pfeilersituation
- Lückenlose Dokumentierung der Felsoberfläche (Spritzbetonmchtigkeiten)
- Tabletkartierung untertage ist wichtig
- Zusätzliche Detailfotos und allenfalls Kartierungen auf Papier weiterhin nötig



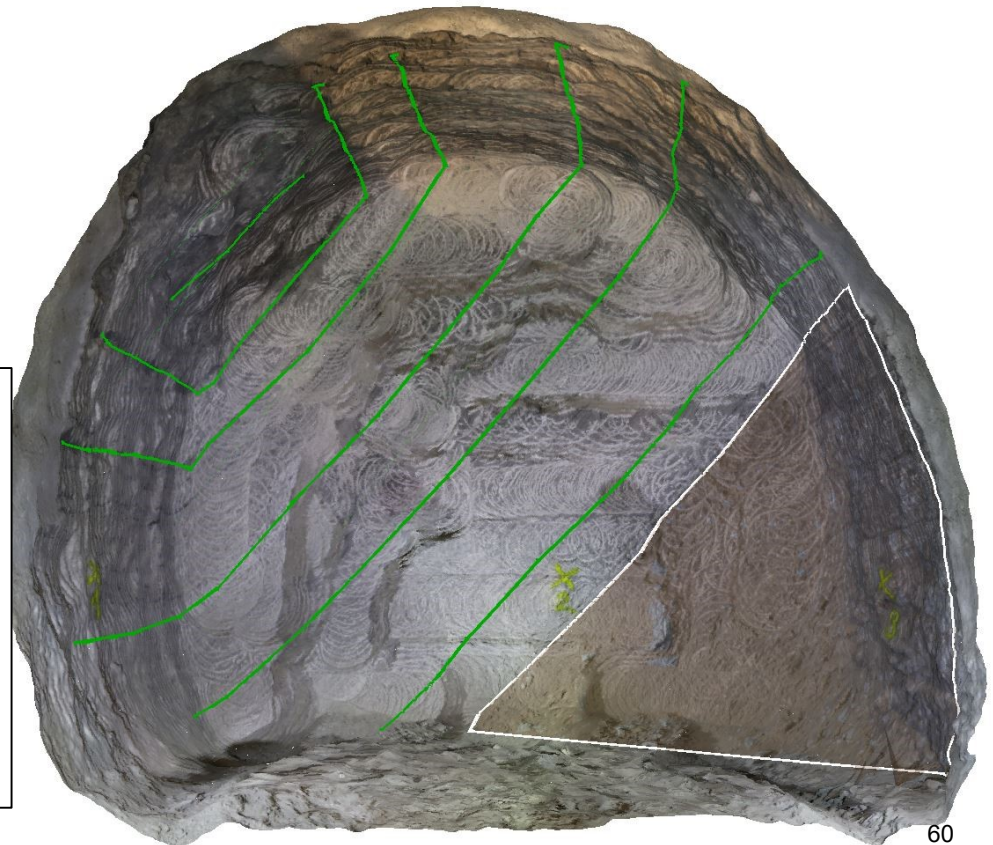


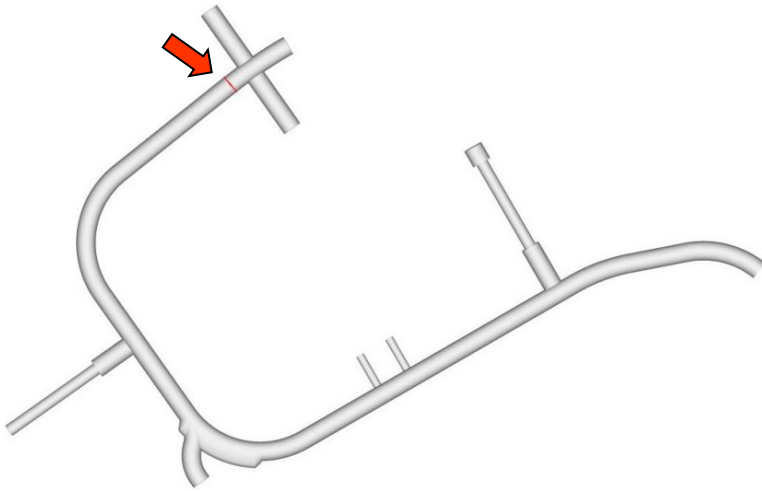
Chainage 301.30m



Vortrieb parallel zur Schichtung:

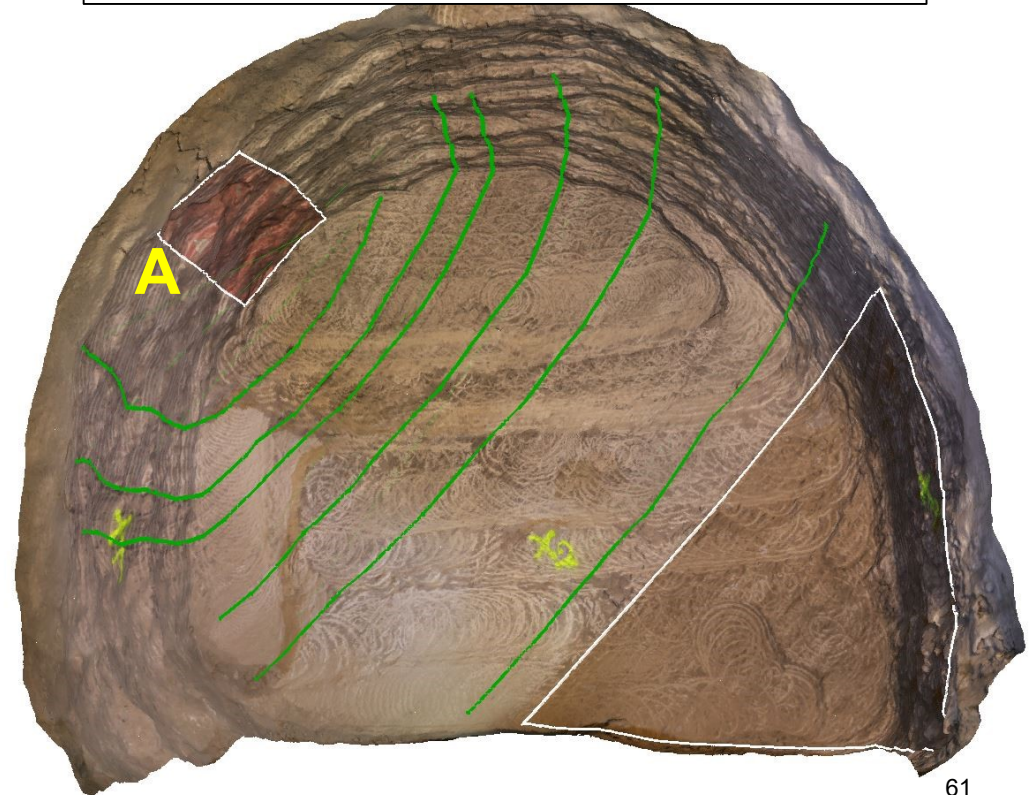
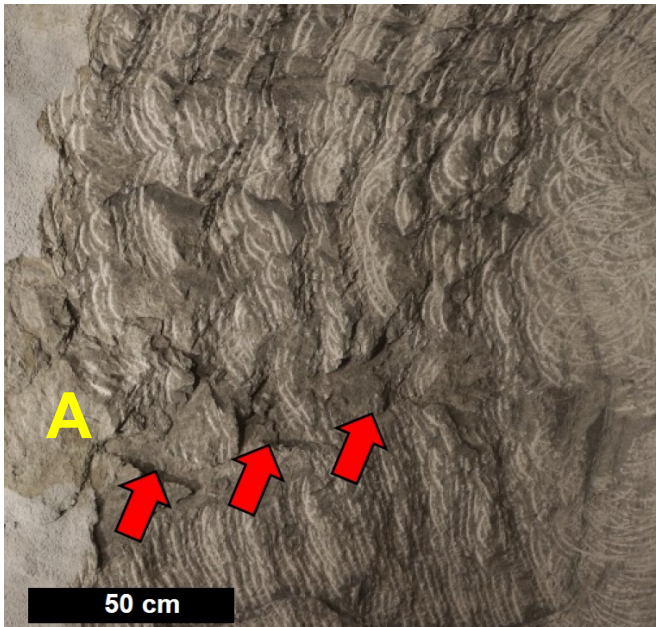
- Schichtung gut erkennbar, auch in Paramenten und Firste (karbonatreiche Lagen)
- Klarer Faziesübergang

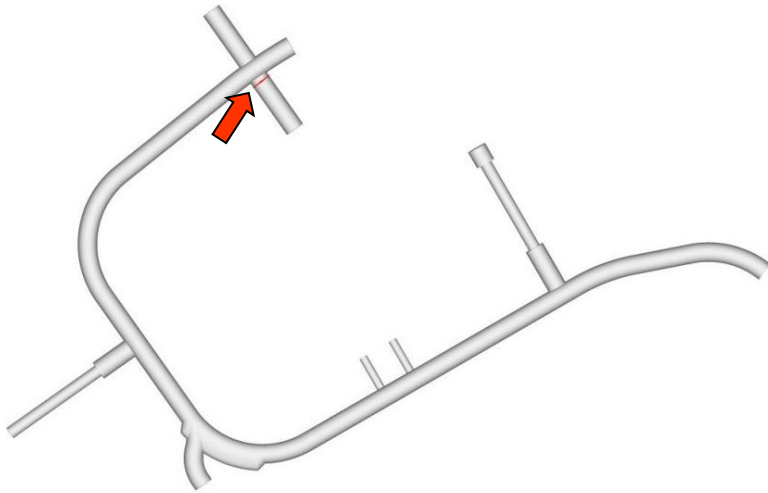




Vortrieb parallel zur Schichtung:

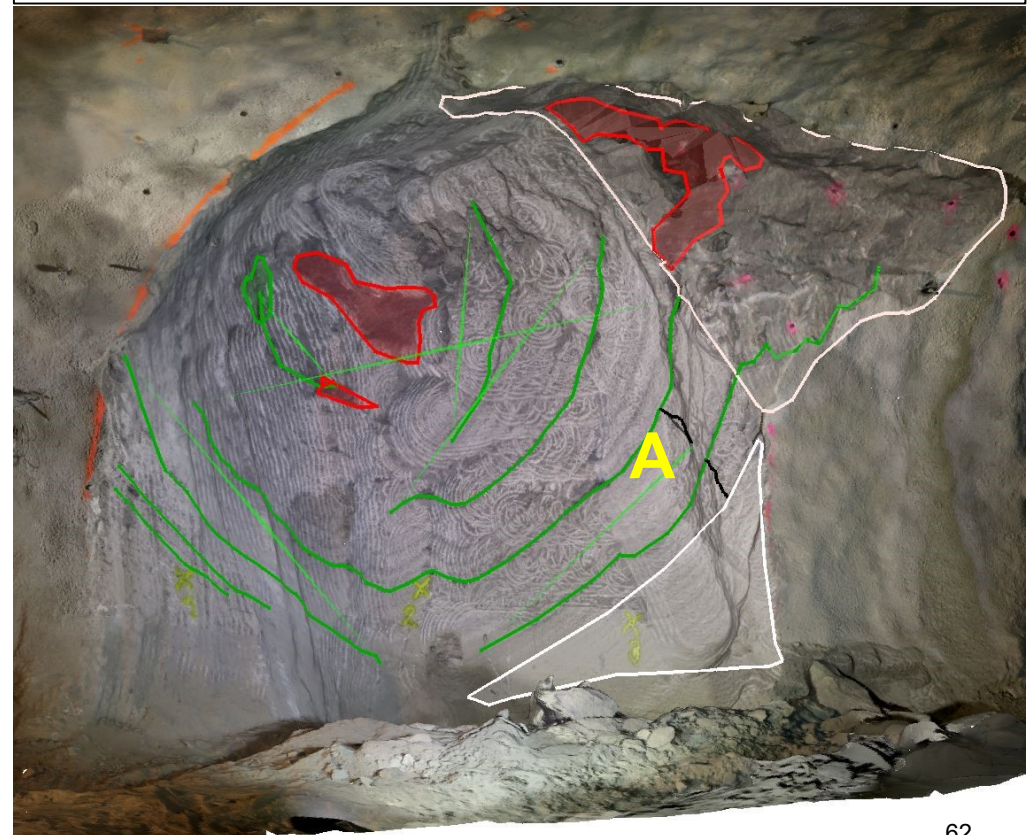
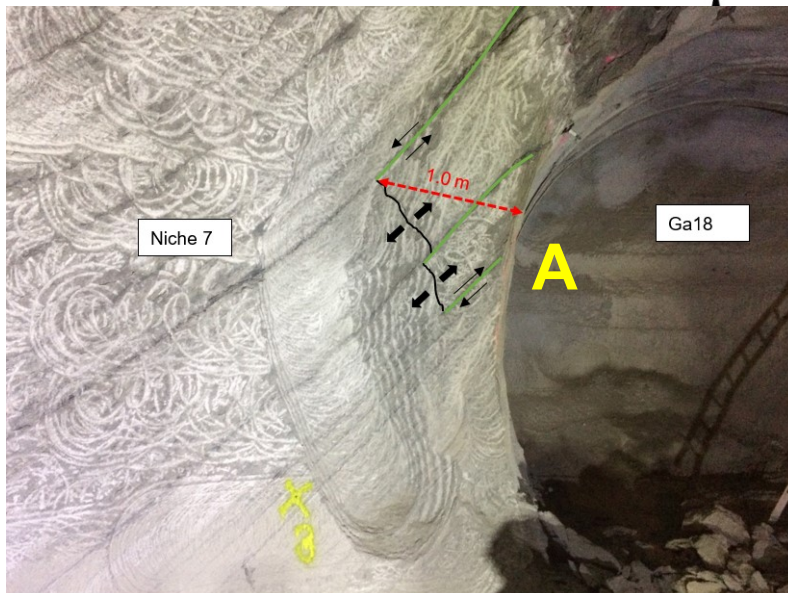
- Dito, sehr projizierbare Verhältnisse
- Strukturell bedingte Ausbrüche bei 10-11 Uhr





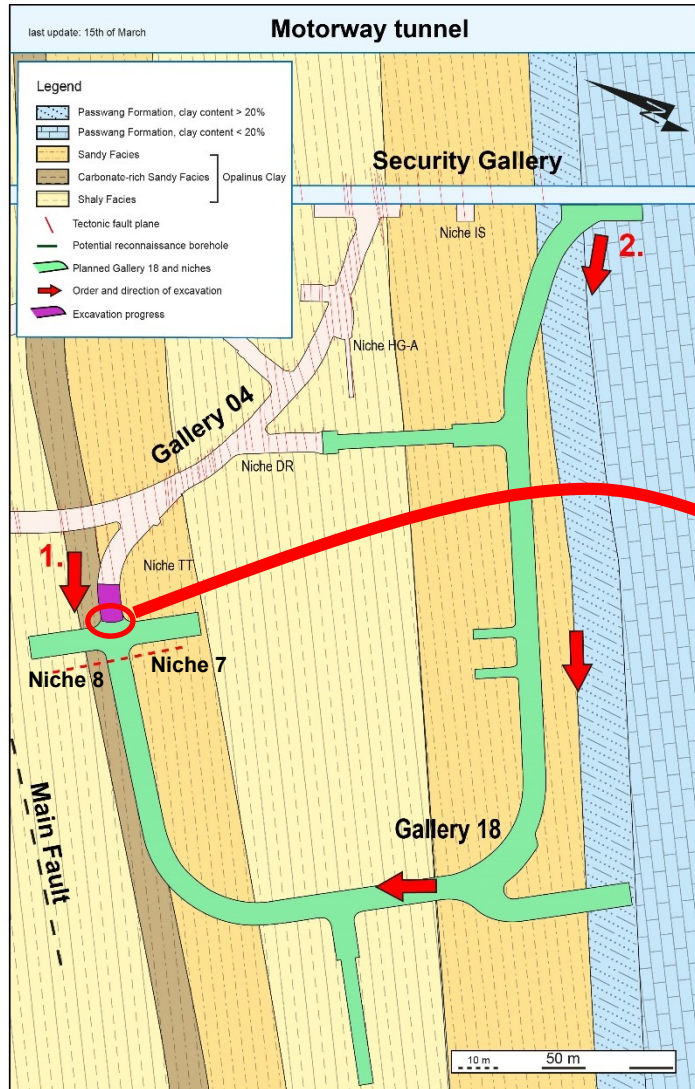
Vortrieb senkrecht zur Streichrichtung:

- Strukturell bedingte EDZ (rot)
- Spannungsbedingte EDZ (schwarz)
- Homogenbereiche (weiss)





Erstellung Tagesberichte Edition des rapports journaliers

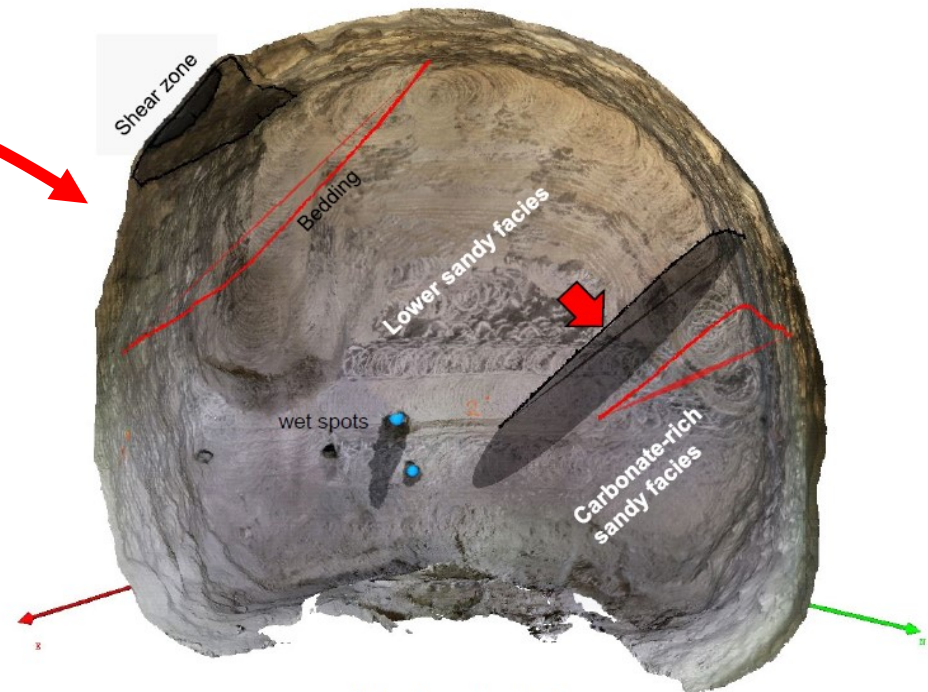


Daily report of excavation of Gallery 18

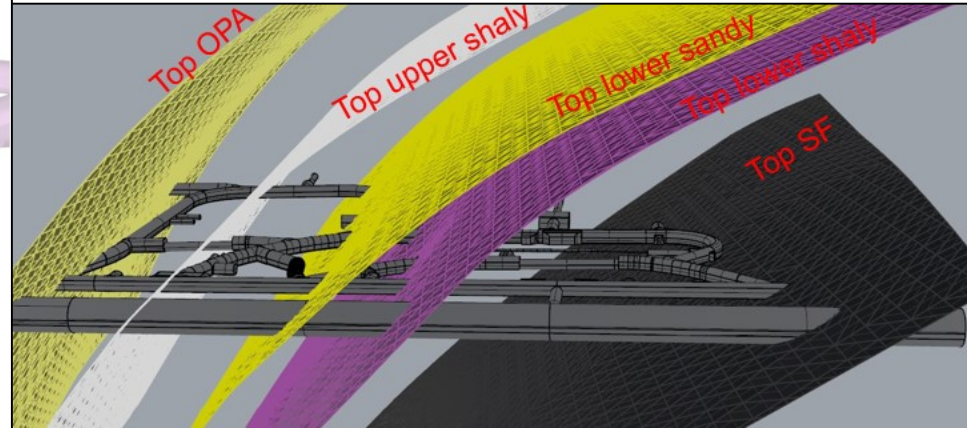
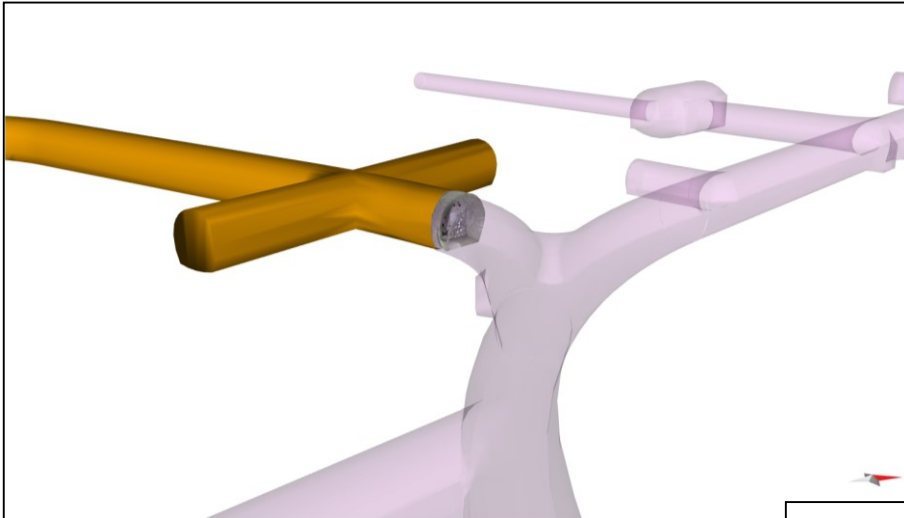
Daily report No.: 004
Date: 21/3/2018
Mapping time: 07:55 a.m.–08:35 a.m.
Excavation from: 310.4 m
Excavation start: 02:30 p.m.¹
06:00 a.m.²

Mapping Geologists: jgr, jad, rar
Gallery meter: Ga18_GM308.0
Daily exc. progress: 2.40 m/0.23 m/h
Excavation to: 308.0 m
Excavation end: 11:00 p.m.¹
08:00 a.m.²

Geology (formation): Opalinus Clay
Geology (facies): Carbonate-rich sandy facies / Lower sandy facies



Niche diameter = 5.4 m



- Anpassung des geologischen Modells
- Kontrolle des Tunnelverlaufs
- Erstellung von geol. Profilen
- Bestimmung der Spritzbetonmächtigkeiten





1. Einführung in geologische Tunnelkartierung und Ziele
2. Methode ShapeMetriX 3D von 3GSM™
3. Workflow der digitalen Tunnelkartierung am Mont Terri
4. Erste Resultate mit dem System
5. Beurteilung System und Schlussfolgerungen



Positive Erfahrungen mit dem System ShapeMetriX 3D Expériences positives avec le système ShapeMetriX 3D



- System ist zu 95% berührungslos → erhöhte Sicherheit
- 30 Minuten Kartierungszeit → Zeitersparnis
- Modellrekonstruktion läuft problemlos
- Oberflächen mit hohem Detaillierungsgrad
- Gute Sichtbarkeit von Lithologie und Strukturen auch in sandiger Fazies und mit Teilschnittmaschine
- Orientierungsbestimmung genau
- Nachbearbeitung mit Analyst praktisch
- Analyse der Daten einfach (z.B. Stereoplots, Scanlines)



Negative Erfahrungen mit dem System ShapeMetriX 3D Expériences négatives avec le système ShapeMetriX 3D



- Genaue Bestimmung der Passpunkte teils schwierig
 - Positionierung Theodolit, Geometrie, fester Stand
 - Referenzpunkte bewegen sich (Konvergenzen)
 - Freie Sicht durch Geräte eingeschränkt
- Schattenwurf bei Beleuchtung von unregelmässigen Oberflächen
- Ursprüngliche Performance-Probleme (Mapper + Analyst) konnten behoben werden
- Zeitplan bei Entwicklung konnte nicht eingehalten werden
- Personelle Ressourcen (Vermessung + ShapeMetrix 3D)
- Lange Rechenzeit



Schlussfolgerungen und Ausblick Conclusions et perspectives



- Nach Startschwierigkeiten ist das ShapeMetriX3D-System nun zu 100% operativ.
- Es wurden positive und negative Erfahrungen mit dem System gemacht und vieles am Ablauf und bei der Software wurde inzwischen optimiert.
- Die genaue Einmessung der Passpunkte bleibt eine Herausforderung.
- Generell ist das System ein grosser Schritt vorwärts (Sicherheit, Georeferenzierung, digitale Datenablage, Zeitersparnis).
- 25 m von total 514 m sind ausgebrochen, es gibt also noch viel zu dokumentieren bis Anfang 2019.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

swisstopo LG/FMT

David Jaeggi

Rue de la gare 63

2882 St. Ursanne

david.jaeggi@swisstopo.ch

<https://www.mont-terri.ch/>

