



AUSTRIAN
SOCIETY FOR
GEOMECHANICS



ÖSTERREICHISCHE
GESELLSCHAFT FÜR
GEOMECHANIK

Empfehlung für die baugeologische Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauwerken

2022



Empfehlung

**für die baugeologische Dokumentation
bei der Ausführung von Untertagebauwerken**

1. Auflage
2022

Leitung

HÖFER-ÖLLINGER Giorgio Geoconsult ZT GmbH

Mitglieder des Arbeitskreises

BERGMAIR Michael iC consulenten Ziviltechniker GesmbH

BILAK Andreas ZT Büro Dipl.-Ing. Andreas Bilak

BLAUHUT Andreas VERBUND Hydro Power GmbH

BUYER Andreas GDP ZT GmbH

DÖLZLMÜLLER Johannes AFRY Austria GmbH

EDER Stefan ILF Consulting Engineers Austria GmbH

FASCHING Florian 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH

FRIEDRICH Markus AFRY Austria GmbH

GAICH Andreas 3GSM GmbH

GUSENBAUER Franz igutech Mag. Franz Gusenbauer

HOLLMANN Fritz PORR AG

HOLZER Robert Geoconsult Wien ZT GmbH

HORNER Johannes recon-struct geologic consulting GmbH

KAINRATH-REUMAYER Stefan ÖSTU-STETTIN Hoch- und Tiefbau GmbH

KOCH Gerhard ASFINAG Bau Management GmbH

METT Michael DIBIT Messtechnik GmbH

PATZELT Johanna AFRY Austria GmbH

PISCHINGER Gerald Geoconsult ZT GmbH

PLINNINGER Ralf Dr. Plinninger Geotechnik

POINTNER Peter Geoconsult ZT GmbH

RIEPLER Franz GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH

SAMMER Georg	TB für Rohstofftechnik
SCHIERL Heimo	Brenner Basistunnel BBT SE
SCHINDLER Rolf	GBM Gesellschaft für Baugeologie und -meßtechnik
SCHOLZ Marcus	müller + hereth Ingenieurbüro für Tunnel- und Felsbau
SKUK Stefan	Brenner Basistunnel BBT SE
STADLMANN Thomas	Forstinger + Stadlmann ZT GmbH
STADLOBER Manfred	ÖBB-Infrastruktur AG
THURO Kurosch	Technische Universität München
WEH Markus	Marti Dienstleistungen AG
WEICHENBERGER Franz	Geoconsult ZT GmbH
WUNDERLE Maximilian	Firmengruppe Max Bögl

Beirat

JACOBS Sven	Ingenieurbüro für Baugeologie Dr. Sven Jacobs
STIPEK Wolfgang	PORR AG (i.R.)
TENTSCHERT Ewald	Technische Universität Wien (i.R.)
VANEK Robert	3G Gruppe Geotechnik Graz ZT GmbH
WAGNER Oliver-Kai	ÖBB-Infrastruktur AG
ZANGERL Christian	Universität für Bodenkultur Wien

Darüber hinaus ergeht herzlicher Dank an Bernd Moritz und Bernard Millen (beide ÖBB-Infrastruktur AG) für wertvolle Hinweise und Alexander Kluckner für die Finalisierung des Layouts.

© ÖGG, Salzburg, 01.09.2022

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. VORBEMERKUNGEN	1
2. NORMATIVE VERWEISE	1
3. ANWENDUNGSBEREICH	2
4. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN	2
5. ZIELSETZUNG	2
6. GRUNDLAGEN	2
6.1. Rahmen	2
6.2. Rolle des Geologen im Rahmen der Bauausführung	3
6.3. Qualifikation des dokumentierenden Geologen	3
7. AUFGABEN UND INHALT DER BAUGEOLOGISCHEN DOKUMENTATION	4
7.1. Allgemeine Aufgaben	4
7.2. Spezifische Aufgaben	8
7.2.1. Zyklischer Vortrieb	8
7.2.2. Kontinuierlicher Vortrieb	8
7.3. Dokumentation von Bergwasser und Gebirgstemperatur	9
7.4. Dokumentation von Gasen	9
7.5. Begleitendes Proben- und Versuchsprogramm	10
7.6. Aufnahme und Interpretation von Vorauserkundungsmaßnahmen	10
7.7. Berichtswesen	10
7.7.1. Allgemeines	10
7.7.2. Laufende Berichtserstattung	10
7.7.3. Zwischenberichte / periodische Berichte / Tunnelbänder	11
7.7.4. Schlussbericht	11

7.7.5.	Format der Unterlagen	12
8.	BEGLEITENDES PROBEN- UND VERSUCHSPROGRAMM	12
8.1.	Bedeutung und Zielsetzung	12
8.2.	Technische und fachliche Rahmenaspekte der Probenahme	13
8.3.	Untersuchungskonzept	13
8.4.	Probenahmedokumentation	13
8.5.	In situ Versuche	14
8.6.	Baustellentaugliche Feldversuche	14
8.7.	Laborversuche	15
9.	VORTRIEBSBEGLEITENDE ERKUNDUNGSMAßNAHMEN	16
10.	DIGITALE ERFASSUNG DER AUSBRUCHSFLÄCHEN	17
10.1.	Zielsetzung	17
10.2.	Methoden der digitalen Ortsbrusterfassung	17
10.2.1.	Photogrammetrie	17
10.2.2.	Laserscanning	18
10.2.3.	Videogrammetrie (TBM Vortriebe)	18
10.2.4.	Methodenvergleich	18
10.2.5.	Weitere Methoden	19
10.3.	Auswertung digitaler Ortsbrustmodelle	20
10.4.	Datenkonsistenz und -integrität	21
11.	DATENMANAGEMENT	22
11.1.	Einführung	22
11.2.	Generelle Anforderungen an Datenmanagement Systeme (DMS)	22
11.3.	Datenquellen und Datentypen	23
11.3.1.	Datenquellen Untertage	23

11.3.2. Datenquellen Obertage	24
11.3.3. Verantwortlichkeiten	24
11.4. Systematische Datenerfassung, Datenbanken, Analyse und Darstellung	24
11.5. Datenintegrität	25
11.6. Kompatibilität und Datenaustausch	26
11.7. Schnittstellen zu BIM	27
12. LITERATUR	27
ANHANG 1. ABKÜRZUNGEN	31
ANHANG 2. BEISPIELE FÜR PROTOKOLLE VON ORTSBRUSTAUFNAHMEN	33
A2-1. Laibungsabwicklung eines Überleitungsstollens im Festgestein, TBM Vortrieb	34
A2-2. Dokumentation mit Abschlagsbericht eines Straßentunnels im Festgestein, zyklischer Vortrieb im Kalottenquerschnitt	40
A2-3. Einvernehmliche Aufnahme AN- und AG-Geologe an der Ortsbrust und Abschlagsbericht des AG-Geologen im Festgestein, Maschinenvortrieb	43
A2-4. Dokumentation mit Abschlagsbericht eines Lockergesteinsvortriebes mittels EPB Maschinenvortrieb	48
A2-5. Mixed-face Konditionen (Bagger- und Sprengvortrieb), Kalotte eines Eisenbahntunnels	52
A2-6. Kalottenvortrieb im Festgestein für ein Kraftwerksprojekt, Sprengvortrieb	56
ANHANG 3. DOKUMENTATION IN DEN TVM TYPEN	59
A3-1. TBM-DS mit Tübbingausbau Doppelschild-Maschine	59
A3-1.1. Allgemeines	59
A3-1.2. Direkte Dokumentation	59
A3-1.3. Indirekte Dokumentation	61
A3-2. Einfachschild-Maschine	61
A3-3. TBM-O Gripper-Maschine	61

A3-3.1. Allgemeines	61
A3-3.2. Methodik	62
A3-3.3. Direkte Methoden	63
A3-3.4. Indirekte Methoden	66
A3-4. EPB-Schild-Maschine	68
A3-4.1. Allgemeines zur Dokumentation bei EPB-Schild-Vortrieben	68
A3-4.2. Direkte Dokumentation an der Ortsbrust	69
A3-4.3. Indirekte Vortriebsdokumentation	70
A3-5. Hydro/Mix-Schild-Maschine	72
A3-5.1. Allgemeines zur Dokumentation bei Hydro/Mix-Schild-Vortrieben	72
A3-5.2. Direkte Dokumentation an der Ortsbrust	73
A3-5.3. Indirekte Vortriebsdokumentation	74
A3-5.4. Dokumentation im Umfeld des TVM-Vortriebes	75
ANHANG 4. PROBENAHPME	76
A4-1. Beprobung von Lockergesteinen	76
A4-2. Beprobung von Festgesteinen	77
A4-3. Beprobung von Bergwässern	78
A4-4. Beprobung von Gasen	78
A4-5. Beprobung zur abfalltechnischen Beurteilung	78
ANHANG 5. VORTRIEBSBEGLEITENDE ERKUNDUNG	79
A5-1. Direkte Methoden	79
A5-1.1. Vollbohrung	79
A5-1.2. Kernbohrung	79
A5-1.3. Ausbau des Bohrlochs	80
A5-2. Indirekte Methoden	80

A5-2.1. Seismische Verfahren	80
A5-2.2. Geoelektrik	81
A5-2.3. Georadar	81
A5-2.4. Gravimetrie	81
A5-2.5. Bohrlochgeophysikalische Messverfahren	81
A5-2.6. INSAR Monitoring	82
A5-2.7. Geotechnisches Monitoring	82
A5-2.8. Rockburstmonitoring	83
ANHANG 6. INHALTE DES TUNNELBANDS	84

1. VORBEMERKUNGEN

Die Fachsektion Ingenieurgeologie der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik hat im September 2018 einen Arbeitskreis "Baugeologisch-hydrogeologische Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauvorhaben" eingesetzt. Dieser Arbeitskreis hat nach Erhebung des Standards der geotechnischen Planung auf Basis der diesbezüglichen Richtlinien der ÖGG befunden, dass eine Darstellung des Standes der Technik der baugeologischen und hydrogeologischen Dokumentation sinnvoll und hilfreich ist, um ein einheitliches Verständnis aller Projektbeteiligten und eine übereinstimmende Vorgehensweise zu erzielen.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird im vorliegenden Leitfaden die gewohnte männliche Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

2. NORMATIVE VERWEISE

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich.

Erlass Zl. 800.040/35-VI/B/7a/97 Allgemeine bautechnische Angelegenheiten; Geotechnische Maßnahmen

ÖGG Leitfaden für die Ermittlung geologisch-geotechnischer Grundlagen für die Planung tiefliegender Tunnel

ÖGG Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb

ÖGG Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb

ÖNORM B 2203-1, Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 1: Zyklischer Vortrieb

ÖNORM B 2203-2, Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb

ÖNORM EN 1997-2, Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

ÖNORM EN ISO 14688-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung

ÖNORM EN ISO 14688-2, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen

ÖNORM EN ISO 14689, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels

ÖNORM EN-ISO 22475-1, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung

3. ANWENDUNGSBEREICH

Diese Empfehlung betrifft die baugeologische und hydrogeologische Dokumentation von Untertagebauarbeiten in der Projektphase Bauausführung.

Nachfolgende Untertagebauarbeiten werden von dieser Empfehlung nicht behandelt: Bohr- und Brunnenbau, Geothermie, Erdölgewinnung, Gasgewinnung oder -speicherung; Untertagebauarbeiten als Gründungsmaßnahmen im Hochbau.

4. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Hinsichtlich der Begriffsbestimmungen wird auf die Normen [1] und [2] sowie auf die Richtlinien [3] und [4] hingewiesen.

5. ZIELSETZUNG

Ziel des gegenständlichen Leitfadens ist die baugeologische Dokumentation gemäß [1] und [2]. Für die Planung von Untertagebauvorhaben liegen mit den Richtlinien [3] und [4] bereits Grundlagen vor, welche die maßgeblichen Arbeitsabläufe zur Gebirgscharakterisierung enthalten. Die vorliegende Empfehlung bildet dazu eine Ergänzung für die Phase der Bauausführung. Dabei wird insbesondere auf die Erfassung des Gebirges durch den Geologen und auf die abwicklungstechnischen und sicherheitsrelevanten Rahmenbedingungen eingegangen.

6. GRUNDLAGEN

6.1. Rahmen

In den Werkvertragsnormen für zyklische und kontinuierliche Untertagearbeiten [1] und [2] wird festgehalten, dass eine Dokumentation der baugeologischen Verhältnisse vom Auftraggeber zu veranlassen ist. Eine projektspezifische Charakterisierung von Gebirgsarten soll primär als Grundlage zur Festlegung von Maßnahmen im Vortrieb dienen. Darauf aufbauend ist die Kurzzeitprognose zu erstellen. Darüber hinaus dient die baugeologische Dokumentation im Sinne der Normen zum Vergleich der prognostizierten mit den tatsächlich angetroffenen Verhältnissen. Die Normen sehen vor, dass Dokumentationen sowohl dem Auftraggeber als auch dem Auftragnehmer gleichsam zur Verfügung stehen.

Beide Werkvertragsnormen verlangen eine Gebirgscharakterisierung nach den ÖGG Richtlinien für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem bzw. kontinuierlichem Vortrieb [3] und [4]. Die ÖGG Richtlinien verstehen die baugeologische Dokumentation primär als Teil eines Sicherheitsmanagements. Dabei werden die Gebirgsverhältnisse mit den in der Prognose definierten Schlüssel- bzw. Identifikationsparametern sowie weiteren ergänzenden Parametern beschrieben und den projektspezifisch definierten Gebirgsarten zugewiesen. In der Dokumentation festgestellte Verhältnisse, die zu Änderungen des baugeologischen Modells führen, haben nach einem festgelegten Ablauf eine Anpassung der Baumaßnahmen zur Folge und dienen als eine der Grundlagen zur Fortschreibung der Planung und zur Änderung des Tunnelbautechnischen Rahmenplanes.

Die Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden und Fels erfolgt im Rahmen der baugeologischen Dokumentation grundsätzlich nach den europäischen Normen [5], [6] und [7] unter Berücksichtigung der nationalen Regeln zur Umsetzung der europäischen Normen.

6.2. Rolle des Geologen im Rahmen der Bauausführung

Der Aufgabenbereich des Geologen entspringt der jeweiligen Funktion. Hinsichtlich der Dokumentation ist jedenfalls Folgendes relevant:

- Eine objektive Dokumentation der baugeologischen Verhältnisse liegt unabhängig von der Rolle des Geologen im Interesse aller Beteiligten.
- Die Dokumentation der baugeologischen Verhältnisse muss in Art und Umfang transparent und nachvollziehbar dargestellt werden.

Sofern Geologen von AG und AN im Rahmen desselben Projektes von AG und AN beauftragt werden, so sollen Methodik und Ergebnisse der Dokumentation untereinander abgestimmt und z.B. in einer einheitlichen Legende festgehalten werden. Über diese Punkte soll, wenn möglich, das Einvernehmen erzielt werden.

Geologische Leistungen sind durch Geologen durchzuführen. Grundsätzlich sollte für Dienstleistungen des Bereichs Geologie und des Bereichs Bauwesen (z.B. Bauüberwachung) unterschiedliches Personal eingesetzt werden.

6.3. Qualifikation des dokumentierenden Geologen

Der „Leitende Geologe“ („Geologe 1“) und dessen Stellvertreter benötigen einschlägige Berufserfahrung, wobei nicht selten vom AG Erfahrungen in vergleichbaren Gebirgsverhältnissen und/oder vergleichbaren Bau-/Vortriebsverfahren gefordert werden. Entsprechende Berufserfahrung ist auch für die übrigen Teammitglieder vonnöten, wobei ein Teil des Teams aber auch durch junge, noch wenig erfahrene Geologen besetzt werden kann, um somit den Nachwuchs an Fachkräften sicherzustellen.

Die Mindestanforderung an den eingesetzten Geologen ist ein abgeschlossenes Bachelor- und Masterstudium der Erdwissenschaften oder vergleichbar. Berufseinsteiger müssen durch erfahrene Kollegen eingeschult und nicht zuletzt auch aus Sicherheitsgründen begleitet werden.

Für die digitale Ausarbeitung von geologischen Längenschnitten und Tunnelbändern sind Grundkenntnisse der entsprechenden Software (z.B. CAD, GIS, BIM...) erforderlich, ebenso wie Kenntnisse bzw. die Einarbeitung in spezielle Tunneldokumentationssoftware.

7. AUFGABEN UND INHALT DER BAUGEOLOGISCHEN DOKUMENTATION

7.1. Allgemeine Aufgaben

Die Aufgaben der baugeologischen Dokumentation bestehen im Wesentlichen aus der Befundaufnahme (z.B. Ortsbrustaufnahme, Messungen etc.) und einer auf dieser Basis aufbauenden, weiterführenden Bearbeitung (Definition Gebirgsart, Modellbildung, Kurzzeitprognose, Auswertungen etc.). Sie umfassen im Wesentlichen folgende Elemente:

a. Vorbereitende Aufgaben:

- Vorbereitung und Einrichten der baugeologischen Dokumentation entsprechend aktueller Normen und Vorschriften sowie entsprechend aktueller Anforderungen aus dem Projekt.
- Studium der Projektunterlagen (Bauvertrag, Unterlagen der vorgängigen Planungsphasen, Bescheide), insbesondere der durchgeführten Baugrunderkundungen.

b. Befundaufnahme:

- Aufnahme bei zyklischen Vortrieben.
- Aufnahme bei kontinuierlichen Vortrieben.
- Aufnahme von Aufschlüssen Unter- und Obertage.
- Aufnahme von Bohrungen.
- Informationsaustausch mit der Vortriebsmannschaft und Überwachungspersonal (z.B. Poliere, Drittführer, Bauleiter, Mineure, ÖBA, Geotechniker).
- Mitwirkung und Durchführung bei Probenahmen und Untersuchungen gemäß Kapitel 8.
- Dokumentation von geologischen, petrographischen, hydrochemischen oder sonstigen Besonderheiten (z.B. Gase, lungengängige Mineralien, Mineralisation, Radioaktivität, etc.)

Die baugeologische Dokumentation braucht gemäß [1] und [2] ausreichend Zeit an der Ortsbrust bzw. am Aufschluss. Diese Zeit ist den Geologen seitens AG und AN einzuräumen, soweit dies hinsichtlich Standsicherheit des offenen Abschlags vertretbar ist.

Bei der baugeologischen Aufnahme soll stets vom „Großen“ ins „Kleine“ beobachtet werden. Die Beobachtung beginnt aus der Ferne, um die offensichtlichen Strukturen und Eigenschaften des anstehenden Gebirges zu erfassen. Im Fortlauf der Dokumentation nähert sich der Geologe dem aufgeschlossenen Gebirge (Ortsbrust, Laibung), im eigenen Ermessen, soweit es die Arbeitssicherheit erlaubt, an.

Alle für die Durchführung der Feldversuche gemäß [5], [6] und [7] erforderlichen Hilfsmittel (z.B. Hammer, Lupe, Salzsäure, Taschenmesser, Kratzbesteck, Gefügekompas, Kartierbrett, Taschenpenetrometer, Taschenflügelsonde, Lf- und pH-Messgerät, Fotoapparat...) sind entsprechend den geologischen Gegebenheiten bei der Kartierung vor Ort anzuwenden. Darüber hinaus können auch Gas- und Strahlenmessgeräte erforderlich sein.

Die aussagekräftige Handskizze (Feldaufnahme) und eine ausführliche Klassifikation gemäß [5], [6] und [7] und Beschreibung der Verhältnisse ist das Ergebnis der baugeologischen Dokumentation vor Ort. Darüber hinaus werden auch projektspezifische Klassifikationen angewendet.

Bei den Formblättern zur Erfassung der Gesteins- und Gebirgseigenschaften können sowohl frei auszufüllende Formulare als auch Multiple-Choice-Formulare angewendet werden (Beispiele für Feldaufnahmeblätter und Reinzeichnungen in Anhang 2). Diese Formblätter sind laufend auf die jeweiligen projektspezifischen Verhältnisse anzupassen. Freiraum für die Beschreibung von außergewöhnlichen Baugrundverhältnissen sollte in den Formblättern gegeben sein. Zur Vergleichbarkeit sollte das Formblatt stets den Bezug zu den Vertragsunterlagen beinhalten. Erfasst werden sowohl Schlüssel- bzw. Identifikationsparameter gemäß [3] und [4] wie auch allfällige ergänzende Parameter, die projektspezifisch zu wählen sind (Beispiele in Anhang 2).

Nachfolgende Inhalte eines Feldaufnahmeblattes sind als Mindeststandard anzusehen:

- Rahmendaten (z.B. Projekt, Tunnel, Vortriebsrichtung und -art, Station, Art der Gebirgslösung, Abschlagslänge, Regelquerschnitt, Teilquerschnitt, Teilflächen, Datum, Uhrzeit, Name, ...).
- Maßstäbliche Skizze des aufgeschlossenen Gebirges.
- Gesteinsbeschreibung – getrennt für Locker- und Festgestein. Störungsgestein [8], [9], [10], nach den normgemäßen Locker- und Festgesteinsbeschreibungen und der jeweiligen Genese sowie der jeweiligen projektspezifischen Klassifikation.
- Gebirgsbeschreibung, mit Erfassung der Orientierung und Charakterisierung des Trennflächengefüges.

- Erfassung der hydrogeologischen Verhältnisse.
- Erfassung der in der Planung definierten und vor Ort erhebbaren Schlüssel- bzw. Identifikationsparameter und Bestimmung der aktuellen Gebirgsart gemäß der ÖGG Richtlinien [3] und [4] bzw. aller relevanter Parameter.
- Beschreibung der für das beobachtete Systemverhalten im Ausbruchsbereich maßgeblichen Baugrundverhältnisse.
- Sonstige jedenfalls durchzuführende Erhebungen: Probenahmen, Fotodokumentation.

Darüber hinaus werden je nach Projektanforderung ergänzende Inhalte projektspezifisch erfasst:

- Bautechnische Maßnahmen (z.B. vorauseilende Sicherungsmittel, Gebirgsvergütung, Eiskörper, ...).
- Profilmäßhaltigkeit, Nachbrüchigkeit und Mehrausbruch.
- Erkundungsmaßnahmen.
- Entwässerungsmaßnahmen.

Die Erfassung der vier oben genannten Punkte ersetzen nicht die abrechnungsrelevante Dokumentation durch AN und ÖBA.

Je mehr Befundaufnahmen zur Verfügung stehen, desto aussagekräftiger können die angetroffenen Verhältnisse bewertet werden.

Die Frequenz der Aufnahmen sollte in Bezug zur Komplexität des anstehenden Gebirges und zur Vortriebsgeschwindigkeit gewählt werden.

Es sind Wasserzutritte im Vortrieb (auch in der Sohle) zu erfassen und diese Zutritte und Feuchtestellen sind in regelmäßigen Intervallen bis zum Einbau der Innenschale zu dokumentieren. Dies ist auch für die Planung des sekundären Tunnelentwässerungssystems notwendig.

Weitere technische Hilfsmittel – wie zum Beispiel digitale Aufnahmetechnologien von Ortsbrust und Laibung (Kapitel 10) – sind eine Ergänzung zur konventionellen baugeologischen Dokumentation. Sie sind kein Ersatz für die Dokumentationsarbeit vor Ort.

c. Bestimmung der aktuellen Gebirgsart

Gemäß [3] erfolgt im Rahmen der baugeologischen Dokumentation die Bestimmung der aktuellen Gebirgsart. Die zu erhebenden Parameter sind auf die im Ausschreibungsprojekt festgelegten „Identifikationsparameter“ sowie „ergänzenden Parameter“ abzustimmen. Zusätzlich kann

die Erhebung weiterer Parameter, welche das Systemverhalten beeinflussen, erforderlich werden. Für die Erhebung der Parameter ist eine nachvollziehbare und nach Möglichkeit quantifizierbare Form (numerische Werte oder Wertebereich, vordefinierte Klassen) heranzuziehen.

Die dokumentierten Gebirgseigenschaften werden mit den in der Planung definierten Gebirgsarten verglichen. Anhand der Identifikationsparameter sowie unter Berücksichtigung des in der Planung festgelegten Größenmaßstabes einer Gebirgsart wird die aktuell angetroffene Gebirgsart bestimmt (siehe auch: [11]).

d. Darstellung Gebirgsverhältnisse und Kurzzeitprognose:

In Ergänzung zur regelmäßigen baugeologischen Dokumentation ist eine Modellvorstellung für das außerhalb des Ausbruchsquerschnittes befindliche Gebirge zu entwickeln [3]. Basierend auf dem aktuellen Ortsbrustbefund, den bisherigen Dokumentationserkenntnissen, Erkundungsergebnissen, Erkenntnissen aus dem Ausbruchsmaterial, Betriebsdaten maschineller Vortriebe, Hinweisen aus den geotechnischen Beobachtungen etc. sind die Gebirgsverhältnisse über den Hohlraumrand hinaus darzustellen (mindestens 0,5 Ausbruchdurchmesser). Darüber hinaus ist eine Kurzzeitprognose für das unmittelbar aufzufahrende (vor der Ortsbrust befindliche) Gebirge zu erstellen, die als Entscheidungsgrundlage für die nachvollziehbare Festlegung von bautechnischen Maßnahmen dient. Die Kurzzeitprognose soll einen Bereich von ca. 1 – 2 Ausbruchdurchmesser vor der aktuellen Ortsbrust umfassen. Baugeologische Angaben, die über den gegenwärtigen Ausbruch hinausreichen, sind als Extrapolation und Prognose zum gegebenen Zeitpunkt zu verstehen und daher vom Dokumentationsbefund des Ausbruchbereiches eindeutig unterscheidbar abzugrenzen.

Dabei sind auch Ergebnisse aus den Versuchen in Baustellen- oder externen Labors einfließen zu lassen (z.B. Wasserlagerungsversuch, Point Load Test, Cerchar Test, Taschenpenetrometer etc.) – siehe Kapitel 8, Anhang 4 bzw. [12].

e. Weiterführende Bearbeitung:

Darüber hinaus können folgende Aufgaben im Rahmen der baugeologischen Dokumentation erforderlich werden:

- Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse (z.B. Längsschnitte, Grundrisse, Abwicklungen, 3D-Modelle, Kulissenprofile, Blockbilder, Gefügediagramme).
- Darstellung der gesammelten Informationen im geologischen Tunnelband.
- Auswertung digitaler Aufnahmen von Ortsbrust und Laibung (siehe Kapitel 10).
- Führen und Verwalten von Datenbanken zu den Themenbereichen Geologie und Hydrogeologie (siehe Kapitel 11).

- Analyse und statistische Auswertung der gesammelten Informationen.
- Darstellung der Ergebnisse in verschiedenen Berichten.
- Warnung bei Feststellen von geänderten Baugrundverhältnissen und unplanmäßigen Vorgängen oder unerwarteten Ergebnissen aus der Vorauserkundung.
- Erstellung von Soll-Ist-Vergleichen.
- Präsentation der Ergebnisse bei Besprechungen.
- Information und Beratung der Projektbeteiligten.

7.2. Spezifische Aufgaben

7.2.1. Zyklischer Vortrieb

Beim zyklischen Vortrieb erfolgt die baugeologische Dokumentation je nach Art der Gebirgslösung in verschiedenen Phasen. Erfolgen Ausbruch und Sicherung in Teilflächen mit sofortiger Sicherung der jeweils geöffneten Teilfläche, ist nur eine Dokumentation Teilfläche für Teilfläche mittels Zeichnung, Beschreibung und Fotografien sowie gegebenenfalls auch mittels Videoaufnahmen möglich. Der Abschlag kann als Ganzes über alle Teilflächen oder nur zum Teil dokumentiert werden. Wird der Abschlag vollflächig geöffnet (z.B. im Festgestein im Sprengvortrieb), so erfolgt die geologische Dokumentation im Zeitraum zwischen dem Schuttern und dem Einbau der Stützmittel. Der zeitliche Aufwand für die Dokumentation von Teilflächenvortrieben ist in erheblichem Maße größer als bei der vollflächigen Dokumentation der Ortsbrust.

Zusätzliche Möglichkeiten der baugeologischen Dokumentation bieten indirekte Aufschlüsse wie das Bohren von Sprenglöchern, Ankerlöchern, Rohrschirmrohren, Tast- oder Drainagebohrungen.

7.2.2. Kontinuierlicher Vortrieb

Die Wahl der geeigneten Methode der baugeologischen Dokumentation ist von einer Vielzahl maschinentechnischer, geotechnischer, verfahrenstechnischer und logistischer Rahmenbedingungen abhängig. Sie stellt eine hochwertige fachtechnische Aufgabe dar. Die Dokumentations-tätigkeit an der Ortsbrust kann beim kontinuierlichen Vortrieb nur während eines Stillstands erfolgen. Die Zugänglichkeit von Ortsbrust, Abbaukammer und Laibung hängt maßgeblich vom Maschinentyp ab. Auch die Qualität des Schutterguts ist stark vom Maschinentyp abhängig. Daher wird in Anhang 3 zwischen den einzelnen Maschinentypen unterschieden, wobei nur auf die Begutachtungsmöglichkeiten in der Maschine und am Schuttergut eingegangen wird.

7.3. Dokumentation von Bergwasser und Gebirgstemperatur

Im Zuge der Dokumentation der Vortriebe sind alle einsehbaren Wasserzutritte zum Tunnelbauwerk (z.B. aus Bohrungen, im Ausbruchsbereich und entlang bereits aufgefahrener Strecken) zu erfassen. Die Schüttung ist nach Möglichkeit zu messen, zumindest aber abzuschätzen. In Abhängigkeit der Projektanforderungen sollten Probenahmen und Messungen zur Bestimmung der hydrochemischen Parameter erfolgen (Vor-Ort-Messungen: Temperatur, pH-Wert und Leitfähigkeit; Laboruntersuchungen). Schüttungsmengen und ggf. Druckniveaus sind über längere Zeiträume zu dokumentieren (Einsatz von automatisierten Messeinrichtungen; bei preventergeschützten Bohrungen, Kontrolle des Absenkerfolges durch Wiederaufspiegelungsversuche etc.). Dies gilt sowohl für die Wasserzutritte im Vortriebsbereich als auch für die abschnittsbezogene Erfassung der Schüttungsmengen in Baudrainage und Tunnelentwässerung.

Die Messung der Gebirgstemperatur kann einerseits indirekt über die zutretenden Bergwässer und andererseits mittels Bohrungen in der Tunnellaubung erfolgen.

Die in der baugeologischen Dokumentation gewonnenen hydrogeologischen und geothermischen Daten stellen eine wichtige Grundlage für spezielle geotechnisch-hydrogeologische Fragestellungen (Betonaggressivität, Versinterungspotential, Kontaminationen, Voraussentwässerungen, Vergütung des Untergrundes, Überprüfung der Wechselwirkung Baugrund – Bauwerk = Systemverhalten etc.) dar. Des Weiteren sind die Auswirkungen des Tunnelvortriebes auf das hydrogeologische Umfeld (Absenkung des Druckniveaus) sowie auf allfällige Wassernutzungen zu registrieren und gegebenenfalls (unzulässige Beeinflussungen) Vorschläge zur Verbesserung bzw. Anpassung der Wasserhaltungsmaßnahmen Untertage zu erarbeiten.

7.4. Dokumentation von Gasen

Im Tunnelbau können giftige und/oder explosive Gase auftreten, auch wenn diese auf Grund der Prognose nicht zu erwarten waren. Dies gilt vor allem für kontinuierliche Vortriebe, bei denen sich giftige Gase in der räumlich begrenzten Abbaukammer anreichern oder ggf. im Rahmen des Abbauprozesses entstehen können. Da Geologen meist als Erste im hinsichtlich giftiger Gase kritischem Bereich dokumentierend tätig sind, ist das Tragen von Handmessgeräten zur Gasmessung zu empfehlen. Diese Messgeräte dienen einerseits dem Eigenschutz, andererseits der Dokumentation potenzieller Gasvorkommen. Die Dokumentation ersetzt keinesfalls jene Gasmessungen, die durch den AN Bau im Sinne des Arbeitnehmerschutzes durchzuführen sind.

Bei der Vorauserkundung sind in Abhängigkeit der geologischen Rahmenbedingungen gegebenenfalls Gasmessungen am Bohrlochmund zu veranlassen.

7.5. Begleitendes Proben- und Versuchsprogramm

Im Zuge der baugeologischen Dokumentation ist das in Kapitel 8 beschriebene Proben- und Versuchsprogramm durchzuführen bzw. zu veranlassen und im Zuge der Dokumentationsarbeit einzupflegen. Eine Zusammenfassung der Probenahme befindet sich in Anhang 4.

7.6. Aufnahme und Interpretation von Vorauserkundungsmaßnahmen

Im Zuge der Vortriebsarbeiten können neben den vortriebsbezogenen Bohrungen sowohl Drainagebohrungen als auch Erkundungsbohrungen dokumentiert werden. Darüber hinaus sind direkte und indirekte Vorauserkundungsmaßnahmen (Kapitel 9 sowie Anhang 5) im Zuge der baugeologischen Dokumentation zu veranlassen, fachtechnisch zu betreuen, zu erfassen und im Zuge der Dokumentationsarbeit einzupflegen.

7.7. Berichtswesen

7.7.1. Allgemeines

Die Ergebnisse einer baugeologischen Dokumentation sind während der Vortriebsarbeiten zeitnah darzustellen und an die Projektbeteiligten (AG, ÖBA, TSV, AN, GTU) zu übergeben. Darüber hinaus gibt es periodische Berichte und nach Abschluss der baugeologischen Dokumentation einen Schlussbericht mit schriftlicher, grafischer und tabellarischer Darstellung sowie den baugeologischen Tunnelbändern.

Je nach Projekterfordernis bzw. auch behördlichen Auflagen können Zwischenberichte während der geologischen Dokumentation wöchentlich, monatlich, quartalsmäßig oder auch zu regelmäßigen Besprechungen, sowie bei besonderen Vorkommnissen (z.B. unerwartete Verhältnisse wie Verbrüche oder Wassereinbrüche, baugrundbezogenen Mehrkostenforderungen) erforderlich werden.

7.7.2. Laufende Berichtserstattung

Der Geologe vor Ort liefert die Dokumentation der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse, die Fortschreibung des baugeologischen und hydrogeologischen Modells und deren Prognose. Die laufende Darstellung der angetroffenen baugeologischen Verhältnisse mit Hilfe von Ortsbrustaufnahmen (Beispiele in Anhang 2), den dazugehörigen Datenblättern und der Fotodokumentation bilden die erste Ebene des Berichtswesens.

Im Rahmen von geotechnischen Besprechungen (z.B. Geotechnikbesprechung, Geotechnik-Viertelstunde) erfolgt regelmäßig die zusammenschauende Diskussion mit allen Beteiligten hinsichtlich

- der angetroffenen baugeologischen Verhältnisse,

- der Verformungen Unter- und Obertage,
- des beobachteten Systemverhaltens sowie
- die Beurteilung der Wirkungsweise aller Maßnahmen von Ausbruch, Stützung und Bauablauf.

Die zeichnerische Darstellung der baugeologischen Verhältnisse in Schnitten oder Abwicklungen hat kontinuierlich, möglichst zeitnah zur baugeologischen Aufnahme und bereits während der Vortriebsphase zu erfolgen. Dies ist auch ein Erfordernis, die sich aus den Vorgaben in [1] und [2] sowie [3] und [4] ergibt.

7.7.3. Zwischenberichte / periodische Berichte / Tunnelbänder

Zweck dieser Berichte ist es während der baugeologischen Dokumentation die wesentlichen Projektbeteiligten sowie Behörden (z.B. Wasserrechtsbehörde) über die laufenden Ergebnisse zu informieren. Diese Berichte stellen eine wesentliche Grundlage für die Fortschreibung der Planung dar.

Wesentliche Inhalte für Zwischenberichte bzw. periodische Berichte sind unter anderem:

- Beschreibung der angetroffenen baugeologischen Gebirgsverhältnisse
- Abgrenzung von Gebirgsbereichen
- Soll-Ist-Vergleich der vortriebsrelevanten Parameter
- Darstellung außergewöhnlicher Ereignisse und der angetroffenen Überprofile bergseitig der Grenzfläche A
- Darstellung von allfälligen Laborergebnissen aus mineralogischen, geomechanischen bzw. hydrochemischen Analysen
- Prognosefortschreibung

Eine Art von Zwischenbericht stellen auch die abschnittsweise zu erstellenden Tunnel- oder Stollenbänder dar. Neben einer grafischen Darstellung der dokumentierten geologischen Verhältnisse (üblicherweise Vertikal- und Horizontalschnitt oder Abwicklung) erfolgt hier auch die Darstellung der relevanten Parameter entlang der Bauwerksachse. Dasselbe gilt sinngemäß für Schächte. Die Inhalte sind projektspezifisch zu definieren, wobei eine Vergleichbarkeit mit den prognostizierten und ausgeschriebenen Parametern gegeben sein muss. Typische Inhalte von Tunnel- oder Stollenbändern befinden sich in Anhang 6.

7.7.4. Schlussbericht

Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten sind die Ergebnisse der baugeologischen Dokumentation sowie aller ergänzenden Untersuchungen wie beispielweise Erkundungsmaßnahmen und Laborversuche gesamtheitlich in einem Schlussbericht darzustellen.

Wesentliche Inhalte für den Schlussbericht sind unter anderem:

- Eine zusammenfassende Beschreibung der angetroffenen baugeologischen Verhältnisse.
- Eine grafische Darstellung der angetroffenen baugeologischen Verhältnisse in Form von Tunnelbändern, Längenschnitten (vertikal, horizontal), Abwicklungen etc.
- Ein detaillierter Vergleich des Prognosemodells und der angetroffenen Verhältnisse.
- Darstellung aller Messergebnisse (z.B. hydrochemische Messungen, Schüttungsmessungen) und Analysen (z.B. Mineralbestand, Geochemie, geomechanische Parameter).
- Fotodokumentation

7.7.5. Format der Unterlagen

Auch in der baugeologischen Dokumentation werden Gebirgsverhältnisse zunehmend digital bzw. automatisiert erfasst und digitalisiert dargestellt. Unterlagen sind in weiterverarbeitbarer bzw. in mit anderen Programmen kompatibler Form zu erstellen und diese mit anderen Projektbeteiligten zu teilen.

Vor Beginn der Dokumentation ist das Einvernehmen unter den Projektbeteiligten herzustellen, in welcher Form die Dokumentations- bzw. Berichtsteile zu erstellen sind. Die Unterlagen sind gemäß Kapitel 7.7.1 an die Projektbeteiligten zeitnah zu übermitteln (siehe auch Kapitel 7.7.2).

Projektspezifisch konfigurierte Datenplattformen zur Datenweitergabe und -ablage stellen derzeit bereits die gelebte Praxis auf Großbaustellen dar.

8. BEGLEITENDES PROBEN- UND VERSUCHSPROGRAMM

8.1. Bedeutung und Zielsetzung

Begleitende Feld- und Laboruntersuchungen dienen der Erfassung von Gesteins- und Gebirgseigenschaften, die im Zuge der Feldansprache mit den üblichen Hilfsmitteln des dokumentierenden Geologen nicht, bzw. nicht mit hinreichender Genauigkeit erfasst werden können.

Derartige Untersuchungen können auf eine repräsentative Untersuchung ein oder mehrerer Parameter einer Gesteins- oder Gebirgsart oder auf eine selektive Untersuchung spezifischer Fragestellungen ausgerichtet sein. Untersuchungen, die dem Anspruch auf Repräsentativität genügen sollen, erfordern dabei in aller Regel einen höheren Abstimmungs- und Probenahmeaufwand.

Hinsichtlich der Untersuchungsverfahren ist zwischen in situ Verfahren (z.B. Gebirgsspannungsmessungen, Inklinometermessungen), baustellentauglichen Feldversuchungsverfahren (z.B. Wasserlagerungsversuch, Punktlastversuch) und i.d.R. nur in spezialisierten Labors ausführbaren Laborversuchungsverfahren (z.B. Triaxialversuch) zu unterscheiden.

Feld- und Laboruntersuchungen, die für den bauvertraglichen Soll-Ist-Vergleich durchgeführt werden, sollen in Beisein beider Vertragspartner durchgeführt werden. Teilweise sind derartige Untersuchungsprogramme auch bereits in der Ausschreibung verankert. Sofern Untersuchungen von einem Vertragspartner als erforderlich angesehen werden, besteht eine Mitwirkungspflicht für den jeweils anderen Vertragspartner, die sich zumindest auf die Prüfung vorgelegter Beprobungskonzepte und die Teilnahme an der Probenahme selbst bezieht.

Baubegleitende Feld- und Laboruntersuchungen sind so zu planen, durchzuführen und zu dokumentieren, dass sie für beide Parteien, als auch für Dritte transparent und nachvollziehbar sind.

8.2. Technische und fachliche Rahmenaspekte der Probenahme

Probenahmen erfolgen für verschiedenste Medien, die bei Ausbruch und Stützung eines untertägigen Hohlraums angetroffen oder eingebracht werden. Hierzu zählen insbesondere Lockergesteine (Boden), Festgesteine (Fels), Berg- und Betriebswässer, zutretende Gase sowie Abfallstoffe. Details zur Probenahme befinden sich in Anhang 4.

8.3. Untersuchungskonzept

Es hat sich in der Praxis bewährt, vor Durchführung der Probenahme ein zusammenfassendes Untersuchungskonzept zu erarbeiten, in dem folgende Aspekte dargestellt sind:

- zu beprobendes Gestein/Gebirge;
- Ziel der Untersuchung (selektiv / repräsentativ);
- Art, Anzahl und Lokalisation der Probenahmeorte;
- Art, Anzahl und referenzierte Prüfvorschrift der Untersuchungen;
- Untersuchungsinstitut;
- ggf. Definition der Auswertemethoden

Über die Kernpunkte des Untersuchungskonzepts hinsichtlich bauvertraglich relevanter Soll-Ist-Vergleiche ist zwischen den Vertragspartnern das fachliche Einvernehmen herzustellen.

8.4. Probenahmedokumentation

Probennahmen, die dem Soll-Ist-Vergleich dienen, sollen in Anwesenheit und Abstimmung von Vertretern beider Bauvertragspartner entnommen, einvernehmlich protokolliert und beiderseits bestätigt werden. Entnommene Proben sollen vor Ort verpackt und mit einem wasser- und abriebfesten Lackstift o.Ä. beschriftet werden. Diese Beschriftung soll folgende Mindestangaben umfassen:

- Projektbezeichnung / Kürzel
- Eindeutige und nachvollziehbare Probenbezeichnung / lfd. Nr.
- Entnahmedatum
- Entnahmestation / Tunnelmeter
- Entnahmeart (Lesestein, Schuttermgut, Bohren, Hammer, Keil, Handbohrer ...)

Es hat sich bewährt, die Probenahme in einem entsprechenden Formblatt zu dokumentieren, in dem die o.a. Angaben sowie zusätzlich Entnahmeuhrzeit, Bearbeiter, Gesteinsart und Probenabmessungen festgehalten werden. Die zu entnehmenden Proben sind einzeln photographisch in situ sowie nach der Probenahme zu dokumentieren. Bei Proben, die für den Soll-Ist-Vergleich herangezogen werden, ist das Formblatt für die Probenahme von Vertretern beider Bauvertragspartner zu unterzeichnen, jeder Partei ist ein Exemplar des unterschriebenen Formblatts auszuhängen.

8.5. In situ Versuche

Mit Hilfe von in-situ Versuchen lassen sich Eigenschaften und Verhalten von Gestein und Gebirge bestimmen. Die Darstellung im Hohlraumbau eingesetzter Monitoringmethoden ist nicht Gegenstand dieser Empfehlung, es wird auf die ausführlichen Darstellungen in [13] verwiesen.

Ergänzend zu den dort dargestellten Verfahren sind aus dem Bereich der Ingenieurgeologie und Geotechnik folgende in situ Verfahren anzuführen:

- Hydraulische in situ Verfahren, wie Auslauf- oder Wasserabpressversuche [14]
- In situ Spannungsmessungen, z.B. Überbohr-Entlastungsversuche gemäß [15], Hydrofrac-Versuche [16], etc.

8.6. Baustellentaugliche Feldversuche

Ergänzend zu den in den gängigen Normen [5], [6] und [7] beschriebenen Feldversuchen sind eine Reihe von fels- und bodenmechanischen sowie wasserchemischen Analyseverfahren aufgrund der Art der Versuchsgeräte für einen Einsatz auf der Baustelle geeignet [17]. Nachstehende Tabelle 1 gibt einen Überblick über derartige Versuchsverfahren.

Tabelle 1: Übersicht über typische ergänzend eingesetzte, baustellentaugliche Feldversuchungsverfahren in Boden, Fels und Wasser.

Versuch	Parameter	Anwendbare Norm
Lockergestein		
Taschenpenetrometer	Einaxiale Druckfestigkeit (< 0,5 MPa)	-
Taschenflügelsonde	undräßnierte Scherfestigkeit	-
Festgestein		
Wasserlagerungsversuch	Veränderlichkeit	[7]
Punktlastversuch	Korrelierbar mit der Einaxialen Druckfestigkeit	[18] [19]
Wasser		
Wasserchemische Schnellanalysen	Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sulfatgehalt, o.Ä.	-

In der Regel sind diese Verfahren in der Lage, Mess- bzw. Näherungswerte der jeweiligen Parameter zu liefern. Die Durchführung derartiger Versuche vor Ort kann vorteilhaft sein, da der Zeit- und Kostenaufwand für einen Transport ins Labor entfällt und in der Regel ein größeres Probandangebot genutzt werden kann. Bei der Untersuchung bindiger und veränderlich fester Gesteine kann auch die weitestgehende Konservierung des Wassergehaltes für die Durchführung solcher Feldversuche sprechen.

8.7. Laborversuche

Laborversuche sind nach dem Stand der Technik auszuführen. Hierbei sind die einschlägigen Normen und Prüfeempfehlungen zu berücksichtigen, insbesondere ÖNORM, DIN, die Empfehlungen des AK 3.3 „Versuchstechnik Fels“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. sowie die Empfehlungen („Suggested Methods“) der International Society for Rock Mechanics [20], [21].

Dienen die Versuche dem Vergleich ausgeschriebener (SOLL) mit angetroffenen (IST) Parametern, so sollten im Sinne der Vergleichbarkeit dieselben Versuchsrahmenbedingungen gewählt werden, wie bei den der Ausschreibung zugrundeliegenden Versuchen.

Das zu beauftragende Labor ist im Vorhinein mit dem Untersuchungsvorschlag zu benennen. Über das Labor ist zwischen den Vertragspartnern das Einvernehmen herzustellen.

Die Versuche sind ausführlich in Text- und Bildform zu dokumentieren. Mindestvorgaben für die Versuchsdokumentationen sind beispielsweise in den entsprechenden DGGT-Empfehlungen dargestellt. Die Ergebnisse der Versuche sind beiden Vertragsparteien zu übermitteln.

Sofern höherwertige Laborversuche in einem Baustellenlabor vor Ort durchgeführt werden, so muss die Geräteausrüstung den Anforderungen der entsprechenden Norm bzw. Versuchsempfehlung entsprechen.

9. VORTRIEBSBEGLEITENDE ERKUNDUNGSMAßNAHMEN

Ziel ist es, relevante Änderungen im Gebirge frühzeitig zu erkennen, das Systemverhalten im Ausbruchsbereich abzuschätzen und die erforderlichen bautechnischen Maßnahmen nach Möglichkeit im Vorfeld festlegen zu können. Eine Aktualisierung bzw. Verfeinerung der baugeologischen Prognose ist damit verbunden. Durch die Vorauserkundung können das Sicherheits- und Vortriebskonzept in der Zusammenschau mit allen weiteren Beobachtungsdaten (Systemverhalten, Beobachtungen vor Ort) rechtzeitig angepasst werden.

Vorauserkundungsmaßnahmen werden hier in indirekte und direkte Methoden eingeteilt (Anhang 5).

Bei den indirekten Methoden werden über verschiedene geophysikalische Methoden Rückschlüsse über den Baugrund gewonnen. In der Regel ist die Anwesenheit des Geologen bei der Messung nicht erforderlich. Für die geologische Auswertung der Daten ist jedoch ein Geologe erforderlich.

Bei den direkten Methoden kann das aufzufahrende Gebirge als Bohrkern, Bohrgut oder mit der Bohrlochkamera direkt gesichtet werden. Die Anwesenheit des Geologen spielt hier vorwiegend bei der Durchführung von Vollbohrungen eine zentrale Rolle. Dabei sind die Aufnahme des Bohrgutes, der Bohrwässer sowie die Aufzeichnung von Bohrschreiberdaten durchzuführen.

Grundsätzlich erfolgt die Vorauserkundung in einem Stufenkonzept. Sollten in der ersten Stufe Gebirgsverhältnisse erkannt werden, die den Vortrieb oder das Bauwerk negativ beeinflussen oder gefährden können, sind in einer zweiten Stufe detailliertere Erkundungen durchzuführen, sodass durch geeignete Maßnahmen der Vortrieb unter den gegebenen Umständen möglichst sicher und störungsfrei fortgesetzt werden kann.

Im Allgemeinen ist das Vorauserkundungskonzept sowohl in der Ausschreibungsphase als auch vor Ort auf der Baustelle von einem Geologen zu erstellen. Maßnahmen, welche nicht am zeitkritischen Weg liegen (z.B. TSWD, Bohrdaten der Ankerbohrungen) sind mit Maßnahmen, die am zeitkritischen Weg liegen (z.B. Bohrungen) und dem Einbau von Messinstrumenten usw. je nach geologischem Modell und Vortriebsmethode im Stufenkonzept festzulegen.

Ziel dabei ist Maßnahmen während des Vortriebes zu schaffen, welche das Restrisiko auf ein akzeptables Niveau reduzieren und dabei die Vortriebsdauer möglichst wenig beeinflussen. Die Vorauserkundungen spielen dabei die entscheidende Rolle. Je nach Projekt ist es notwendig, sie als fixen Bestandteil im Zyklus aufzunehmen [1], [3]. Dasselbe gilt sinngemäß für kontinuierliche Vortriebe [2] und [4].

Eine Auswahl von Vorauserkundungsmaßnahmen ist in Anhang 5 dargestellt.

10. DIGITALE ERFASSUNG DER AUSBRUCHSFLÄCHEN

10.1. Zielsetzung

Zielsetzung ist eine objektive, reproduzierbare und sichere Erfassung von geometrischen und spektralen Eigenschaften der Ortsbrust und, nach Bedarf, auch an der angrenzenden Laibung. Die Erfassung unterstützt und ergänzt die Bewertung der geologischen Situation und liefert eine dauerhafte digitale Aufzeichnung und Dokumentation, die auch eine Bearbeitung und Analyse zu einem späteren Zeitpunkt erlaubt.

Digitale Methoden erfassen die Gebirgsoberflächen berührungslos und gestatten Messungen auch an unzugänglichen Stellen. Berührungslose Methoden tragen zu einer erhöhten Arbeitssicherheit für die aufnehmenden Geologen bei. Durch flächenhafte Scans von Ortsbrust und Laibung kann eine höhere Aufnahmedichte, z.B. von Trennflächen, erreicht werden.

10.2. Methoden der digitalen Ortsbrusterfassung

Nachfolgendes bezieht sich auf derzeit (2021) regelmäßig eingesetzte Methoden. Es kommen im Wesentlichen zwei Technologien zum Einsatz: Photogrammetrie und Laserscanning. Beiden ist gemein, dass sie eine dreidimensionale Beschreibung der erfassten Gebirgsoberflächen liefern. Einzelheiten in Bezug auf die Anwendung auf der Tunnelbaustelle sind nachfolgend angeführt.

10.2.1. Photogrammetrie

Die digitale Photogrammetrie ermöglicht die Berechnung von dreidimensionalen Oberflächen aus digitalen Bildern. Photogrammetrische Verfahren nutzen übereinstimmende Informationen aus zwei oder mehreren Bildern, die aus unterschiedlichen Blickwinkeln aufgenommen werden [22], [23].

Mit Hilfe von Software wird aus den Aufnahmen ein 3D Modell errechnet, welches aus 3D Punkten, einer Oberflächenbeschreibung und Bildinformation besteht.

Das 3D Modell liegt entweder in einem lokalen Koordinatensystem oder in einem übergeordneten Tunnelkoordinatensystem vor. Im letzteren Fall müssen mindestens drei Referenzpunkte

(d.h. Punkte mit bekannten Koordinaten) im Aufnahmebereich vorhanden sein. Im ersteren Fall werden temporär aufgestellte Skalierungselemente benutzt.

Die resultierenden Modelle beschreiben die Oberflächen je nach verwendeter Kamera und Aufnahmegeometrie mit Punktabständen im Bereich von durchschnittlich 1 cm und einer Bildauflösung im mm-Bereich.

10.2.2. Laserscanning

Beim Laserscanning (auch: LiDAR; light detection and ranging) wird mit Hilfe eines bewegten Laserstrahls das Aufnahmegebiet abgetastet und der jeweilige Abstand zwischen dem Messgerät (Laserscanner) und der Gebirgsoberfläche, sowie der Winkel des Strahls ermittelt.

Die räumlichen Daten sind skaliert und unmittelbar nach ihrer Erfassung als 3D Punktwolke verfügbar. Diese kann mit nachgeschalteter Software noch bearbeitet werden. Die Punktwolke liegt entweder in einem lokalen oder einem übergeordneten Tunnelkoordinatensystem vor. Im letzteren Fall müssen mind. drei Referenzpunkte im Aufnahmebereich vorhanden sein. Die Punktwolken können auch zur Detektion von Bewegungen und der Kontrolle von Ausbruchsprofilen verwendet werden [24].

Für die geologische Bewertung der Ergebnisse wird die zusätzliche Erfassung von Bildinformation empfohlen.

Die resultierenden Modelle beschreiben die Oberflächen mit Punktabständen im Millimeterbereich.

10.2.3. Videogrammetrie (TBM Vortriebe)

Die Videogrammetrie ist eine spezielle Form der Photogrammetrie, bei der die Aufnahme durch ein digitales Video erfolgt. Zum Einsatz kommt die Methode vor allem bei maschinellen Vortrieben, wo die Ortsbrust nur aus geringem Abstand aufgenommen werden kann. Aus einem Video werden Einzelbilder extrahiert, welche mit Hilfe photogrammetrischer Software zu einem 3D Modell gerechnet werden. Nach Verarbeitung des Videos zu einem 3D Modell stehen gleichartige Datensätze wie bei der Photogrammetrie zur Verfügung [25], [26].

10.2.4. Methodenvergleich

Sowohl bei Photogrammetrie als auch beim Laserscanning gibt es eine Vielzahl an Varianten, die sich in Ausstattung, Datenqualität und Preis unterscheiden. Nachfolgender Vergleich setzt die derzeit im Tunnelbau übliche Hard- und Software voraus; die theoretisch möglichen Systemkonfigurationen werden dabei nicht berücksichtigt. Sowohl die mögliche Auflösung (Bildauflösung; Punktabstand) als auch eine zusätzliche Datenverarbeitung sind von den projektspezifischen Gegebenheiten abhängig (Tabelle 2).

Tabelle 2: Vergleich der Methoden Photogrammetrie und Laserscanning in der digitalen Erfassung der Ausbruchsfächen.

Kriterium	Subkriterium	Photogrammetrie	Laserscanning
Aufnahme	Freie Sicht auf die Ortsbrust notwendig	Ja	Ja
	Lichtquelle erforderlich	Ja	Nein
	Aufnahmedauer vor Ort	Wenige Minuten	Wenige Minuten
Verarbeitung	Datenverarbeitung für 3D Modell notwendig	Ja	Nein
	Datenverarbeitung für geologische Bewertung notwendig	Ja	Ja
	Geologische Auswertung möglich (mit zusätzlicher Software)	Ja	Ja, wenn zusätzlich Bilddaten erfasst werden
3D Modell	Mittlerer Punktabstand (morphologische Genauigkeit)	1 cm	Millimeterbereich
	Lagegenauigkeit	Millimeterbereich	Millimeterbereich
Sonstiges	Gerät von einer Person bedienbar	Ja	Ja
	Einsatz bei zyklischem Vortrieb	Ja	Ja
	Einsatz bei TBM Vortrieb	Ja (stabile Ortsbrust notwendig)	Nein

10.2.5. Weitere Methoden

Nachfolgende Methoden sind für den Einsatz im Tunnelbau denkbar, stellen aber derzeit nicht den Stand der Technik dar, oder sind ergänzend (als Hilfsmethode), aber nicht alleinstehend im Einsatz:

- Thermometrie (Infrarot): Kameras mit Sensorik außerhalb des sichtbaren Lichts, die Empfindlichkeit liegt im thermalen Infrarotbereich (TIR). Anwendungsgebiete: Erkennung von Wasserwegigkeiten, strukturellen Schwächezonen, Hohlräumen, Materialeigenschaften
- 3D Bildauswertung: Bewertung von Fotos zur manuellen, oder halb-automatischen Bewertung des Trennflächengefüges aufgrund morphologischer Kriterien

- Radar: RADAR (radio detection and ranging), SAR (synthetic aperture radar), InSAR (SAR interferometry) und DInSAR (Differential InSAR): Anwendungsgebiete: Erkennung von Hohlräumen, strukturellen Schwächezonen, Lithologiegrenzen im Gestein"
- Sensoren mit Empfindlichkeit außerhalb des sichtbaren Lichts. Möglichkeit zur spektralen Analyse von Materialeigenschaften (OB, Ausbruchsmaterial, Wasserzutritte...)

10.3. Auswertung digitaler Ortsbrustmodelle

Unter der Auswertung der digitalen Ortsbrustmodelle wird hier in erster Linie eine Unterstützung der baugeologischen Dokumentation verstanden.

Die Auswertung der 3D Modelle soll durch geschultes geologisches Personal vor Ort erfolgen, welches das zu bewertende Gebirge auch in Natura (aus dem Vortrieb) kennt.

Folgende Möglichkeiten zur Auswertung stehen zur Verfügung:

Aus den Ortsbrustmodellen messbare geometrische Eigenschaften

- linienhafte Gebirgsstrukturen (z.B. Trennflächenspuren) und deren räumliche Orientierung (Fallrichtung, Fallwinkel)
- flächenhafte Gebirgsstrukturen und deren räumliche Orientierung (Fallrichtung, Fallwinkel)
- Strecken – direkt und entlang der Oberfläche (Mächtigkeiten, Versatzbeträge, etc.)
- flächenhafte Bereiche
- Volumenkörper (Ausbrüche oder Felsnasen)
- 3D-Positionen (X, Y, Z)

Kartierbare Eigenschaften / Gebirgskennwerte:

- Zuordnung von Trennflächen in Trennflächenscharen
- Anzahl der Trennflächenscharen
- räumliche Orientierungen von Trennflächen und deren Kenngrößen (Schwerpunktsvektor, sphärischer Öffnungsgrad, Vertrauenskegel, Konzentration)
- Trennflächenabstände unter Angabe des Typs (wahrer bzw. scheinbarer Abstand) und deren statistische Kenngrößen (Mittelwert, Median, Standardabweichung, Frequenz)
- Ausbisslängen und -flächen von Trennflächen und deren statistische Kenngrößen (Mittelwert, Median, Standardabweichung)

Darüber hinaus ermittelbare Informationen:

- Homogenbereiche in Bezug auf die og. Eigenschaften
- Maßstabsabhängig Beschaffenheit / Rauigkeit flächenhafter Bereiche
- Maßstabsabhängig Ebenheit / Planarität flächenhafter Bereiche

Beispiele für aus digitalen Ortsbrustmodellen nicht ermittelbare Eigenschaften:

- Art und Menge von Wasserzutritten

- Beschaffenheit von Trennflächenfüllungen (insb. Reibungsverhalten)
- mechanische Eigenschaften des Gesteins
- mechanische Wirksamkeit von Trennflächen
- Beschaffenheit von Trennflächen im kleinen Maßstab (Rauigkeit)
- Art der Trennflächenbestege und -füllungen
- Gebirgsverhalten bzw. Systemverhalten im Ausbruchsbereich

Beispiele für aus digitalen Ortsbrustmodellen nur eingeschränkt ermittelbare Eigenschaften:

- Trennflächenart
- Feststellung der maßgeblichen, das Gebirgsverhalten bestimmenden Trennflächen
- Trennflächenöffnungsweite
- morphologisch unauffällige Strukturen

Bei Anwendung automatischer Methoden zur Kartierungsunterstützung (z.B. Trennflächenanalyse, Gruppierung zu Trennflächenscharen) sind die Ergebnisse jedenfalls durch den Geologen zu überprüfen und bestätigen [23].

10.4. Datenkonsistenz und -integrität

Unabhängig vom verwendeten System sollen die Roh- und Ergebnisdaten in eine möglichst allgemein lesbare Standardform gebracht werden können, um den Zugriff auf die Daten möglichst vielseitig und langfristig zu gewährleisten.

Der Export der Ergebnisdaten in Tabellenform bzw. als Datenbank, sowie der Datentransfer zu anderen 3D Programmen (z.B. gängige CAD-Programme) muss gegeben sein. Weiters wird ein BIM (Building Information Modelling) Interface empfohlen.

Vor Beginn der Vortriebsarbeiten ist abzuklären, in welcher Form die Rohdaten bzw. Ergebnisdaten vorliegen müssen und wie sie den einzelnen Projektbeteiligten zugänglich gemacht werden.

Als gängige Standards sind folgende Formate geeignet (umfassend, aber nicht darauf beschränkt)

Rohdaten:

- Punktwolken: LAS, ASCII
- 3D Modelle: OBJ, OPC, PLY
- 3D Geometrie: DXF
- IFC

Ergebnisdaten:

- Geologische Kartierung: XML
- Einzelne kartierte Elemente: XML, DXF

11. DATENMANAGEMENT

11.1. Einführung

Der Einsatz eines Datenmanagementsystems für die während der Bauausführung zu erfassenden Daten bedarf einer vorlaufenden Planung. In dieser Phase der Vorbereitung müssen alle in diesem Abschnitt angeführten Themen zum Einsatz eines Datenmanagementsystem von den verantwortlichen Personen vor Ort diskutiert und die Spezifikationen in Hinblick auf die Erfordernisse der geotechnischen Planung, der Bauausführung und der vertraglichen Rahmenbedingungen festgelegt werden.

11.2. Generelle Anforderungen an Datenmanagement Systeme (DMS)

Die Anforderungen an die vor Ort verfügbare Hardware und IT-Infrastruktur muss den Projekterfordernissen entsprechen. Die Systeme müssen zeitlich durchgehend und mit einer hohen Verfügbarkeit zur Verfügung stehen, wobei Ausfallzeiten (Downtimes, Maintenance) so gering wie möglich zu halten sind. Web-basierte Anwendungen sind lokalen Installationen vorzuziehen.

Die Leistungsfähigkeit des zu verwendenden Systems muss der Anzahl der User, die auf die Systeme – sowohl gleichzeitig als auch in Summe – zugreifen, gerecht werden. Die eingesetzten Systeme müssen eindeutige Regeln für erteilte Rechte für den Gebrauch enthalten (Zugriff-, Lese-, Schreib-, Änderungsrechte, Administratorenrechte etc.). Sämtliche Zugriffe und Eingriffe sind dabei mit einem Zeitstempel zu versehen. Unberechtigte Zugriffe und missbräuchliche Verwendung sollten unterbunden werden. Die gesetzlichen Vorschriften sind einzuhalten (Datenschutz).

Folgende Anforderungen bezüglich der Kompatibilität und Datenformate sollen vom Datenmanagementsystem erfüllt werden:

- skalierbar und flexibel, um maßgeschneiderte Lösungen für das jeweilige Projekt zuzulassen,
- Möglichkeit der flexiblen Erweiterung,
- Kompatibilität der einzelnen Datenformate und -typen aus diversen Datenquellen,
- einfach zu handhabender und verlustfreier Transfer von Daten, Import externer Daten, Export von Daten in etablierte Standardformate (z.B. CSV, TXT, XLS)
- inter- bzw. multidisziplinäre Analyse von Daten aus verschiedenen Gewerken und Quellen,
- Möglichkeit der parallelen Verwendung, Integration und Transformation mehrerer Koordinatensysteme (z.B. geographische Koordinaten, lokale Koordinatensysteme, Projekt-Kilometrierung, Tunnelstationierung), und
- Integration verschiedener Kartenformate.

Bei Einsatz eines digitalen Aufnahmesystems (z. B. wie in Kapitel 10) müssen sowohl das Datenmanagementsystem als auch das digitale Aufnahmesystem über entsprechende Schnittstellen verfügen, um die Daten aus dem Aufnahmesystem verlustfrei und richtig strukturiert übernehmen zu können.

11.3. Datenquellen und Datentypen

Im Zuge der baugeologischen Dokumentation werden heterogene Daten unterschiedlichster Merkmalstypen (diskret, stetig) generiert:

- Diskrete Daten: Daten mit endlich oder abzählbar unendlich vielen Ausprägungen. Die Klassen der einzelnen Parameter können dabei ungeordnet (z.B. Gesteinsart, Trennflächenfüllung) oder geordnet vorliegen (z.B. Verwitterung, Zerlegung).
- Stetige Daten: z.B. kontinuierlich aufgezeichnete Maschinenparameter; können zwischen zwei beliebigen Werten eine unendliche Anzahl von Werten aufweisen.

Welche Daten für das jeweilige Projekt in das DMS (Datenmanagementsystem) zu integrieren sind, muss projektspezifisch und bevorzugt bereits in der Ausschreibungsphase festgelegt werden.

11.3.1. Datenquellen Untertage

Entsprechend Kapitel 7 werden in der baugeologischen Dokumentation von Untertagebauwerken umfangreiche Daten erfasst. Die Eingabe erfolgt über entsprechend vordefinierte Eingabemasken bzw. Datenimport.

Hierzu können sowohl analoge (handschriftliche) als auch digitale Methoden eingesetzt werden. Bei analogen Methoden ist ein geeigneter Transfer der analogen Information in digitale Daten sicherzustellen.

Um eine zeitaufwendige Konvertierung von analogen Datenbeständen in digitale Datenstrukturen bereits im Vorfeld zu vermeiden, sollten Daten bereits vor Ort mithilfe von mobilen Endgeräten digital erfasst werden. Durch eine möglichst rasche Synchronisation in eine zentrale Datenablage soll der Informationsfluss und somit auch die Zusammenarbeit im Projekt erleichtert werden.

11.3.2. Datenquellen Obertage

Baugeologische Dokumentation Obertage (auszugsweise; siehe Kapitel 7):

- OT Bohrungen: Verortung, Neigung, Bohrprofile analog (Image) oder digital (diverse Formate im Einsatz).
- Quell-, Brunnen- und Pegelbeobachtungen: Lage, Schüttung, Temperatur, Hydrochemie
- Beprobungspunkte: Verortung, Analysedaten.

Weitere Datenquellen sind je nach Projekterfordernissen zu ergänzen.

11.3.3. Verantwortlichkeiten

Die Verantwortung für die Inhalte und das „1. Level-Datenmanagement“ liegt bei den dokumentierenden Geologen, sie sind auch für die vollständige Erfassung der vordefinierten Inhalte und ggf. weiterer zu ergänzender Inhalte, die zur Erfüllung des Auftrages notwendig sind, sowie die Abstimmung mit dem AG verantwortlich.

Für das „2. Level Datenmanagement“ ist ggf. ein verantwortlicher Datenmanager, der mit dem eingesetzten System in höchstem Maße vertraut ist, zu benennen. Dieser sollte auch mit der Verantwortlichkeit für ein sicheres Backup-System betraut werden. Üblicherweise obliegt ihm auch die Zuteilung von Nutzerrechten.

11.4. Systematische Datenerfassung, Datenbanken, Analyse und Darstellung

Ein standardisiertes und in sich konsistentes Datenmodell für die baugeologische Dokumentation soll die relevanten Informationsobjekte wie z.B. Vortriebe, Abschlüsse, Gebirgsbereiche, Trennflächen, Gebirgsarten und deren Beziehungen zueinander aufzeigen.

Unabhängig vom Merkmalstyp sollen die anfallenden Daten in dafür vorgesehene Datenbanksysteme abgelegt werden, die eine strukturierte und redundanzfreie Datenspeicherung mit schnellen Zugriffszeiten sowie eine entsprechende Stabilität und Datensicherheit bieten. Ein fle-

xibles Berechtigungssystem auf Basis von Benutzern, Rollen und Berechtigungen soll einen kontrollierten Zugriff auf die Daten ermöglichen. Lösungen auf Basis von Tabellenkalkulationen (z.B. Excel) sollen vermieden werden.

Wesen der meisten derzeit am Markt verfügbaren Systeme ist die strukturierte Eingabe bzw. der Import von Daten in Datenbanksysteme und deren nachhaltige Speicherung sowie deren Weiterverarbeitung und Kombination/Verknüpfung zu komplexeren abgeleiteten Daten (z.B. RMR, Q) und die Analyse und graphische Aufbereitung der Inhalte. Der Analyseteil ist an die Erfordernisse anzupassen und standardisierte Berichte und Grafiken sind zu definieren und zu gestalten, wobei diese abschnittsbezogen (UT), zeitbezogen oder ausschnittsbezogen (OT) sein können.

Standardausgaben sind beispielsweise:

- Tunnelbänder,
- Karten (Längs-/Horizontalschnitte, Isolinienkarten),
- Querschnitte mit multidisziplinären Graphiken (Hydrogeologie, Verformungsmessungen),
- Berichte,
 - Aufnahmeberichte,
 - Zu speziellen Berichten zusammengefasste Grafiken,
 - Monatsberichte samt statistischer Auswertungen und graphischen Aufbereitungen.

Die möglichen digitalen Ausgabeformate sollten aktuelle Standarddatenformate sein (z.B. .TXT, .PDF, .XLS, DWG, .DXF, .CSV).

Da es sich bei einem Großteil der Daten aus der baugeologischen Dokumentation nur um unregelmäßig genommene Stichproben handelt, muss für die Datenanalyse entsprechend räumlich interpoliert werden. Bei der räumlichen Interpolation der in der Ortsbrust aufgenommenen Daten (z.B. Gesteinsart, Verwitterung, Festigkeit) müssen daher auch die Abschlagslänge und die Aufnahmedichte miteinbezogen werden, um die entsprechenden Volumina der einzelnen dokumentierten Eigenschaften und Parameter zu bestimmen.

11.5. Datenintegrität

Unter dem Begriff der Integrität sind alle Aspekte, die die Korrektheit der Daten sicherstellen, zusammengefasst (u. a. Nutzerrechte). Sind die festgelegten Integritätsregeln eingehalten, dann sind die Daten in einer Datenbank konsistent (widerspruchsfrei).

Die Datenvalidierung bezeichnet beispielsweise die Prüfung von Benutzereingaben, um Inkonsistenzen innerhalb eines Datenbestandes zu erkennen und zurückzuweisen. Dazu gehört die

Ausweisung von Pflichtfeldern und die Einschränkung auf bestimmte Wertebereiche. Bei Pflichtfeldern müssen fehlende Werte explizit deklariert werden (z.B. Trennflächenfüllung nicht bestimmbar, weil nicht zugänglich).

Bei Mehrnutzersystemen sollen gegenseitige Störungen der Nutzer vermieden werden. Die Systeme sind so zu gestalten, dass Probleme im Multiuser-Betrieb nicht auftreten. Die Systeme sollten weitgehend sicher gegen Systemabstürze (Crash) sein und bei einem Absturz sollen die Daten in einem korrekten Zustand bleiben bzw. lückenlos und korrekt zeitnah wiederhergestellt werden können (Recovery).

11.6. Kompatibilität und Datenaustausch

Um den Zweck als interdisziplinär verwendbares QM-Werkzeug erfüllen zu können, muss ein möglichst reibungsloser Austausch von Daten mit anderen Systemen, die den Bedingungen zeitgemäßer Datenverarbeitung entsprechen, möglich sein (z.B. Standardformate, Schnittstellen, API).

Auf Bauprojekten ist ein Datenaustausch (u.a. mit den geotechnischen Messungen/Profilmessungen, Baufortschrittsdaten, Stützmitteldaten, etc.) erforderlich. Es ist daher vor der Auswahl eines DMS die Notwendigkeit eines Datenaustausches/Datenmigration mit anderen Systemen zu prüfen bzw. zu planen und alle Systeme nach Kompatibilitätskriterien zu definieren oder die Möglichkeiten zur Schaffung/Nutzung von Schnittstellen zu prüfen.

Die Inhalte der Systeme sollten nach Abschluss eines Projektes nachhaltig so archiviert werden können, dass der Endzustand zu jeder Zeit und ohne weitere Möglichkeiten zur Änderung des Datenbestandes wiederhergestellt werden kann.

Um einen Datenaustausch zu Softwaresystemen anderer Fachdisziplinen zu ermöglichen, müssen entsprechende Austauschformate bereits zu Beginn des Projektes (Bauphase) vordefiniert werden. Offene und standardisierte Dateiformate sind geschlossenen proprietären Formaten vorzuziehen.

Eine unnötige Duplizierung der Daten bei Verwendung von dateibasierten Datenaustauschformaten kann durch die Bereitstellung von Datendiensten vermieden werden. Dabei stellt ein System einen kontrollierten Zugriff auf die aktuellen Daten für andere Systeme zur Verfügung. Durch die Spezifizierung von Anwendungsschnittstellen sollen die Projektdaten der einzelnen Fachbereiche in Echtzeit miteinander kombiniert werden können.

Web-basierte Lösungen ermöglichen zunehmend die Dateneingabe über mobile Eingabegeräte.

11.7. Schnittstellen zu BIM

Derzeit sind für Building Information Modelling (BIM) die Prozesse und Standards vor allem im Tiefbau noch in Entwicklung. Mit zunehmender Standardisierung der Methodik werden sich zusätzliche Aufgaben und Schnittstellen ergeben.

Als weitestgehend akzeptierter offener Standard haben sich im Bauwesen Industry Foundation Classes (IFC) zur digitalen Beschreibung von Gebäudemodellen (Building Information Modeling) entwickelt. IFC werden von buildingSMART International (bSI) definiert und sind unter [27] registriert. Entsprechende Erweiterungen für das IFC-Format werden sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene vorbereitet. Diese Tätigkeiten werden koordiniert ausgeführt und mit dem Vorliegen entsprechender Standards wird in den nächsten Jahren gerechnet.

12. LITERATUR

- [1] ÖNORM B 2203-1 (2022). Untertagebauarbeiten - Teil 1: Zyklischer Vortrieb – Werkvertragsnorm.
- [2] ÖNORM B 2203-2 (2022). Untertagebauarbeiten - Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb – Werkvertragsnorm.
- [3] ÖGG (2021). Richtlinie für die Geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb. Hrsg. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik Salzburg.
- [4] ÖGG (2014). Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb. Hrsg. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik Salzburg.
- [5] ÖNORM EN ISO 14688-1 (2020). Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung.
- [6] ÖNORM EN ISO 14688-2 (2019). Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen.
- [7] ÖNORM EN ISO 14689 (2019). Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels.
- [8] Sibson, R. H., (1977). Fault rocks and fault mechanisms. Journal of the Geological Society, 133(3), 191-213.
- [9] Riedmüller, G., Brosch, F., Klima, K., Medley, E. (2001). Engineering geological characterization of brittle faults and classification of fault rocks, Felsbau 19(4), 13-19.

- [10] Fasching, F., Vanek, R. (2011). Engineering geological characterisation of fault rocks and fault zones / Ingenieurgeologische Charakterisierung von Störungsgesteinen und Störungszonen. *Geomechanics Tunnelling* 4(3), 181-194.
- [11] Wagner, O.K., Fasching, A., Stadlmann, T., Vanek, R. (2017). Semmering-Basistunnel – Gebirgsansprache in Ausschreibung und Bau; *Geomechanics Tunnelling* 10(6), 574-586.
- [12] Pointner, P., Höfer-Öllinger, G. (2019). Baubegleitende geologische Untersuchungen. *Geomechanics Tunnelling* 12(6), 695-701.
- [13] ÖGG (2014). *Geotechnical Monitoring in Conventional Tunnelling – Handbuch*. Hrsg. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik Salzburg.
- [14] EN ISO ÖNORM EN ISO 22282-3 (2012). *Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Geohydraulische Versuche - Teil 3: Wasserdruckversuch in Fels*.
- [15] Kiehl, J. R., Pahl, A. (1990). Empfehlung Nr.14 des Arbeitskreises 19 - Versuchstechnik Fels - der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. Überbohr-Entlastungsversuche zur Bestimmung von Gebirgsspannungen. *Bautechnik* 67(9), 308-314.
- [16] ASTM D4645-08 (2008). *Standard Test Method for Determination of In-Situ Stress in Rock Using Hydraulic Fracturing Method (Withdrawn 2017)*.
- [17] Witt, K. J. (Hg.) (2017). *Grundbau-Taschenbuch*. 8. Auflage. Berlin: Ernst & Sohn.
- [18] Gartung, E. (1982). Empfehlung Nr.5 des Arbeitskreises 19 - Versuchstechnik Fels - der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V. Punktlastversuche an Gesteinsproben. *Bautechnik* 59(1), 13-15.
- [19] Thuro, K. (2010). Empfehlung Nr. 5 "Punktlastversuche an Gesteinsproben" des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik. *Bautechnik* 87(6), 322-330.
- [20] Ulusay, R. (Hg.) (2015). *The ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring*. 2007-2014. Springer.
- [21] Ulusay, R., Hudson, J. (Hg.) (2007). *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006*. ISRM Turkish National Group and the ISRM.
- [22] Gaich, A., Pötsch, M., Schubert, W. (2017). Digital rock mass characterization 2017. Where are we now? - What comes next? *Geomechanics Tunnelling* 10(5), 561-567.

- [23] Buyer, A., Pischinger, G., Schubert, W. (2018). Image-based discontinuity identification. *Geomechanics Tunnelling* 11(6), 693-700.
- [24] Mett, M., Kontrus, H., Steinkühler, J. (2021). Ableitung geologischer Trennflächen aus Punktwolken – Erfahrungen aus dem Tunnelneubau. *Proceedings der 21. Internationalen geodätischen Woche Obergurgl. 08.02.-11.02.2021*, in: Weinold, T. (Hrsg). Arbeitsbereich für Geometrie und Vermessung. Universität Innsbruck, 124-133.
- [25] Wenighofer, R., Galler, R., Chmelina, K., Six, G. (2017). Using Cameras in TBM Cutterheads for Geological Documentation of the Tunnel Face. *Proceedings of the World Tunnel Congress 2017 – Surface challenges – Underground solutions*. Bergen, Norway.
- [26] Gaich, A., Pötsch, M., Schubert, W. (2019). 3D imaging on a hard rock TBM. *ISRM Congress 2019 Proceedings – Int’l Symposium on Rock Mechanics, Iguassu, Brazil, Paper 15037*.
- [27] ÖNORM EN ISO 16739-1 (2020). Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauwirtschaft und im Anlagenmanagement - Teil 1: Datenschema.
- [28] Düllmann, J., Hollmann, F., Thewes, M., Alber, M. (2013). Analysis of Soil–Machine–Interactions (Part 1): Processing of TBM-Machine-Data and Extraction of excavation-specific Data. *EuroTun2013*.
- [29] Düllmann, J., Hollmann, F., Thewes, M., Alber, M. (2014). Practical TBM Excavation Data Processing. *Tunnels & Tunnelling International*, 53-65.
- [30] Hollmann, F., Düllmann, J., Thewes, M., Alber, M. (2013). Analysis of Soil–Machine–Interactions (Part 2). Influences on the excavation-specific Data on TBM-Machine Data. *EuroTun2013*.
- [31] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V. (DAUB) (2016). Recommendations for Face Support Pressure Calculations for Shield Tunnelling in Soft Ground.
- [32] Hollmann, F. S. (2014). Bewertung von Boden und Fels auf Verklebungen und Feinkornfreisetzung beim maschinellen Tunnelvortrieb. *Dissertation. Ruhr-Universität Bochum, Bochum. Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften*.
- [33] ÖNORM EN 932-1 (1997). Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Probenahmeverfahren.
- [34] ÖNORM EN 932-2 (1999). Prüfverfahren für allgemeine Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 2: Verfahren zum Einengen von Laboratoriumsproben.
- [35] ÖNORM EN 1997-2 (2010). Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds (konsolidierte Fassung).

- [36] ÖNORM B 1997-2 (2017). Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-2 und nationale Ergänzungen.
- [37] ÖNORM EN ISO 22475-1 (2019). Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren für Boden, Fels und Grundwasser - Teil 1: Technische Grundlagen.
- [38] ÖNORM EN ISO 22475-1 (2006). Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung.
- [39] Scholz, M., Wendl, K., Kurosch, T., Köhler, M. (2013). Über den Wert der ingenieurgeologischen Dokumentation von Hydroschildvortrieben. Tunnelbau Taschenbuch.
- [40] Plinninger, R. J., Alber, M. (2015). Assessment of Intact Rock Strength in Anisotropic Rock - Theory, Experiences and Implications on Site Investigation. In: Schubert, W., Kluckner, A. (Hrsg.). Future Development of Rock Mechanics. Proceedings of the ISRM Regional Symposium EUROCK 2015 & 64th Geomechanics Colloquium, Bd. 1. Salzburg: Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 297-302.
- [41] Plinninger, R. J., Bruehlheide, T., Nickmann, M. (2008). Geotechnische Aspekte der repräsentativen Beprobung von Festgesteinen. Geotechnik 31(4), 308-317.
- [42] Plinninger, R. J., Spaun, G., Nickmann, M. (2012). Geotechnische Aspekte der Beprobung und Untersuchung veränderlich fester Gesteine. In: C. Vogt und C. Moormann (Hrsg.). Tagungshandbuch zum 8. Kolloquium "Bauen in Boden und Fels" der TA Esslingen, Bd. 1. Stuttgart, 425-432.
- [43] DIN 38402-13 (2016). Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Allgemeine Angaben (Gruppe A).
- [44] ÖNORM EN ISO 5667-1 (2019). Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 1: Anleitung zur Erstellung von Probenahmeprogrammen und Probenahmetechniken.
- [45] ÖNORM EN ISO 5667-3 (2019). Wasserbeschaffenheit - Probenahme - Teil 3: Konservierung und Handhabung von Wasserproben.
- [46] ÖNORM S 2092 (2008). Altlasten - Grundwasser-Probenahme.
- [47] Radonicic, N., Hein, M., Moritz, B. (2014). Determination of the system behaviour based on data analysis of a hard rock shield TBM Geomechanics Tunnelling 7(5), 565-576.

ANHANG 1. ABKÜRZUNGEN

AGAuftraggeber

AK.....Arbeitskreis

AN (Bau)....Auftragnehmer Bauunternehmen

BIM Building Information Modeling (Bauwerksdatenmodellierung)

bSI buildingSMART International

CAD Computer-aided design

CAI..... Cerchar Abrasivitäts Index

DAUB..... Deutscher Ausschuss für Unterirdisches Bauen e. V.

DGGT..... Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DInSAR Differential synthetic aperture radar interferometry

DMS Datenmanagement System

EPB..... Earth pressure balance (Erddruckstützung)

EN..... Europäische Norm

GIS..... Geographisches Informationssystem

GTU Geotechniker Unter Tage

IFC Industry Foundation Classes (Standard zur Beschreibung von Bauwerksmodellen)

InSAR..... Synthetic aperture radar interferometry

ISO..... International Organisation for Standardization

lfd. Nr. Laufende Nummer

LiDAR Light detection and ranging

MPa..... Megapascal (abgeleitete SI-Einheit für Druck)

OB Ortsbrust

ÖBA..... Örtliche Bauaufsicht

ÖGG.....	Österreichische Gesellschaft für Geomechanik
ÖNORM	Österreichische Norm
OT	Obertage
Q.....	Tunnelling Quality Index (nach Barton)
RADAR	Radio detection and ranging
RMR.....	Rock Mass Rating (nach Bieniawski)
SAR	Synthetic aperture radar
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
SR.....	Schneidrad
SV	Sachverständiger
TBM	Tunnelbohrmaschine
TBM-DS	Doppelschild Tunnelbohrmaschine
TBM-O	Offene Tunnelbohrmaschine (Gripper Tunnelbohrmaschine)
TIR	Thermisches Infrarot
TSV	Tunnelbautechnischer Sachverständiger
TSWD.....	Tunnel seismic while drilling
TVM.....	Tunnelvortriebsmaschine
UT	Untertage

ANHANG 2. BEISPIELE FÜR PROTOKOLLE VON ORTSBRUSTAUFNAHMEN

Beispiel 1: Laibungsabwicklung eines Überleitungsstollens im Festgestein, TBM Vortrieb

Beispiel 2: Dokumentation mit Abschlagsbericht eines Straßentunnels im Festgestein, zyklischer Vortrieb im Kalottenquerschnitt

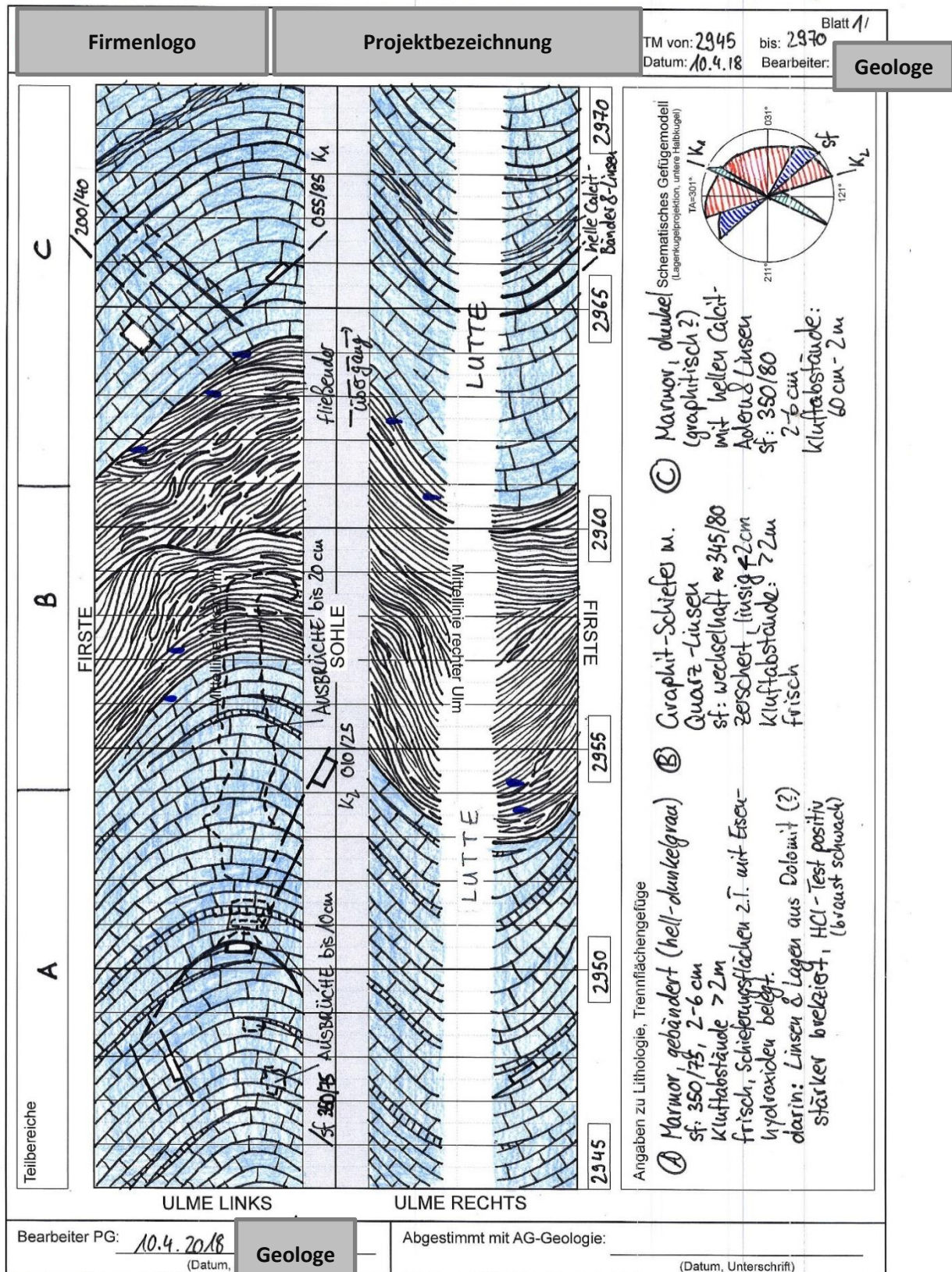
Beispiel 3: Einvernehmliche Aufnahme AN- und AG-Geologe an der Ortsbrust und Abschlagsbericht des AG-Geologen im Festgestein, Maschinenvortrieb

Beispiel 4: Dokumentation mit Abschlagsbericht eines Lockergesteinsvortriebes mittels EPB Maschinenvortrieb

Beispiel 5: Mixed-face Konditionen (Bagger- und Sprengvortrieb), Kalotte eines Eisenbahntunnels

Beispiel 6: Kalottenvortrieb im Festgestein für ein Kraftwerksprojekt, Sprengvortrieb

A2-1. LAIBUNGSABWICKLUNG EINES ÜBERLEITUNGSSTOLLENS IM FESTGESTEIN, TBM VORTRIEB



Firmenlogo	Projektbezeichnung	Firmenlogo
------------	--------------------	------------

TM von: 2945 bis: 2970	Bearbeitet: Geologe	Datum: 10.4.2018	Blatt 21
------------------------	---------------------	------------------	----------

Allgemeine geologische Beschreibung des Stollenabschnitts (Gebirgsaufbau / Lithologie / Gefüge):
 Der kartierte Abschnitt lässt sich in 3 geologische Einheiten gliedern:
 1. hell / dunkelgrau gebänderte Marmor mit Linsen und Banden aus spröderem, brekziertem Dolomit(?)
 2. Graphit-Schiefer mit hellen Quarz-Linsen & Lagern. Diese sind linsig zerschiedet
 3. dunkler Marmor mit hellen Calcit-Lagen & Linsen.

Teilbereiche im kartierten Abschnitt: (A) / (B) / (C) / D / E / F / G / H / I / J

Teilbereich: A

Angaben zum Bergwasser: Zutrittsmenge Bergwasser: Ort: verschieden <input type="checkbox"/> 0,0 l/s <input checked="" type="checkbox"/> > 0,0 - 0,05 l/s <input type="checkbox"/> > 0,05 - 0,5 l/s <input type="checkbox"/> > 0,5 - 5 l/s <input type="checkbox"/> > 5 l/s	Profilhaltigkeit Laibung: <input type="checkbox"/> sehr gut (Unebenheiten/Ausbrüche überwiegend <= 5 cm) <input checked="" type="checkbox"/> gut (Ausbrüche > 5 cm bis 0,2 m Tiefe) <input type="checkbox"/> mäßig (Ausbrüche > 0,2 m bis 1,0 m Tiefe) <input type="checkbox"/> weit ausgebrochen (Ausbrüche > 1,0 m Tiefe). Volumen: ca: m³
--	---

Kluftabstand: <input checked="" type="checkbox"/> > 200 cm <input type="checkbox"/> 60 - 200 cm <input type="checkbox"/> 20 - 60 cm <input type="checkbox"/> 6 - 20 cm <input type="checkbox"/> 2 - 6 cm <input type="checkbox"/> < 2 cm	Abstand ss/sf: <input type="checkbox"/> > 200 cm <input type="checkbox"/> 60 - 200 cm <input type="checkbox"/> 20 - 60 cm <input type="checkbox"/> 6 - 20 cm <input checked="" type="checkbox"/> 2 - 6 cm <input type="checkbox"/> 6 mm - 2 cm <input type="checkbox"/> < 6 mm	UCS*: <input type="checkbox"/> > 250 MPa <input type="checkbox"/> 100 - 250 MPa <input checked="" type="checkbox"/> 50 - 100 MPa <input type="checkbox"/> 25 - 50 MPa <input type="checkbox"/> 5 - 25 MPa <input type="checkbox"/> 1 - 5 MPa <input type="checkbox"/> < 1 MPa	Verwitterung: <input checked="" type="checkbox"/> V0 frisch <input checked="" type="checkbox"/> V1 schwach verw. <input type="checkbox"/> V2 mäßig verw. <input type="checkbox"/> V3 stark verw. <input type="checkbox"/> V4 vollständig v. <input type="checkbox"/> V5 zersetzt	Lithologie: 95 % Marmor 5 % Dolom. Marmor % % %
---	--	---	---	---

Verkarstung: <input type="checkbox"/> nicht anwendbar <input checked="" type="checkbox"/> keine/gering <input type="checkbox"/> verkarstet <input type="checkbox"/> stark verkarstet	TF-Öffnung: <input checked="" type="checkbox"/> TF geschlossen <input type="checkbox"/> TF teilweise offen <input type="checkbox"/> TF üwgld. offen <input type="checkbox"/> nicht beobachtbar	Veränderlichkeit: <input checked="" type="checkbox"/> nicht veränderlich <input type="checkbox"/> veränderlich <input type="checkbox"/> stark veränderlich	Zurdnung Gebirgsart:
---	---	--	-----------------------------

Beschreibung: gebänderte Marmor

Teilbereich: B

Angaben zum Bergwasser: Ort: verschieden Zutrittsmenge Bergwasser gesamt: <input type="checkbox"/> 0,0 l/s <input checked="" type="checkbox"/> > 0,0 - 0,05 l/s <input type="checkbox"/> > 0,05 - 0,5 l/s <input type="checkbox"/> > 0,5 - 5 l/s <input type="checkbox"/> > 5 l/s	Profilhaltigkeit Laibung: <input type="checkbox"/> sehr gut (Unebenheiten/Ausbrüche überwiegend <= 5 cm) <input checked="" type="checkbox"/> gut (Ausbrüche > 5 cm bis 0,2 m Tiefe) <input type="checkbox"/> mäßig (Ausbrüche > 0,2 m bis 1,0 m Tiefe) <input type="checkbox"/> weit ausgebrochen (Ausbrüche > 1,0 m Tiefe). Volumen: ca: m³
---	---

Kluftabstand: <input checked="" type="checkbox"/> > 200 cm <input type="checkbox"/> 60 - 200 cm <input type="checkbox"/> 20 - 60 cm <input type="checkbox"/> 6 - 20 cm <input type="checkbox"/> 2 - 6 cm <input type="checkbox"/> < 2 cm	Abstand ss/sf: <input type="checkbox"/> > 200 cm <input type="checkbox"/> 60 - 200 cm <input type="checkbox"/> 20 - 60 cm <input type="checkbox"/> 6 - 20 cm <input type="checkbox"/> 2 - 6 cm <input checked="" type="checkbox"/> 6 mm - 2 cm <input checked="" type="checkbox"/> < 6 mm	UCS*: <input type="checkbox"/> > 250 MPa <input type="checkbox"/> 100 - 250 MPa <input type="checkbox"/> 50 - 100 MPa <input checked="" type="checkbox"/> 25 - 50 MPa <input type="checkbox"/> 5 - 25 MPa <input type="checkbox"/> 1 - 5 MPa <input type="checkbox"/> < 1 MPa	Verwitterung: <input checked="" type="checkbox"/> V0 frisch <input checked="" type="checkbox"/> V1 schwach verw. <input type="checkbox"/> V2 mäßig verw. <input type="checkbox"/> V3 stark verw. <input type="checkbox"/> V4 vollständig v. <input type="checkbox"/> V5 zersetzt	Lithologie: 100 % Graphit-Schiefer % % %
---	---	---	---	---

Verkarstung: <input checked="" type="checkbox"/> nicht anwendbar <input type="checkbox"/> keine/gering <input type="checkbox"/> verkarstet <input type="checkbox"/> stark verkarstet	TF-Öffnung: <input checked="" type="checkbox"/> TF geschlossen <input type="checkbox"/> TF teilweise offen <input type="checkbox"/> TF üwgld. offen <input type="checkbox"/> nicht beobachtbar	Veränderlichkeit: <input type="checkbox"/> nicht veränderlich <input checked="" type="checkbox"/> veränderlich <input type="checkbox"/> stark veränderlich	Zurdnung Gebirgsart:
---	---	--	-----------------------------

Beschreibung:

10.4.2018

Geologe

Datum, Bearbeit


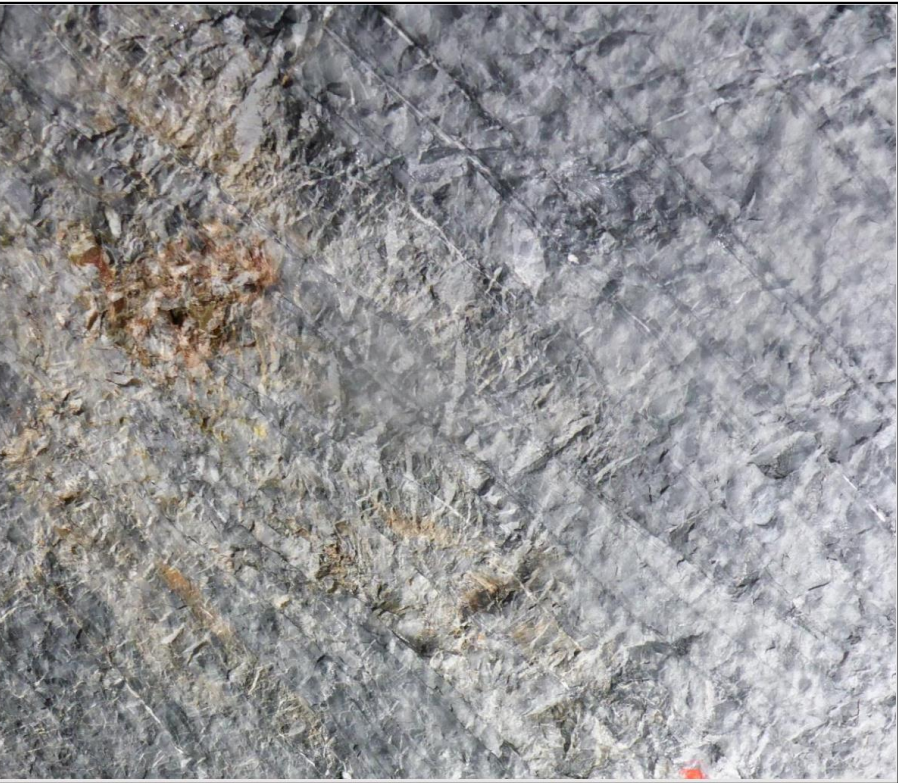
Abgestimmt mit AG-Geologie



Firmenlogo	Projektbezeichnung	Firmenlogo
TM von: <u>2945</u> bis: <u>2970</u> Bearbeiter: <u>Geologe</u> Datum: <u>10.4.2018</u> Blatt <u>31</u>		
Allgemeine geologische Beschreibung des Stollenabschnitts (Gebirgsaufbau / Lithologie / Gefüge):		
Teilbereiche im kartierten Abschnitt: <u>(A) / (B) / (C) / D / E / F / G / H / I / J</u>		
Teilbereich: <u>C</u>		
Angaben zum Bergwasser: Zutrittsmenge Bergwasser: Ort: <u>verschieden</u> <input type="checkbox"/> 0,0 l/s <input checked="" type="checkbox"/> > 0,0 - 0,05 l/s <input type="checkbox"/> > 0,05 - 0,5 l/s <input type="checkbox"/> > 0,5 - 5 l/s <input type="checkbox"/> > 5 l/s		
Profilhaltigkeit Laibung: <input checked="" type="checkbox"/> sehr gut (Unebenheiten/Ausbrüche überwiegend <= 5 cm) <input type="checkbox"/> gut (Ausbrüche > 5 cm bis 0,2 m Tiefe) <input type="checkbox"/> mäßig (Ausbrüche > 0,2 m bis 1,0 m Tiefe) <input type="checkbox"/> weit ausgebrochen (Ausbrüche > 1,0 m Tiefe). Volumen: ca: m³		
Kluftabstand: <input checked="" type="checkbox"/> > 200 cm <input checked="" type="checkbox"/> 60 - 200 cm <input type="checkbox"/> 20 - 60 cm <input type="checkbox"/> 6 - 20 cm <input type="checkbox"/> 2 - 6 cm <input type="checkbox"/> < 2 cm	Abstand ss/sf: <input type="checkbox"/> > 200 cm <input type="checkbox"/> 60 - 200 cm <input type="checkbox"/> 20 - 60 cm <input type="checkbox"/> 6 - 20 cm <input checked="" type="checkbox"/> 2 - 6 cm <input type="checkbox"/> 6 mm - 2 cm <input type="checkbox"/> < 6 mm	UCS*: <input type="checkbox"/> > 250 MPa <input type="checkbox"/> 100 - 250 MPa <input checked="" type="checkbox"/> 50 - 100 MPa <input type="checkbox"/> 25 - 50 MPa <input type="checkbox"/> 5 - 25 MPa <input type="checkbox"/> 1 - 5 MPa <input type="checkbox"/> < 1 MPa
Verkarstung: <input type="checkbox"/> nicht anwendbar <input checked="" type="checkbox"/> keine/gering <input type="checkbox"/> verkarstet <input type="checkbox"/> stark verkarstet	TF-Öffnung: <input checked="" type="checkbox"/> TF geschlossen <input type="checkbox"/> TF teilweise offen <input type="checkbox"/> TF üwgld. offen <input type="checkbox"/> nicht beobachtbar	Veränderlichkeit: <input checked="" type="checkbox"/> nicht veränderlich <input type="checkbox"/> veränderlich <input type="checkbox"/> stark veränderlich
Lithologie: <u>100 % dunkles Marmor</u>		
Zurdnung Gebirgsart:		
Beschreibung:		
Angaben zum Bergwasser: Ort: Zutrittsmenge Bergwasser gesamt: <input type="checkbox"/> 0,0 l/s <input type="checkbox"/> > 0,0 - 0,05 l/s <input type="checkbox"/> > 0,05 - 0,5 l/s <input type="checkbox"/> > 0,5 - 5 l/s <input type="checkbox"/> > 5 l/s		
Profilhaltigkeit Laibung: <input type="checkbox"/> sehr gut (Unebenheiten/Ausbrüche überwiegend <= 5 cm) <input type="checkbox"/> gut (Ausbrüche > 5 cm bis 0,2 m Tiefe) <input type="checkbox"/> mäßig (Ausbrüche > 0,2 m bis 1,0 m Tiefe) <input type="checkbox"/> weit ausgebrochen (Ausbrüche > 1,0 m Tiefe). Volumen: ca: m³		
Kluftabstand: <input type="checkbox"/> > 200 cm <input type="checkbox"/> 60 - 200 cm <input type="checkbox"/> 20 - 60 cm <input type="checkbox"/> 6 - 20 cm <input type="checkbox"/> 2 - 6 cm <input type="checkbox"/> < 2 cm	Abstand ss/sf: <input type="checkbox"/> > 200 cm <input type="checkbox"/> 60 - 200 cm <input type="checkbox"/> 20 - 60 cm <input type="checkbox"/> 6 - 20 cm <input type="checkbox"/> 2 - 6 cm <input type="checkbox"/> 6 mm - 2 cm <input type="checkbox"/> < 6 mm	UCS*: <input type="checkbox"/> > 250 MPa <input type="checkbox"/> 100 - 250 MPa <input type="checkbox"/> 50 - 100 MPa <input type="checkbox"/> 25 - 50 MPa <input type="checkbox"/> 5 - 25 MPa <input type="checkbox"/> 1 - 5 MPa <input type="checkbox"/> < 1 MPa
Verkarstung: <input type="checkbox"/> nicht anwendbar <input type="checkbox"/> keine/gering <input type="checkbox"/> verkarstet <input type="checkbox"/> stark verkarstet	TF-Öffnung: <input type="checkbox"/> TF geschlossen <input type="checkbox"/> TF teilweise offen <input type="checkbox"/> TF üwgld. offen <input type="checkbox"/> nicht beobachtbar	Veränderlichkeit: <input type="checkbox"/> nicht veränderlich <input type="checkbox"/> veränderlich <input type="checkbox"/> stark veränderlich
Lithologie:		
Zurdnung Gebirgsart:		
Beschreibung:		


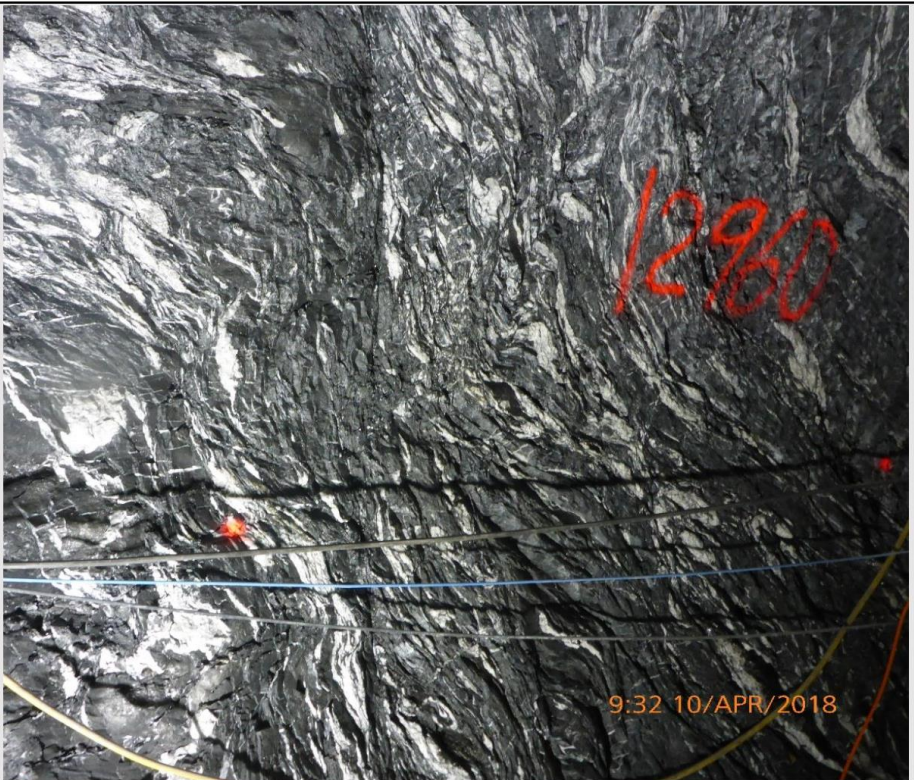
10.4.2018
Datum, Bearbeiter

Geologe


Abgestimmt mit AG-Geologie

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Firmenlogo</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Projektbezeichnung</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Einvernehmlicher Baugeologischer Befund</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Fotodokumentation</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Firmenlogo</div>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;">TM: 2945-2970Bearbeiter: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">Geologe</div>Datum: 10.04.2018Blatt 4 / 6</div>		
<p>Foto Nr. 1</p> <p>Linker Ulm zwischen ca. TM 2945 und 2947:</p> <p>Die Laibung zeigt eine gute Profilhaltigkeit (kleinere Ausbrüche < 5 cm).</p> <p>Im Bereich der Aufnahme stehen gebänderte hell- bis dunkelgraue Marmore an. In diese sind immer wieder Linsen und Lagen eines vmtl. dolomitschen Marmors zwischengeschaltet (brekziös, HCl test allerdings positiv).</p> <p>Wasserezutritte sind keine zu beobachten.</p>		
<p>Foto Nr. 2</p> <p>Linker Ulm im Bereich von TM 2946:</p> <p>Beispiel für die vmtl. dolomitschen Zwischenlagen und -linsen im gebänderten Marmor. Sie weisen eine auffällige Brekzierung auf, und sind häufig mit Eisenhydroxid-Ausfällungen assoziiert.</p>		

Firmenlogo		Projektbezeichnung	Firmenlogo	
		Einvernehmlicher Baugeologischer Befund		
Fotodokumentation				
TM: 2945-2970	Bearbeiter: Geologe	Datum: 10.04.2018	Blatt 5 / 6	
<p>Foto Nr. 3</p> <p>Linker Ulm bei ca. TM 2950:</p> <p>Die Laibung zeigt eine gute Profilhaltigkeit, es treten Ausbrüche bis ca. 10 cm Tiefe auf.</p> <p>In diesem Bereich stehen weiterhin die gebänderten und deutlich geschieferten (2-6 cm) Marmore an.</p> <p>Es treten nur wenige Kluftflächen auf (TF-Abstände > 2m). Hier ist eine leicht gebogene Trennfläche zu sehen.</p> <p>Wasserzutritte sind keine zu beobachten.</p>				
<p>Foto Nr. 4</p> <p>Linker Ulm bei ca. TM 2955:</p> <p>Die Laibung zeigt eine gute Profilhaltigkeit, es treten Ausbrüche bis ca. 20 cm Tiefe auf.</p> <p>Weiterhin stehen die gebänderten Marmore an.</p> <p>Wasserzutritte sind keine zu beobachten.</p>				

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Firmenlogo</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Projektbezeichnung</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Einvernehmlicher Baugeologischer Befund</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Fotodokumentation</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #cccccc;">Firmenlogo</div>	
TM: 2945-2970	Bearbeiter: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Geologe</div>	Datum: 10.04.2018	Blatt 6 / 6
<p>Foto Nr. 5</p> <p>Linker Ulm zwischen ca. TM 2955 und TM 2960:</p> <p>Die Laibung zeigt eine gute Profilhaltigkeit (Ausbrüche bis ca. 20 cm).</p> <p>In diesem Bereich gehen die gebänderten Marmore in dunkle geschieferte Gesteine (Graphit-Schiefer) mit hellen Quarzbändern und -linsen über.</p> <p>Es treten sehr leicht tropfende Wasserzutritte im Übergangsbereich auf.</p>			
<p>Foto Nr. 6</p> <p>Linker Ulm bei ca. 2960:</p> <p>Detailaufnahme der graphitischen Schiefer mit Quarzlinsen und -lagen. Das Gestein ist intensiv geschiefert und zeigt häufig Boudinagen aus Quarz. Lokal ändert sich die Schieferungs-richtung z.T. deutlich und weicht so vom durchschnittlichen Einfallen von ca. 345/80 ab.</p> <p>Wasserzutritte treten nicht auf.</p>			

A2-2. DOKUMENTATION MIT ABSCHLAGSBERICHT EINES STRAßENTUNNELS IM FESTGESTEIN, ZYKLISCHER VORTRIEB IM KALOTTENQUERSCHNITT

Firmenlogo		Projektbezeichnung		Firmenlogo		Firmenlogo	
Vortrieb: Ostrohre VT Nord Tunnelmeter: 2872,7 Maßstab: 1:125		Baugeologische Dokumentation Regelquerschnitt: PB Nord Kalotte Überlagerung [m]: 539,4		Geologe Datum: 23.10.2014 Uhrzeit: 07:30 Abschlagslänge: 2,2m Vortriebsart: Sprengen			
Maßstab: 1:125		Geologie: Achse: 140		Gebirgsarten GA0 / 62% GA2 / 31% GA4.1 / 7%		Gesamtwassermenge im Vortriebsbereich -	
		<p>Maßgebliche Gebirgsart: GA2</p> <p>Gebirge: Gebirge tektonisch beansprucht; SF engständig (B) bis mittelständig (A) ausgebildet und mäßig steil gegen VTR einfallend; steil Richtung S einfallende Störungszone bis ~1m Mächtigkeit; engständig zerlegt; parallele, hoch persistente Klufschär (K1), mittelständig, meist chloritisch besetzt; konjugierendes Klufscharsystem, steil Richtung E (K2) bzw. mäßig flach Richtung W (K3) einfallend, generell mittelständig.</p> <p>Zurtritsart: -</p> <p>Austrittsform: -</p> <p>Menge I/S: -</p> <p>Auslaufverhalten: -</p> <p>Anmerkungen: Gebirge im Allgemeinen trocken bis bergfeucht.</p>		<p>Gestein/Stratigraf. Eh</p> <p>sf / ss: 20 - 60 cm</p> <p>Zerlegungsgrad: 20 - 60 cm</p> <p>Verwitterung/Farbe: frisch / dunkelgrau-grün</p> <p>Festigkeit/Kornbind.: 100-250 MPa / sehr gut</p> <p>Gestein/Stratigraf. Eh</p> <p>sf/ss / Zerlegung: -</p> <p>Verwitterung/Farbe: -</p> <p>Festigkeit/Kornbind.: -</p> <p>Geologische Beschreibung: A/B) Amphibolit in Wechselagerung mit Biotitgneis, dunkelgrau-grün, pyrit -/granatführend, sehr hohe Gesteinsfestigkeit; C) Störungsgestein, kataklastisches Material, begleitet von zerüteltem Amphibolit und Gneis, dunkelgrau-braun.</p>		<p>Störungsgestein/ Gakr. 6,7%</p> <p>n.b.</p> <p>20 - 60 cm</p> <p>frisch / grau</p> <p>25-50 MPa / mäßig</p>	
Trennflächen		Trennflächenart: Schieferung		Schieferung		Störung	
Fallrichtung/Fallwert: sf 341/49		TF-Abst/TF-Öffn [cm]: 6 - 20 cm / -cm		eben / rau		sf 345/49	
TF-Oberfl/Beschaffen: wellig / rau		Besteige/Füllungen: - / -		- / -		2 - 6 cm / -cm	
Trennflächen: Störung hohe geom. Wirksamkeit, Klüftung und SF geom. mäßig wirksam; Trennflächen meist verheilt.						eben / glatt	
System		Ausbruchsverhalten: Ortsbrust überwiegend durch SF gelenkt, Störung bedingt stufigen Ausbruch am rechten First, im Störungsbereich plattiges Abgleiten auf SF-Flächen.					
Diverses		Anmerkungen Abschlag: Bohrrillen zum Teil gut erkennbar.					
Proben:							
Vortriebsklasse: VKL PB - K 5		Seite 1 von 3				Blattnummer: 290	

Firmenlogo	Projektbezeichnung	Firmenlogo	Firmenlogo
Vortrieb: Oströhre VT Nord Tunnellmeter: 2872,7 TQ: Kalotte Bau-km: 142682	Baugeologische Dokumentation Regelquerschnitt: PB Nord Kalotte Überlagerung [m]: 539,4	Datum: 23.10.2014 Uhrzeit: 07:30 Vortriebsart: Sprengen	
<div data-bbox="391 873 1157 2004" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1252 1646 1284 2004" data-label="Caption"> <p>Bild oben: Übersichtsfoto - Ortsbrust.</p> </div>	<div data-bbox="391 526 837 862" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="837 313 893 862" data-label="Caption"> <p>Bild oben: Detail - kataklastische Störung mit zerüttetem Amphibolit und Gneis.</p> </div> <div data-bbox="941 268 1388 862" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1284 896 1340 1355" data-label="Caption"> <p>Bild rechts: Detail - stufiger Ausbruch am First, bedingt durch Störung.</p> </div>		
Fotodokumentation	Seite 2 von 3	Blattnummer: 290	

Firmenlogo		Projektbezeichnung		Firmenlogo		Firmenlogo	
Vortrieb: Oströhre VT Nord Tunnelmeter: 2872,7		TQ: Kalotte Bau-km: 142682		Regelquerschnitt: PB Nord Kalotte Überlagerung [m]: 539,4		Geologe: Achsrichtung: 140°	
				Geologie			
				Datum: 23.10.2014 Abschlagslänge: 2,2m Uhrzeit: 07:30 Vortriebsart: Sprengen			

Gefüge: 11 Messungen

Typ	Messwert	Ausbisslänge	Öffnung	Abstand	Welligkeit	Rauhigkeit	Besteige	Füllung	Linear	Bemerkungen
sf	341/49	> 6m	- cm	6 - 20 cm	wellig	rauh	-	-	-	
sf	324/57	> 6m	- cm	eben	eben	rauh	-	-	-	
sf	345/49	> 4m	- cm	20 - 60 cm	wellig	rauh	-	-	-	
st	185/77	> 6m	- cm	2 - 6 cm	eben	glatt	-	schluffig/sandig	-	
st	199/68	> 6m	- cm	2 - 6 cm	eben	glatt	-	schluffig/sandig	-	
K1	199/63	> 6m	- cm	20 - 60 cm	stufig	rauh	-	-	-	
K1	214/50	> 4m	- cm	20 - 60 cm	stufig	rauh	chloritisch	-	-	
K1	200/66	1-2 m	- cm	20 - 60 cm	stufig	rauh	chloritisch	-	-	
K2	108/70	> 4m	- cm	20 - 60 cm	eben	rauh	-	-	-	
K2	092/73	> 4m	- cm	20 - 60 cm	eben	rauh	-	-	-	
K3	292/42	4-5 m	- cm	20 - 60 cm	stufig	rauh	-	-	-	

Lagekugeldarstellung Schichtliches Netz (untere Halbkugel)
Die Vortriebsrichtung ist magentafarben eingetragen.

N = 11

Schichtung/Schieferung = blau, Klüfte = grün, Störungen = rot

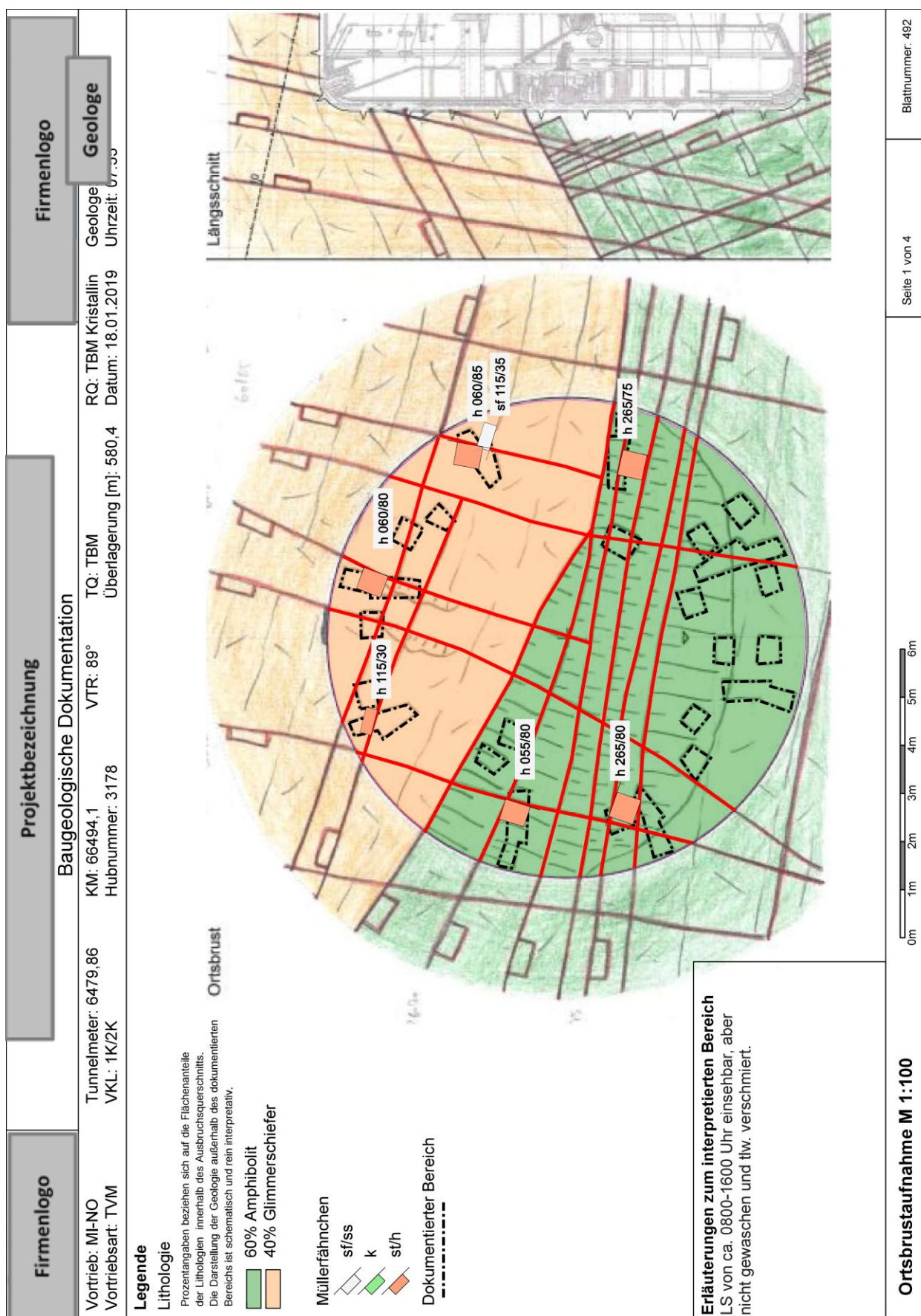
Lithologiepolygone: Anzahl in Ortsbrust: 5

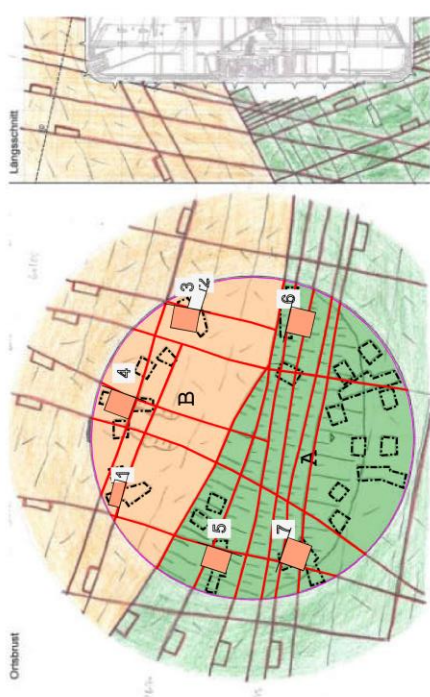
Typ (Anzahl)	Fläche[m ²]	Anteil OB	GSI	SP2-Schieferung dom.	SP3-Illithostruktur. Parameter	Homogenbereich
Amphibolit (2)	24,04	31,42%	> 40	6 - 20 cm		B
Amphibolit (2)	47,4	61,93%	> 40	20 - 60 cm		A
Störungsgestein (1)	5,09	6,65%	40 - 25	n.b.		C

Gefüge / Lithologie
Seite 3 von 3
Blattnummer: 290

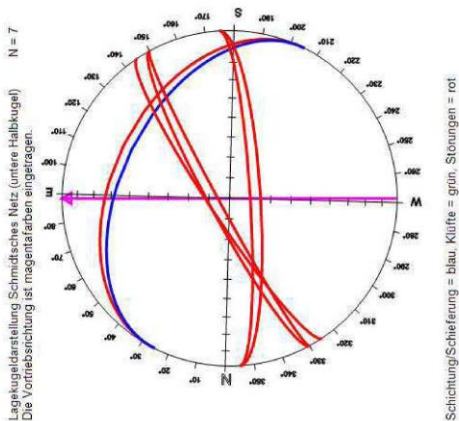
A2-3. EINVERNEHMLICHE AUFNAHME AN- UND AG-GEOLOGE AN DER ORTSBRUST UND ABSCHLAGSBERICHT DES AG-GEOLOGEN IM FESTGESTEIN, MASCHINENVORTRIEB

Firmenlogo	Projektbezeichnung Geologische Feldaufnahme - TBM	Firmenlogo	Geologischer Längsschnitt	Firmenlogo	Geologe AN
Feldaufnahmemeßblatt - TBM	TM: 6479,86 KM: 6643,68 Hub-Nr.: 3178 Datum: 18.12.1999 Uhrzeit: 7:05-7:55 M 1 : 100	Beschreibung: Ober Glimmerschiefer mit Quarz- weichen Schieferungslagen im ca. bis unter den Bereich. Unter Anhydrit in Biotit-Hornfelszone. Unter großflächig streifig (Breiten- breiter) vorgelagert bei max 3m Tiefe. Oben kleinschalige Vorbreite bis 35cm Tiefe. Vertiefungen nur beschränkt vorhanden u. durch Ausbrüche unterbrochen.	Bergwasser: kohlensäure / trocken Spalt in Fische verbleibt, im Li Körner 2cm, im re Kämpfer Kern per. Transfieren quarzit., dextr., feing-granul., best.	Bemerkungen: Gasermessung: 0,03 Vol% CO ₂ , 0% H ₂ O, 20,9 Vol% O ₂ , 0 ppm CO. Temp.-Gehalte 38°C, Bohrtopf 46°C, bis 72°C. Leitung überaus unebenmäßig + in Fische unregelmäßig → Ausbrüche bis 5cm Tiefe.	Geostreife: Glimmer-schiefer / Hornfels Farbe: grau Tropie: Breitenstreifen Zerlegung [cm]: 60-200 cm Festigkeit [MPa]: 50-100 MPa SF-Abstand [cm]: 100-250 m Konsistenz: locker Piezität: gestein Lagerungsdichte:



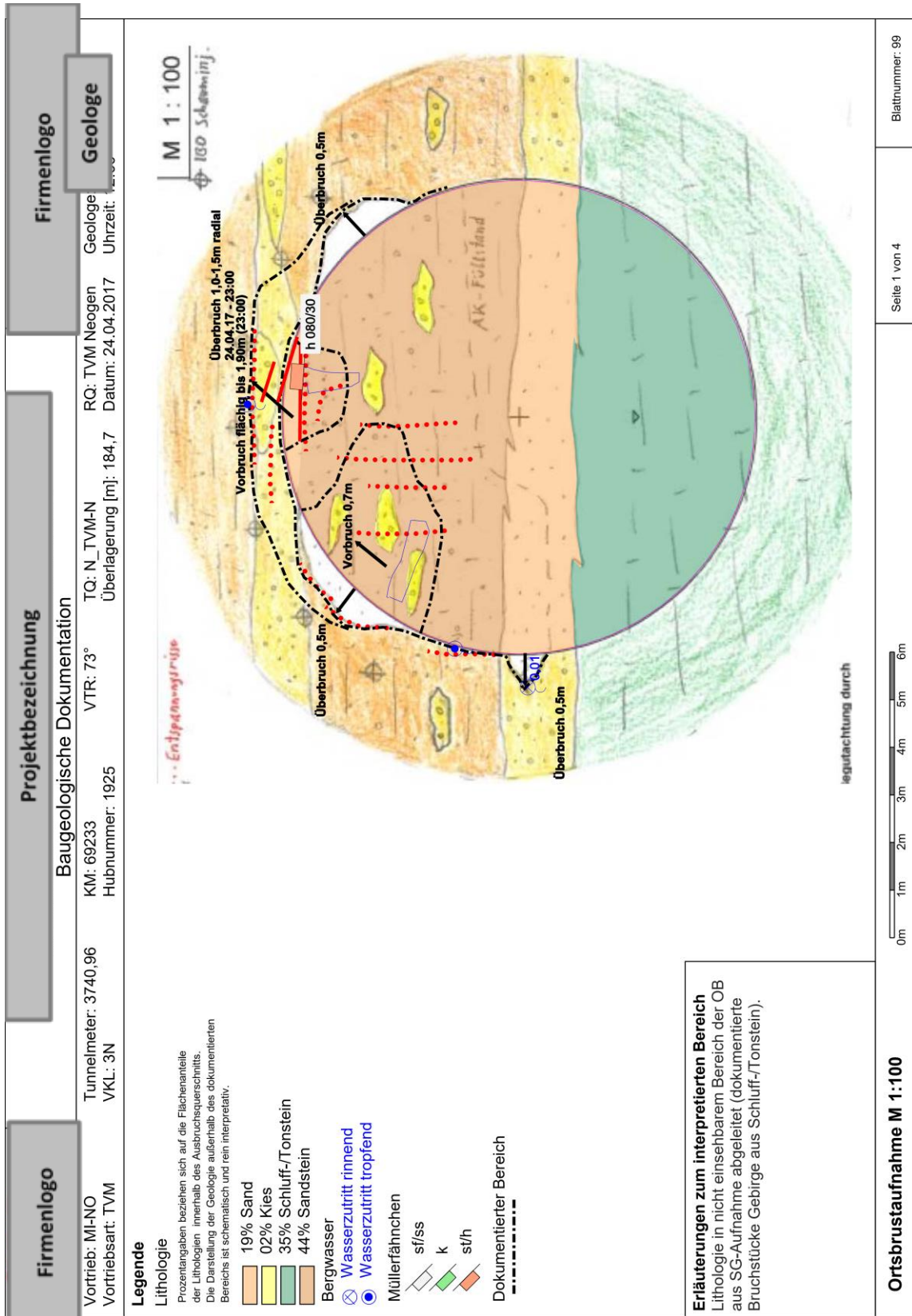
Firmenlogo		Projektbezeichnung		Firmenlogo	
Baugeologische Dokumentation		Geologie		Geologie	
Vortrieb: MI-NO	Tunnelmeter: 6479,86	KM: 66494,1	VTR: 89°	TQ: TBM	RQ: TBM Kristallin
Vortriebsart: TVM	VKL: 1K/2K	Hubnummer: 3178	Überlagerung [m]: 580,4	Datum: 18.01.2019	Uhrzeit: 07:55
Maßstab: 1:200 verkleinert		Maßgebliche Gebirgsart: GA K7			
Verteilung der Lithologie:		Gebirgsarten			
		Mittelständig (A) bis weitständig (B) zerlegtes Gebirge. Die Schieferung fällt flach bis mittelsteil in Richtung ESE und streicht schräg zur OB. In der unteren OB-Hälfte mittelständiges Set aus hoch persistenten, steil gegen den Vortrieb einfallenden u. subparallel zum OB streichenden Harnischflächen. Weiteres Set an hoch persistenten Harnischen fällt steil bis sehr steil in Richtung NE u. streicht schräg zur OB.			
		Gesamtwassermenge im Vortriebsbereich			
		0 l/s			
		Anmerkungen: Gebirge ist trocken/bergfeucht.			
		HornB./Gestein/Strat:			
		sf / ss: 20 - 60 cm			
		Zerlegungsgrad: 20 - 60 cm			
		Verwitterung/Farbe: frisch / dkl. grau			
		Festigkeit/Kombind.: 100-150 MPa / 50-100 MPa			
		HornB./Gestein/Strat:			
		Konsistenz/Plastizität:			
		Korngef./Lagerungsst.			
		Farbe:			
		Geologische Beschreibung: Amphibolit mit Übergängen zu Biotit-Hornblende-Gneis (B), dunkelgrau, frisch, lagenweise glimmerreich & granatführend, sehr hohe (100-150 MPa) Festigkeiten. Glimmerschiefer mit Übergängen zu quarzreichem Schiefergneis (B), grau, frisch, glimmerreich, mit hohen Festigkeiten (50-100 MPa).			
		Trennflächen			
		Nr. / Trennflächenart: 1/ Störung			
		Fallrichtung/Fallwert: h 115/30			
		TF-Abst./TF-Öffnung: 60 - 200 cm / <0,1cm			
		TF-Oberfl./Beschaffen: eben / glatt			
		Besteige/Füllungen: tonig / -			
		Trennflächen: Sf eben & rau, mäßig geomechanisch wirksam. Harnische eben & glatt, chloritisch/quarzitisch/graphitisch/tonig bestegt, geomech. hoch wirksam. Trennflächenneigung und Einfallrichtung geschätzt.			
		Systemverhalten im Ausbruchsbereich: Laibung: Überwiegend maßhaltig geschnitten, kleinvolumige Ausbrüche bis ca. 5cm Tiefe im First. Ortsbrust: Werkzeugspuren nur teilweise sichtbar. V.a. in der unt. OB-Hälfte stuf- und flächige Ausbrüche bis max. ca. 75cm entl. von Harnischen.			
		Profilmaßhaltigkeit: gut			
		Anmerkungen Abschlag: Einstieg von 07:05 - 07:55 Uhr. Begehung der AK über die Luken auf 6 und 12 Uhr. Gasmessung mit XAM7000: unauffällig. Temp. BK 46 °C; OB 38 °C; Diske 72 °C.			
		Diverses			
		Proben:			
		Details zu Bergwasser, Trennflächen und zur Lithologie siehe Seite 3			
		Seite 2 von 4			
		Blattnummer: 492			

Firmenlogo		Projektbezeichnung		Firmenlogo								
Baugeologische Dokumentation		Geologie		Geologie								
Vortrieb: MI-NO	Tunnelmeter: 6479,86	KM: 66494,1	VTR: 89°	TQ: TBM	RQ: TBM Kristallin							
Vortriebsart: TVM	VKL: 1K/2K	Hubnummer: 3178		Überlagerung [m]: 580,4	Datum: 18.01.2019							
Uhrzeit: 07:33												
Gefüge: 7 Messungen												
Nr.	Typ	Messung	Ausschl. Öffnung	Abstand	Welligkeit	Rauigkeit	Besteige	Füllung	zugeh. Lin.	Lithologie	GA	Geom. Wirks.
1:	h	115/30	> 3 m	<0,1 cm	60 - 200 cm	eben	glatt	tonig	-	Glimmerschiefer	GA K10	hoch
2:	sf	115/35	1-3 m	0 cm	60 - 200 cm	eben	rau	-	-	Glimmerschiefer	GA K10	mäßig
3:	h	060/85	> 3 m	<0,1 cm	60 - 200 cm	eben	glatt	chloritisch	-	Glimmerschiefer	GA K10	hoch
4:	h	060/80	> 3 m	<0,1 cm	60 - 200 cm	eben	glatt	chloritisch	-	Glimmerschiefer	GA K10	hoch
5:	h	055/80	> 3 m	<0,1 cm	60 - 200 cm	eben	glatt	quarzitisch	-	Amphibolit	GA K7	hoch
6:	h	265/75	> 3 m	<0,1 cm	6 - 20 cm	eben	glatt	quarzitisch	-	Amphibolit	GA K7	hoch
7:	h	265/80	> 3 m	<0,1 cm	6 - 20 cm	eben	glatt	graphitisch	-	Amphibolit	GA K7	hoch
Bergwasser: Zutritte in Ortsbrust: 0												
Nr.	Zutrittsart	Zutrittsort	Menge	Zutrittsform	Auslaufverhalten							
Lithologiepolygone: Anzahl in Ortsbrust: 2												
Festgesteine												
Typ (Anzahl Polygone)	Homogenb.	Anteil OB	Zerlegung	Verwitterung	Festigkeit	Tropie	Verkarstung	Kornbindung	Korngröße	Korngefüge	Zementation	Veränderlichkeit
Amphibolit (1)	A	60%	20 - 60 cm	frisch	100-150 MPa	anisotrop	keine					
Glimmerschiefer (1)	B	40%	60 - 200 cm	frisch	50-100 MPa	anisotrop	keine					
Alle Prozentangaben im Abschlagsbericht werden auf ganze Zahlen gerundet dargestellt. Dadurch kann es fallweise vorkommen, dass die Summe von den tatsächlichen 100% abweicht. Dies gilt auch für die Angaben zur Gesteinsverteilung auf Seite 1 und 2 und in gleicher Weise für die Verteilung der Gebirgsarten auf Seite 2 der Ortsbrustdokumentation.												
Gefüge / Lithologie										Seite 3 von 4		Blattnummer: 492



Firmenlogo	Projektbezeichnung	Firmenlogo
Vortrieb: MI-NO Vortriebsart: TVM	Baugeologische Dokumentation KM: 66494,1 Hubnummer: 3178	Geologe RQ: TBM Kristallin Datum: 18.01.2019 Uhrzeit: 07:30
	Tunnelmeter: 6479,86 VKL: 1K/2K	
	VTR: 89°	
	TQ: TBM Überlagerung [m]: 580,4	
 <p data-bbox="1252 1675 1276 2011">Bild oben: Mannloch auf ca.1330h.</p>	 <p data-bbox="837 347 885 857">Bild rechts: Laibung auf ca. 14h.</p>	 <p data-bbox="837 347 885 857">Bild oben: Bohrkopfföffnung auf ca.1730h, Blick nach oben, stufiger Ausbruch entlang von Harnischflächen.</p>
Fotodokumentation	Seite 4 von 4	Blattnummer: 492

A2-4. DOKUMENTATION MIT ABSCHLAGSBERICHT EINES LOCKERGESTEINSVORTRIEBES MITTELS EPB MASCHINENVORTRIEB

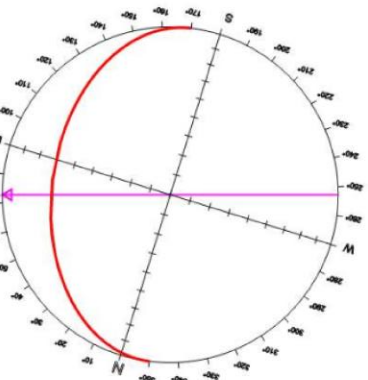


Firmenlogo		Projektbezeichnung		Firmenlogo	
Baugeologische Dokumentation Vortrieb: MI-NO Tunnelmeter: 3740,96 Vortriebsart: TVM VKL: 3N Maßstab: 1:200 verkleinert Verteilung der Lithologien:		VTR: 73° VTR: 1925 VTR: 12,00		RQ: TVM Neogen Datum: 24.04.2017 Uhrzeit: 12,00	
Maßgebliche Gebirgsart: GA N12 Dok.: Undeutlich geschichtetes und vielfach verzahntes Gebirge aus a. o. gering verfestigtem Sandstein mit Sandlagen und Kieselinseln. Schichteinfließen flach gegen die VTR orientiert.		Gebirgsarten GA N12 48% GA N9 35% GA N3 17%		Gesamtwassermenge im Vortriebsbereich 0,01 l/s	
Gebirge Nr./ Zutrittsart: 1/ Rinnend Zutrittsort: Poren-GW Zutrittsform: punktuell Menge l/s: 0,01 Auslaufverhalten: konstant Anmerkungen: Schwach rinnend linker Ulm mit geringfügigem Materialaustag aus Sand, kiesig. Tropfend in Firste bei Laibungsspalz ab 24,4, 17 - 23,00.		Bergwasser Nr./ Zutrittsart: 2/ Tropfend Zutrittsort: Poren-GW Zutrittsform: punktuell Menge l/s: 0,01 Auslaufverhalten: konstant Anmerkungen: Tropfend, nm zunehmend		Bergwasser Nr./ Zutrittsart: 3/ Tropfend Zutrittsort: Schichtwasser Zutrittsform: punktuell Menge l/s: 0,01 Auslaufverhalten: zunehmend	
Festgestein HomB./Gestein/Strat: B/Sandstein/Neo, 44% sf/ ss: n.b. Zerlegungsgrad: schwach verw. / braun Verwitterung/Farbe: <1 MPa / schlecht Festigkeit/Kombind.: 1-5 MPa / mäßig HomB./Gestein/Strat: A / Sand / 19% / Neo Konsistenz/Plastizität: mäßiggest./dicht Korngef./Lagerungs.: ockerbraun Farbe: braungrau		Festgestein HomB./Gestein/Strat: C/Schluff-/Tonstein/Neo, 35% sf/ ss: n.b. Zerlegungsgrad: schwach verw. / braun Verwitterung/Farbe: <1 MPa / schlecht Festigkeit/Kombind.: 1-5 MPa / mäßig HomB./Gestein/Strat: B / Kies / 2% / Neo Konsistenz/Plastizität: mäßiggest./dicht Korngef./Lagerungs.: ockerbraun Farbe: braungrau		Lockergest. HomB./Gestein/Strat: B / Kies / 2% / Neo Konsistenz/Plastizität: mäßiggest./dicht Korngef./Lagerungs.: ockerbraun Farbe: braungrau	
Trennflächen Nr. / Trennflächenart: 1/ Störung Fallrichtung/Fallwert: h 080/30 TF-Abs./TF-Öffnung: 20 - 60 cm / 0cm TF-Oberfl./Beschaffen: eben / glatt Bestege/Füllungen: tonig / -		Trennflächen Nr. / Trennflächenart: 1/ Störung Fallrichtung/Fallwert: h 080/30 TF-Abs./TF-Öffnung: 20 - 60 cm / 0cm TF-Oberfl./Beschaffen: eben / glatt Bestege/Füllungen: tonig / -		Trennflächen Nr. / Trennflächenart: 1/ Störung Fallrichtung/Fallwert: h 080/30 TF-Abs./TF-Öffnung: 20 - 60 cm / 0cm TF-Oberfl./Beschaffen: eben / glatt Bestege/Füllungen: tonig / -	
Geologische Beschreibung: Dok. Sand, kiesig (fgr-mgr) (A), ockerbraun, dicht gelagert, verwittert. Sandstein (B), braun, verwittert, a.o. gering verfestigt, schluffig und lokal schwach feinkiesig verzahnt mit Sand (Sst.Sa ca. 70:30) mit dm-starken Linsen aus Kies, sandig (bzw. Sand, stark kiesig), vereinzelt Steine. Kieskomp. kantig und häufig aliteriert (bevorzugt Pecm. Gisch. vermutl. auch Eklokt. Quarz intakt). Int.: (C) Schluff-/Tonstein.		Systemverhalten im Ausbruchsbereich: 12:00: OB-parallele Entspannungsrisse und Ablösen von Gesteinschollen. Steuerspalt geschlossen, anliegend. Gebirge am Schildmantel. 23:00: tiefer, Überbeanspr. führt zu progressivem, raschen Ablösen von m²-großen und dm-starken Gebirgsschollen.		Profilmaßhaltigkeit: schlecht	
Anmerkungen Abschlag: 1. Einstieg atm. (23.04.17) von 16:30-17:30, kaum Über- und Vorbrüche. SR-Öffnungen vollständig verfüllt. Schauminjektion in Summe 2,95 t. CO: max. 112 ppm, CO2: max. 4,75 Vol-%. 2. Einstieg (24.4.17-12:00), 3. Einstieg (24.4.17 - 23:00).		Proben: P1: Sa.gr; P2: Sa.gr; P3+4: Sst; Verkleb. SR+Disk		Diverses Details zu Bergwasser, Trennflächen und zur Lithologie siehe Seite 3	
Verteilung der Gebirgsarten: 		Verteilung der Gebirgsarten: 		Verteilung der Gebirgsarten: 	



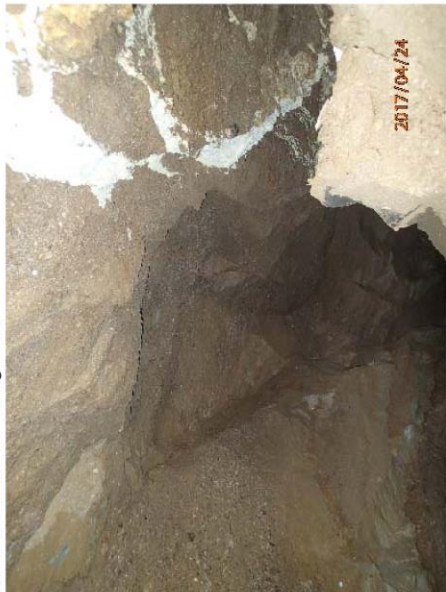
Firmenlogo		Projektbezeichnung				Firmenlogo																																																																																																																																																																																																																																											
Vortrieb: MI-NO Vortriebsart: TVM		Tunnelmeter: 3740,96 VKL: 3N		KM: 69233 Hubnummer: 1925		VTR: 73°																																																																																																																																																																																																																																											
Baugeologische Dokumentation		TQ: N_TVM-N Überlagerung [m]: 184,7		RQ: TVM Neogen Datum: 24.04.2017		Geologe: Geologe Uhrzeit: 12.00																																																																																																																																																																																																																																											
Gefüge: 1 Messungen <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr.</th> <th>Typ</th> <th>Messung</th> <th>Ausbissl.</th> <th>Öffnung</th> <th>Abstand</th> <th>Welligkeit</th> <th>Rauigkeit</th> <th>Besteige</th> <th>Füllung</th> <th>zugeh. Lin.</th> <th>Lithologie</th> <th>GA</th> <th>Geom. Wirks.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:</td> <td>h</td> <td>080/30</td> <td>1-3 m</td> <td>0 cm</td> <td>20 - 60 cm</td> <td>eben</td> <td>glatt</td> <td>tonig</td> <td>-</td> <td></td> <td>Sandstein</td> <td>GA N12</td> <td>hoch</td> </tr> </tbody> </table>								Nr.	Typ	Messung	Ausbissl.	Öffnung	Abstand	Welligkeit	Rauigkeit	Besteige	Füllung	zugeh. Lin.	Lithologie	GA	Geom. Wirks.	1:	h	080/30	1-3 m	0 cm	20 - 60 cm	eben	glatt	tonig	-		Sandstein	GA N12	hoch																																																																																																																																																																																																														
Nr.	Typ	Messung	Ausbissl.	Öffnung	Abstand	Welligkeit	Rauigkeit	Besteige	Füllung	zugeh. Lin.	Lithologie	GA	Geom. Wirks.																																																																																																																																																																																																																																				
1:	h	080/30	1-3 m	0 cm	20 - 60 cm	eben	glatt	tonig	-		Sandstein	GA N12	hoch																																																																																																																																																																																																																																				
Bergwasser: Zutritte in Ortsbrust: 3 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr.</th> <th>Zutrittsart</th> <th>Zutrittsort</th> <th>Menge</th> <th>Zutrittsform</th> <th>Auslaufverhalten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Rinnend</td> <td>Poren-GW</td> <td>0,01</td> <td>punktuell</td> <td>konstant</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Tropfend</td> <td>Poren-GW</td> <td>n.m.</td> <td>punktuell</td> <td>konstant</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Tropfend</td> <td>Schichtwasser</td> <td>n.m.</td> <td>punktuell</td> <td>zunehmend</td> </tr> </tbody> </table>								Nr.	Zutrittsart	Zutrittsort	Menge	Zutrittsform	Auslaufverhalten	1	Rinnend	Poren-GW	0,01	punktuell	konstant	2	Tropfend	Poren-GW	n.m.	punktuell	konstant	3	Tropfend	Schichtwasser	n.m.	punktuell	zunehmend																																																																																																																																																																																																																		
Nr.	Zutrittsart	Zutrittsort	Menge	Zutrittsform	Auslaufverhalten																																																																																																																																																																																																																																												
1	Rinnend	Poren-GW	0,01	punktuell	konstant																																																																																																																																																																																																																																												
2	Tropfend	Poren-GW	n.m.	punktuell	konstant																																																																																																																																																																																																																																												
3	Tropfend	Schichtwasser	n.m.	punktuell	zunehmend																																																																																																																																																																																																																																												
Lithologiepolygone: Anzahl in Ortsbrust: 4 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Festgesteine</th> <th colspan="2">Homogenb.</th> <th colspan="2">Anteil OB</th> <th colspan="2">Zerlegung</th> <th colspan="2">Verwitterung</th> <th colspan="2">Festigkeit</th> <th colspan="2">Tropie</th> <th colspan="2">Verkarstung</th> <th colspan="2">Korngefüge</th> <th colspan="2">Korngröße</th> <th colspan="2">Zementation</th> <th colspan="2">Veränderlichkeit</th> </tr> <tr> <th>Typ</th> <th>(Anzahl Polygone)</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>B</th> <th>C</th> <th><1 MPa</th> <th>1-5 MPa</th> <th>schwach verw.</th> <th></th> <th>schlecht</th> <th>mäßig</th> <th>sanddominiert</th> <th>ton-schluffdom.</th> <th>tonig</th> <th>veränderlich</th> <th>veränderlich</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sandstein (3)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schluff-/Tonstein (1)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="23"> Lockergesteine <table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>HB.</th> <th>Anteil OB</th> <th>Lagerungsd.</th> <th>Konsistenz</th> <th>Plastizität</th> <th>Korngröße</th> <th>Korngefüge</th> <th>Quelleigenschaften</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sand</td> <td>A</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>sanddominiert</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>0%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>0%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sand</td> <td>A</td> <td>17%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>sanddominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="23"> Alle Prozentangaben im Abschlagsbericht werden auf ganze Zahlen gerundet dargestellt. Dadurch kann es fallweise vorkommen, dass die Summe von den tatsächlichen 100% abweicht. Dies gilt auch für die Angaben zur Gesteinsverteilung auf Seite 1 und 2 und in gleicher Weise für die Verteilung der Gebirgsarten auf Seite 2 der Ortsbrustdokumentation. </td> </tr> <tr> <td colspan="18">Gefüge / Lithologie</td> <td colspan="2">Seite 3 von 4</td> <td colspan="3">Blattnummer: 99</td> </tr> </tbody> </table>								Festgesteine		Homogenb.		Anteil OB		Zerlegung		Verwitterung		Festigkeit		Tropie		Verkarstung		Korngefüge		Korngröße		Zementation		Veränderlichkeit		Typ	(Anzahl Polygone)	B	C	B	C	B	C	B	C	<1 MPa	1-5 MPa	schwach verw.		schlecht	mäßig	sanddominiert	ton-schluffdom.	tonig	veränderlich	veränderlich	Sandstein (3)																								Schluff-/Tonstein (1)																								Lockergesteine <table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>HB.</th> <th>Anteil OB</th> <th>Lagerungsd.</th> <th>Konsistenz</th> <th>Plastizität</th> <th>Korngröße</th> <th>Korngefüge</th> <th>Quelleigenschaften</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sand</td> <td>A</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>sanddominiert</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>0%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>0%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sand</td> <td>A</td> <td>17%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>sanddominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																							Typ	HB.	Anteil OB	Lagerungsd.	Konsistenz	Plastizität	Korngröße	Korngefüge	Quelleigenschaften	Sand	A	1%	dicht			sanddominiert			Kies	B	0%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Kies	B	0%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Sand	A	17%	dicht			sanddominiert	matrixgestützt		Alle Prozentangaben im Abschlagsbericht werden auf ganze Zahlen gerundet dargestellt. Dadurch kann es fallweise vorkommen, dass die Summe von den tatsächlichen 100% abweicht. Dies gilt auch für die Angaben zur Gesteinsverteilung auf Seite 1 und 2 und in gleicher Weise für die Verteilung der Gebirgsarten auf Seite 2 der Ortsbrustdokumentation.																							Gefüge / Lithologie																		Seite 3 von 4		Blattnummer: 99		
Festgesteine		Homogenb.		Anteil OB		Zerlegung		Verwitterung		Festigkeit		Tropie		Verkarstung		Korngefüge		Korngröße		Zementation		Veränderlichkeit																																																																																																																																																																																																																											
Typ	(Anzahl Polygone)	B	C	B	C	B	C	B	C	<1 MPa	1-5 MPa	schwach verw.		schlecht	mäßig	sanddominiert	ton-schluffdom.	tonig	veränderlich	veränderlich																																																																																																																																																																																																																													
Sandstein (3)																																																																																																																																																																																																																																																	
Schluff-/Tonstein (1)																																																																																																																																																																																																																																																	
Lockergesteine <table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>HB.</th> <th>Anteil OB</th> <th>Lagerungsd.</th> <th>Konsistenz</th> <th>Plastizität</th> <th>Korngröße</th> <th>Korngefüge</th> <th>Quelleigenschaften</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sand</td> <td>A</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>sanddominiert</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>0%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>0%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kies</td> <td>B</td> <td>1%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>kiesdominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sand</td> <td>A</td> <td>17%</td> <td>dicht</td> <td></td> <td></td> <td>sanddominiert</td> <td>matrixgestützt</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																							Typ	HB.	Anteil OB	Lagerungsd.	Konsistenz	Plastizität	Korngröße	Korngefüge	Quelleigenschaften	Sand	A	1%	dicht			sanddominiert			Kies	B	0%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Kies	B	0%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt		Sand	A	17%	dicht			sanddominiert	matrixgestützt																																																																																																																																																				
Typ	HB.	Anteil OB	Lagerungsd.	Konsistenz	Plastizität	Korngröße	Korngefüge	Quelleigenschaften																																																																																																																																																																																																																																									
Sand	A	1%	dicht			sanddominiert																																																																																																																																																																																																																																											
Kies	B	0%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt																																																																																																																																																																																																																																										
Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt																																																																																																																																																																																																																																										
Kies	B	0%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt																																																																																																																																																																																																																																										
Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt																																																																																																																																																																																																																																										
Kies	B	1%	dicht			kiesdominiert	matrixgestützt																																																																																																																																																																																																																																										
Sand	A	17%	dicht			sanddominiert	matrixgestützt																																																																																																																																																																																																																																										
Alle Prozentangaben im Abschlagsbericht werden auf ganze Zahlen gerundet dargestellt. Dadurch kann es fallweise vorkommen, dass die Summe von den tatsächlichen 100% abweicht. Dies gilt auch für die Angaben zur Gesteinsverteilung auf Seite 1 und 2 und in gleicher Weise für die Verteilung der Gebirgsarten auf Seite 2 der Ortsbrustdokumentation.																																																																																																																																																																																																																																																	
Gefüge / Lithologie																		Seite 3 von 4		Blattnummer: 99																																																																																																																																																																																																																													

Lagekugeldarstellung Schmidtsches Netz (untere Halbkugel)
Die Vorliebsichtung ist magentafarben eingetragen.

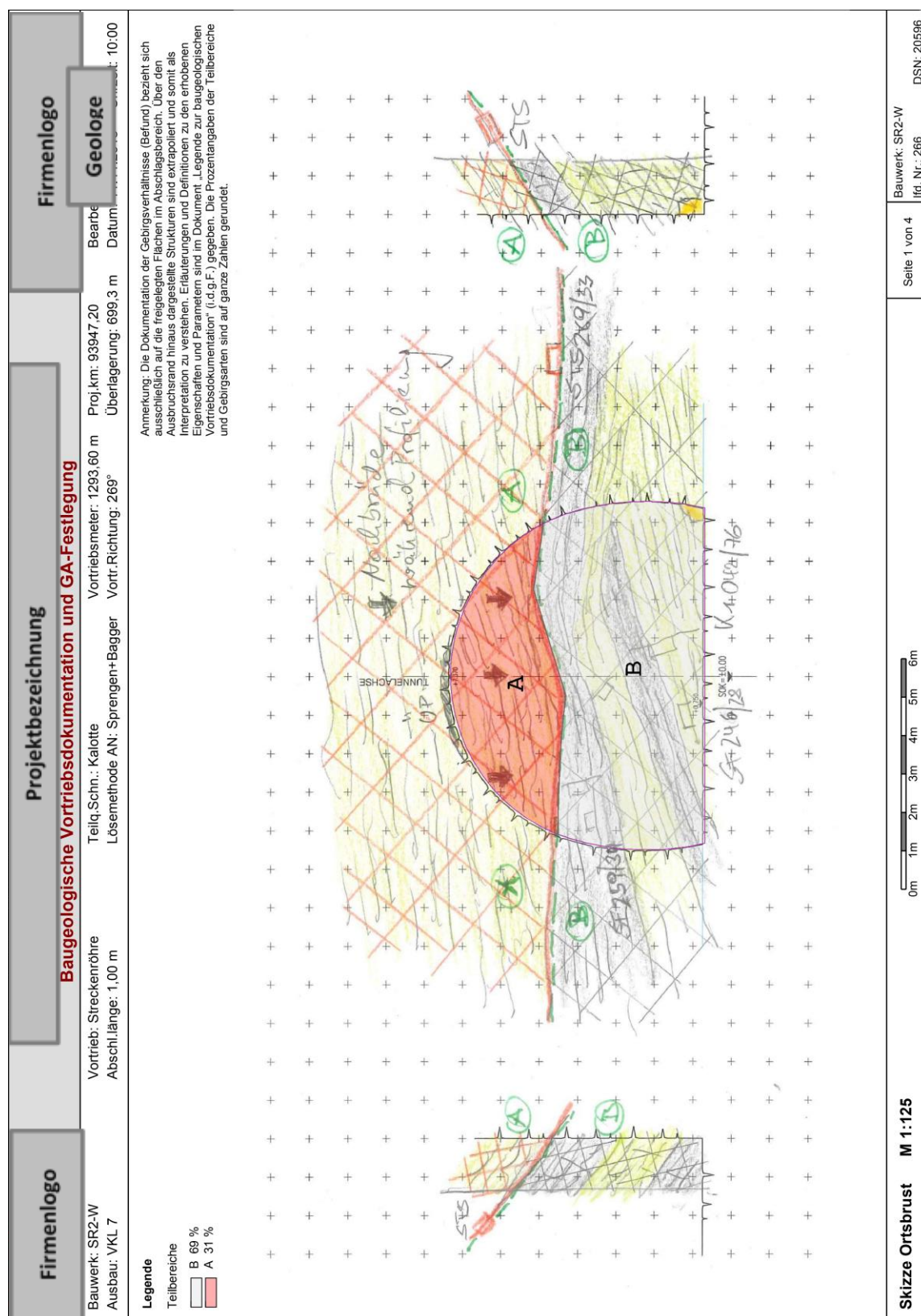
N = 1



Schichtung/Schiefung = blau, Klüfte = grün, Störungen = rot

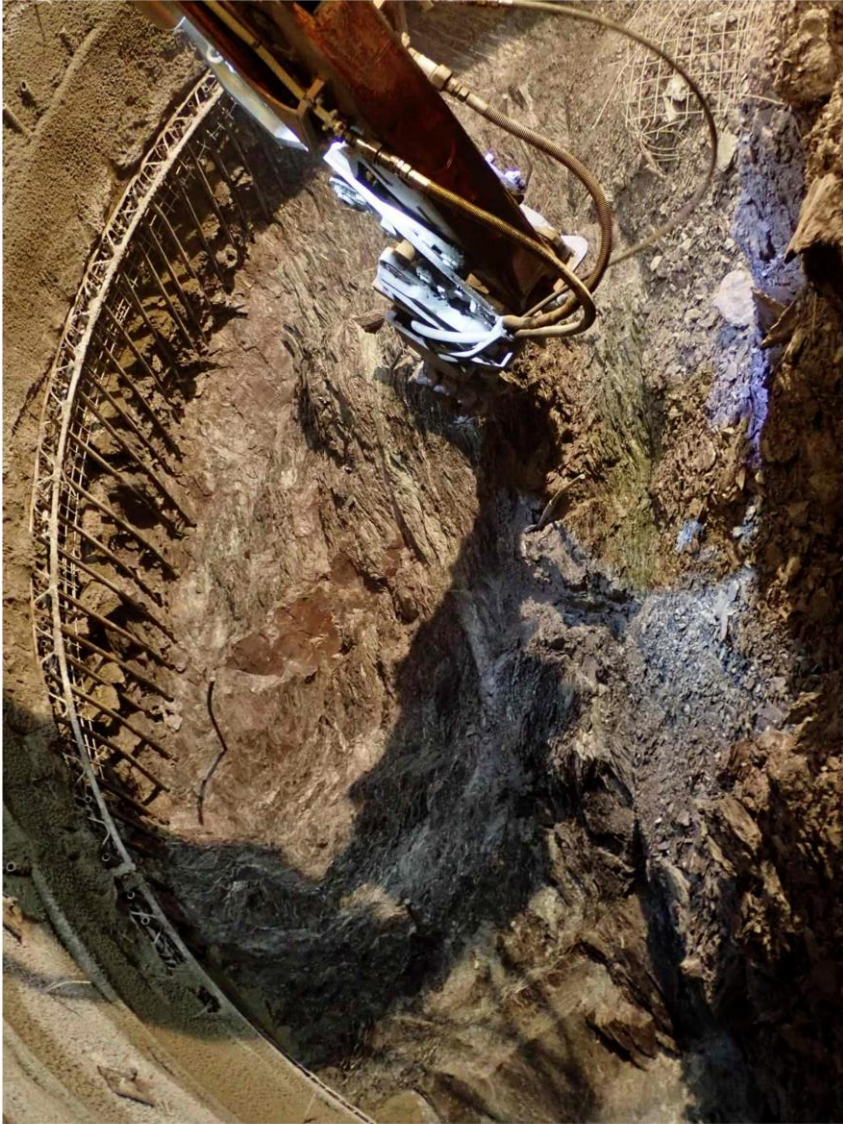
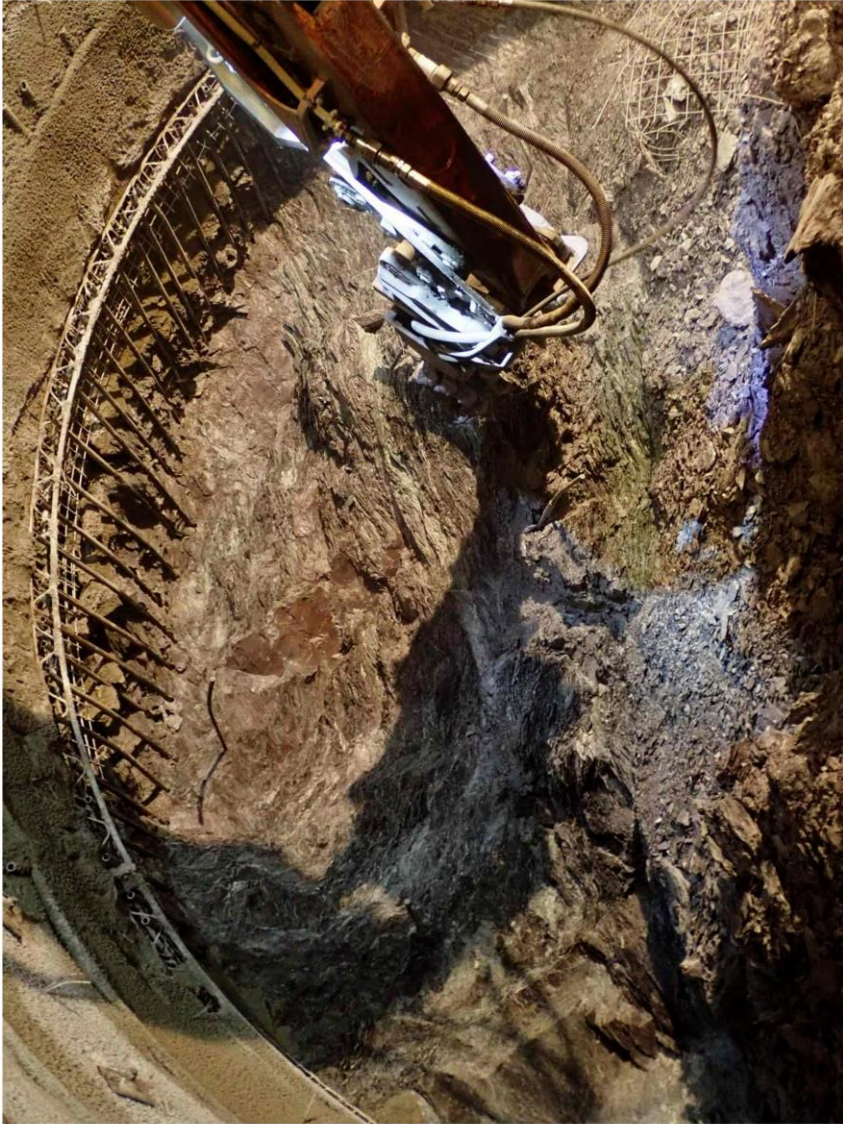
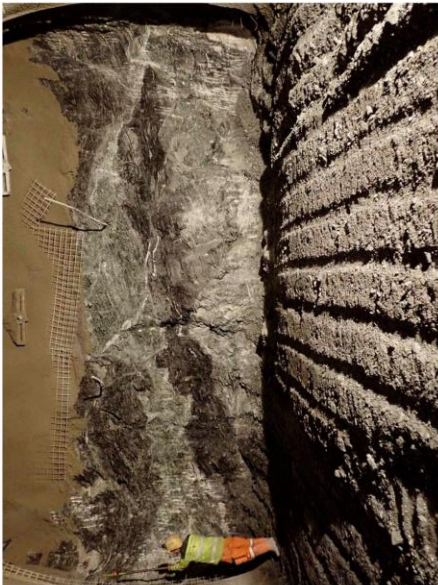
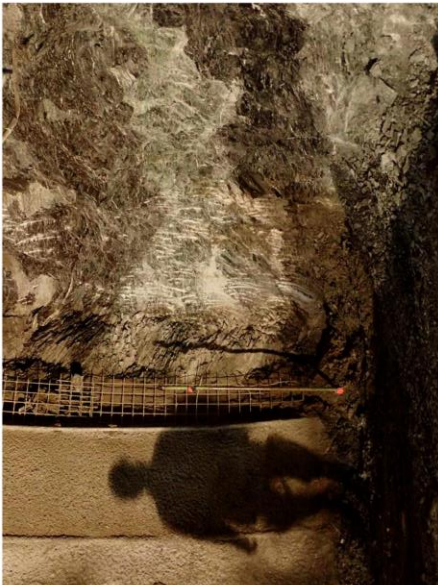
Firmenlogo	Projektbezeichnung	Firmenlogo
Vortrieb: MI-NO Vortriebsart: TVM	Baugeologische Dokumentation KM: 69233 Hubnummer: 1925	Geologe: Uhrzeit: 12.00
Tunnelmeter: 3740,96 VKL: 3N	VTR: 73° Überlagerung [m]: 184,7	RQ: TVM Neogen Datum: 24.04.2017
	 <p data-bbox="837 309 938 857"> Bild oben: 2. Einstieg: AK Schiltschneide 12Uhr Blick n rechts. Schaumstabilisiertes Gebirge (kiesiger Sand) anliegend auf Schildmantel mit Erdbrei < 1cm. Überbruch über Schneidrad wenige dm. </p>	 <p data-bbox="1284 896 1412 1350"> Bild rechts: 3. Einstieg: OB Blick durch SR-Öffnung 12Uhr nach rechts in Vor- und Überbruchbereich (re. unten im Bild Schneidrad). Sandstein, Kieslinsen, Sandlagen verzahnt. Rechts cm-starke Schaumlagen. </p>
<p data-bbox="1252 1417 1353 2011"> Bild oben: OB Blick aus SR-Öffnung 10Uhr mit Blick n. rechts oben Richtung zentraler OB. Schollenartiges Ablösen von Gesteinspaketen an OB. Sandstein mit Kieslinsen und verzahnten Sandlagen. </p>	<p data-bbox="1417 1758 1444 1989">Fotodokumentation</p>	<p data-bbox="1417 560 1444 660">Seite 4 von 4</p>
		<p data-bbox="1417 280 1444 403">Blattnummer: 99</p>

A2-5. MIXED-FACE KONDITIONEN (BAGGER- UND SPRENGVORTRIEB), KALOTTE EINES EISENBAHNTUNNELS



Firmenlogo		Projektbezeichnung		Firmenlogo							
Baugeologische Vortriebsdokumentation und GA-Festlegung		Geologie		Bearbeiter: Datum: 11.11.2018 10:00							
Bauwerk: SR2-W Ausbau: VKL 7	Vortrieb: Streckenröhre Abschl.länge: 1,00 m	Teilq.Schn.: Kalotte Lösemethode AN: Sprengen+Bagger	Vortriebsmeter: 1293,60 m Vortr.Richtung: 269°	Proj.km: 93947,20 Überlagerung: 699,3 m							
Allgemeine Gebirgsbeschreibung:			Übersicht aufgefahrene Gebirgsarten: (M 1:300):								
Geologie Allgem. geologische Beschreibung: Hangend: Sandig bis schluffiger Kataklastit mit geringen Anteilen von Serizitphyllit (TF-Gefüge reliktilsch erkennbar); rötlichgrau bis grünlichgrau; Gebirge sehr stark tektonisch überprägt (TB A). Liegend: Albiphyllit mit Einschüppungen von Serizitschiefer/Serizitphyllit; dunkelgrau bis grünlichgrau; dünnplattiger- dickplattiger Habitus u. stark bis sehr stark geklüftet/tw. zerrüttet (TB B).			Dokumentierte Gebirgsarten: GA6c / 69% GA5e / 31%								
Bergwasser Allgem. hydrogeologische Beschreibung: Ortsbrust und Laibung trocken bis bergfeucht; Tw. Feuchtstellen und kleinere Tropfwasserzutritte (< 0,01 l/s) im Bereich von Ankerbohrungen in gesicherter Laibung bis ca. 20 m vor der OB.											
Bergwasserzufluss OB: trocken - bergfeucht Zuflussmenge OB gesamt: 0,0 l/s [0,01 l/s]											
Geotechnik Ausbruchverhalten OB und Laibung: Nachbrechen von kleineren Gesteinspaketen über den Spießen. Nachbrüche aus TB A aufgrund der starken tektonischen Beanspruchung des Gebirges.											
Profilaßhaltigkeit: mittel											
Allgem. geotechnische Bemerkungen: Vortrieb SR2-W; Sprengen + Bagger; Öffnen in 2 Teilflächen. Profilieren mittels Anbaufräse; Ortsbrustanker (IBO); Spieße in Firste.			Festlegung der aufgefahrenen Gebirgsart(en): 12.11.2018								
Trennflächen:											
Nr.	Typ	Orientg.	Ausbissl.	Abstand	Welligk./Rauigk.	Bestege	Füllung	Öffnungsw.	Linear	Teilb.	Bemerkungen
1: SF	246/28	> 3 m		< 2 cm	wellig/glatt	-	-			B	
2: SF	259/34									B	
3: STS	269/33	> 6 m	k. A.	wellig/glatt		-	schluffig-sandig	30 mm		A	
4: KT	042/76	< 1 m		6 - 20 cm	welliggrau	-	-			B	
Legendiertes Stereogramm (mit unten links): N = 4 Die Vorzeichen sind in magenta dargestellt.											
SF/SS = schwebes K = abh. H = m. ST = magenta											
Wasserzutritte:											
Nr.	Zutrittsart	Schüttung	Schüttungsverh.	Zutrittsform	Zutrittsstelle	Temp [°C]	pH	LF [µS/cm]	Teilb.	Bemerkungen	
Proben: Bezeichnung / Typ / Bemerkung											
Datenblatt Gebirge, Trennflächen, Wasserzutritte											
Anmerkung: Erläuterungen und Definitionen zu den erhobenen Eigenschaften und Parametern sind im Dokument „Legende zur baugeologischen Vortriebsdokumentation“ (i.d.g.F.) gegeben.										Seite 2 von 4	Bauwerk: SR2-W lfd. Nr.: 266 DSN: 20596

Firmenlogo		Projektbezeichnung		Firmenlogo	
Baugeologische Vortriebsdokumentation und GA-Festlegung Bauwerk: SR2-W Ausbau: VKL 7 Vortrieb: Streckenröhre Abschl.länge: 1,00 m Teilq.Schn.: Kalotte Lösemethode AN: Sprengen+Bagger Vortriebsmeter: 1293,60 m Vortr.Richtung: 269° Proj.km: 93947,20 Überlagerung: 699,3 m Datum: 11.11.2010 10:00		Geologe Bearbeiter:			
Baugeologische Teilbereiche - Gebirge Festgestein:					
Teilbereich: B Anteil: 69 % SF-Abst. (dom./berw.) 0,6 - 2 cm / 2 - 6 cm	Gesteinsart Albiphylit Serizitschiefer K/H-Abst. (dom./berw.) 6 - 20 cm / 2 - 6 cm	% 55 % 45 % Tropie Gebirge stark anisotrop	Gesteinsfestigkeit 5-25 MPa 5-25 MPa	Beschreibung: Albiphylit mit Einschuppungen von Serizitschiefer/Serizityphylit, dunkelgrau bis grünlichgrau; fein- bis mittelkörnige, stark anisotrope Textur; dünnplattiger- dickplattiger Habitus u. stark bis sehr stark geklüftet/tw. zerrüttet, SF tw. serizitisch belegt.	Baugeol. Einheit: "Wechselschiefer"
Baugeologische Teilbereiche - Locker-/Störungsgesteine:					
Teilbereich: A Anteil: 31 % Konsistenz halbfest	Gesteinsart MS-Kataklasit Serizityphylit Lagerungsdichte dicht - sehr dicht	% 90 % 10 % Tropie Gebirge mäßig anisotrop	Gesteinsfestigkeit <1 MPa 1-5 MPa	Beschreibung: Sandig bis schluffiger Kataklasit mit geringen Anteilen von Serizityphylit (TF-Gefüge reliktsch erkennbar); rötlichgrau bis grünlichgrau; Gebirge sehr stark tektonisch überprägt.	Baugeol. Einheit: "Serizitschiefer"
				Veränderlichkeit V1 - frisch	Zugewiesen zu Gebirgsart: GA5e
				Veränderlichkeit V1 - frisch	Zugewiesen zu Gebirgsart: GA6c
Datenblatt baugeologische Teilbereiche					
Anmerkung: Erläuterungen und Definitionen zu den erhobenen Eigenschaften und Parametern sind im Dokument „Legende zur baugeologischen Vortriebsdokumentation“ (i.d.g.F.) gegeben.				Seite 3 von 4	Bauwerk: SR2-W lfd. Nr.: 266 DSN: 20596

Firmenlogo	Projektbezeichnung	Firmenlogo
Bauwerk: SR2-W Ausbau: VKL 7	Baugeologische Vortriebsdokumentation und GA-Festlegung Vortrieb: Streckenröhre Abschl.länge: 1,00 m Teilq.Schn.: Kalotte Lösemethode AN: Sprengen+Bagger	Bearbeiter: Geologe Datum: 11.05.2010 10:00 Proj.km: 93947,20 Überlagerung: 699,3 m Vortriebsmeter: 1293,60 m Vortr.Richtung: 269°
 <p data-bbox="1254 1397 1321 2009">Bild oben: Teilfläche 1: Sandig bis schluffiger Kataklastit mit geringen Anteilen von Serizitphylit (TF-Gefüge reilktisch erkennbar); Gebirge sehr stark tektonisch überprägt (TB A).</p>	 <p data-bbox="1286 1021 1310 1346">Bild rechts: OB und Laibung Süd (TF2).</p>	 <p data-bbox="837 311 904 857">Bild oben: Teilfläche 2: Albitphylit mit Einschlupungen von Serizitschiefer/Serizitphylit; dünnplattiger- dickplattiger Habitus u. stark bis sehr stark geklüftet/tw. zerrüttet (TB B).</p> 
Fotodokumentation	Seite 4 von 4	Bauwerk: SR2-W lfd. Nr.: 266 DSN: 20596

A2-6. KALOTTENVORTRIEB IM FESTGESTEIN FÜR EIN KRAFTWERKSPROJEKT, SPRENGVORTRIEB

Projektsbezeichnung					Firmenlogo				
BAUGEOLOGISCHE DOKUMENTATION									
Bauteil	Haupttunnel	Teilquerschnitt	Kalotte	lfd. Nr.	52	Richtung	82.93 °	Aufnahme	02.03.2020 07:30
Vortrieb	NORD-KA	Tunnelmeter	236.5 m (236.5)	AL	1.3 m	Überlag.	178.8 m	Geologe	Geologe
Maßstab 1:100									
GEOLOGIE					GEBIRGE				
<p>TB A: Quarzitische Gneise, mittelgrau, überwiegend bankig und bereichsweise dünnbankig, tw. schwach serizitische SF-Bestege; frisch bis angewittert, meist mittelständige bis weitständige und untergeordnet engständige Klüftung.</p> <p>TB B: Paragneis, in quarzitische Schiefer übergehend, grau, dunkelgrau bis grünlichgrau; vorwiegend dünnbankig und mittelständig geklüftet; teilweise serizitische Bestege entlang der SF, mäßig hohe bis hohe Gesteinsfestigkeiten, frisch bis angewittert, lokal verwittert.</p>					<p>Tektonisch mäßig beanspruchtes Gebirge mit steil nach SSW fallenden Schieferungsflächen (spitzwinklig bis schiefend zur Vortriebsrichtung streichend) und überwiegend günstigen (eben-rau, stufig-rau) Trennflächenausbildungen. Häufig limonitische Trennflächenbestege und teilweise schluffig-sandige Trennflächenbestege und Füllungen. Bereichsweise ausgeprägte Verwitterungszonen (V3) entlang von einzelnen Großklüften.</p>				
AUSBRUCHSVERHALTEN					BERGWASSERVERHÄLTNISSE				
<p>Überwiegend gute Verbandsfestigkeit und gute Verspannung des Gebirges. Keilförmige Klüftkörperausbrüche vor allem an Verschnitten der steil nach SSW fallenden Schieferung mit steil Richtung -E bzw. -NW fallender Klüftung (stufige Ortsbrust). Relativ günstige Stellung der Schieferungsflächen zur Vortriebsrichtung</p>					<p>Trockene bis bergfeuchte Ortsbrust ohne definierbare Wasserzutritte. Keine erkennbaren Wasserzutritte im gesicherten Bereich.</p>				
KURZZEITPROGNOSE									
<p>Die derzeit im rechten Teil der OB anstehenden quarzitischen Gneise streichen beim weiteren Vortrieb rechts aus dem Querschnitt. Von links folgen grüngraue Paragneise, die zunehmend in quarzitische Schiefer übergehen und beim weiteren Vortrieb anteilmäßig weiter zunehmen. Auf den nächsten Vortriebsmetern ist lt. derzeitigem Stand von vergleichbaren Gebirgsverhältnissen auszugehen. Innerhalb der quarzitischen Schiefer ist infolge der dominanten Schieferungsflächen und bei Vorhandensein von Trennflächenbestegen von einer erhöhten Teilbeweglichkeit entlang der Schieferungsflächen auszugehen.</p>									
Lösemethode	Sprengen		Profilmasshaltigkeit	gut		Bergwassermenge OB		0	
Gebirgsarten	GA 4a, GA 4b		Proben	keine		Bergwassermenge VT		0	

Geologischer Abschlagsbericht

24.08.2021

TEILBEREICHE

#	GESTEINSART	FARBE	VERWITT.	TRENNFL.ÖFF.	KK-FORM	KK-GRÖSSE	TROPIE	VERBANDSF.	BAUGEOL.EINH.
A)	22% Quarzitischer Gneis	mittelgrau	angewittert	tw. offen (< 0,5 mm)	tafelförmig	6 - 60 cm	mäßig anisotrop	VF2 (gut)	Quarzitabfolge
Festigkeiten: 60% sehr hoch (> 100 MPa); 40% hoch (50 - 100 MPa);				Schieferungsabstände: 70% mittelständig (20 - 60 cm); 30% engständig (6 - 20 cm);			Klüftflächenabstände: 80% mittelständig (20 - 60 cm); 20% engständig (6 - 20 cm);		
B)	78% Paragneis	grau/grünlichgrau bis tw. rostbraun	frisch	tw. offen (< 0,5 mm)	rhombisch	6 - 60 cm	mäßig anisotrop	VF2 (gut)	Quarzitabfolge
Festigkeiten: 40% mäßig hoch (25 - 50 MPa); 60% hoch (50 - 100 MPa);				Schieferungsabstände: 60% engständig (6 - 20 cm); 40% mittelständig (20 - 60 cm);			Klüftflächenabstände: 60% mittelständig (20 - 60 cm); 40% engständig (6 - 20 cm);		

TRENNFLÄCHEN

#	TYP	ORIENT.	ABSTAND	WELIGKEIT	RAUIGKEIT	ÖFF./BREITE	AUSBISSL.	FÜLLMAT.	BESTEGE
1)	Schieferung	194 / 75	engständig (60 - 200 mm)	eben	rau	tw. offen (< 0,5 mm)	>3 m	keine	serizitisch
2)	Schieferung	192 / 72	mittelständig (200 - 600 mm)	eben	rau	tw. offen (< 0,5 mm)	>3 m	keine	keine
3)	Kluft	307 / 86	weitständig (600 - 2000 mm)	eben	rau	offen (0,5 - 2,5 mm)	>6 m	keine	limonitisch
4)	Kluft	059 / 82	weitständig (600 - 2000 mm)	eben	rau	tw. offen (< 0,5 mm)	>3 m	keine	limonitisch
5)	Kluft	068 / 72	weitständig (600 - 2000 mm)	eben	rau	tw. offen (< 0,5 mm)	1 - 3 m	keine	limonitisch
6)	Kluft	104 / 40	mittelständig (200 - 600 mm)	stufig	rau	tw. offen (< 0,5 mm)	1 - 3 m	keine	keine
7)	Kluft	090 / 50	mittelständig (200 - 600 mm)	eben	rau	tw. offen (< 0,5 mm)	<1 m	keine	keine
8)	Harnisch	108 / 75	k.A.	wellig	glatt	offen (0,5 - 2,5 mm)	>6 m	keine	schluffig

FOTOS



Ortsbrust

Geologischer Abschlagsbericht

24.08.2021



Laibung links (N)



Laibung rechts (S)



Firste

ANHANG 3. DOKUMENTATION IN DEN TVM TYPEN

Die Dokumentation der Ortsbrust erfolgt beim kontinuierlichen Vortrieb durch Öffnungen im Schneidrad bzw. Bohrkopf. Im Gegensatz zum zyklischen Vortrieb liegen demnach nur punktuelle Aufschlüsse an verschiedenen Stellen des gesamten Querschnitts vor. Die Übersicht beim Einstieg in eine Abbaukammer ist dabei stark eingeschränkt. Daraus resultiert das Risiko die dokumentierten Teileinsichten an falschen Stellen des Gesamtquerschnitts in der Ortsbrustaufnahme einzutragen. Da die Schneidradarme zwischen den Öffnungen an der Schneidradrückseite nummeriert sind, hat sich in der Praxis bewährt, als Aufnahmeformular die Rückansicht des jeweiligen Schneidrads inkl. der Nummerierungen zu verwenden. Das Formular kann dann zur Dokumentation in der Abbaukammer entsprechend dem obenstehenden Schneidradarm ausgerichtet verwendet werden. Dadurch ist gewährleistet, dass die zwischen den Schneidradarmen durch die Öffnungen dokumentierten Teilbereiche immer an der richtigen Stelle eingetragen werden. Aufgrund der verfahrensbedingten geringen Einsicht sind bei allen Maschinentypen ergänzend Analysen des Ausbruchsmaterials und der TVM-Vortriebsdaten sinnvoll. Diese werden üblicherweise als sogenannte Momentanwerte im 5 bis 10-Sekundentakt automatisch erfasst und aufgezeichnet. Außerdem sind in der Regel Hubweise Mittel-, Maximum- und Minimalwerte zur Auswertung verfügbar. Dabei sind Korrelationen zwischen Änderungen der TVM-Vortriebsdaten und Wechseln bestimmter Baugrundeigenschaften möglich. Hinsichtlich der Aussagekraft sind allerdings auch überlagernde baubetriebliche Randbedingungen zu berücksichtigen. Analysen bezüglich Aussagekraft und möglicher Korrelationen von TVM-Vortriebsdaten zeigen [28], [29] und [30]. Anzumerken ist, dass TVM-Vortriebsdaten nicht zwangsläufig durch Geologen zu analysieren sind.

A3-1. TBM-DS MIT TÜBBINGAUSBAU DOPPELSCHILD-MASCHINE

A3-1.1. Allgemeines

Bei Schildmaschinen gliedert sich die baugeologische Dokumentation in Bereiche, die eine direkte Beobachtung der Gebirgsverhältnisse zulassen (z.B. Ortsbrust u. Geologenfenster) und indirekte Methoden (z.B. Schuttergut od. Maschinendaten). In Anlehnung an die [4] wird auch ein Bezug zu den unterschiedlichen Bereichen des Systemverhaltens hergestellt.

A3-1.2. Direkte Dokumentation

A3-1.2.1. Bohrkopfbereich / Schneidradbereich

Die Ortsbrust wird durch die unterschiedlichen Öffnungen (Mannlöcher, Räumeröffnungen, Meißelkästen, etc.) inspiziert. Die dabei einsehbaren bzw. dokumentierbaren Bereiche werden im Wesentlichen von der Zugänglichkeit der Öffnungen und dem Abstand zwischen Ortsbrust und Bohrkopf beschränkt. Wird der Bohrkopf nicht zurückgezogen und sind keine Öffnungen

vorhanden, durch die der Geologe auch einen Rundumblick hat, kann sich der einsehbare Bereich auf wenige Prozent der Gesamtfläche der Ortsbrust reduzieren. In der Praxis hat sich bei stabilen Ortsbrustverhältnissen ein Abstand von > 50 cm als zweckmäßig erwiesen, um eine gesamtheitliche Betrachtung der Ortsbrust zu ermöglichen. Ist eine visuelle Rundumsicht durch z.B. Kornbegrenzer in den Bohrkopföffnungen nicht möglich, wird eine zusätzliche Fotodokumentation (Video-Ringe oder ähnliches) umso wichtiger für eine aussagekräftige Dokumentation und Bewertung der Baugrundverhältnisse. In Abhängigkeit der genannten limitierenden Einflussfaktoren sind in den Feldaufnahmeblättern die unterschiedlich einsehbaren und damit dokumentierbaren Bereiche zu kennzeichnen.

Neben der baugeologischen Dokumentation analog zum zyklischen Vortrieb, ist besonderes Augenmerk auf die Größe und Position von Ausbrüchen in der Ortsbrust bzw. Mehrausbrüchen in der Laibung, die Blockgrößen vor dem Bohrkopf, die Durchgängigkeit der Meißelspuren und das Verkleben der Meißelkästen und Räumeröffnungen zu legen.

A3-1.2.2. Schildbereich / Bohrkopfträger & Firstschild

Der Schildbereich wird über den Blick/die Fotodokumentation vom Bohrkopf gegen die Vortriebsrichtung bzw. über die sogenannten Geologenfenster dokumentiert. Bei den Geologenfenstern ist eine geschützte Dokumentation insbesondere der lithologischen Verhältnisse gut möglich, die einsehbare Fläche beschränkt sich jedoch auf weniger als einen Quadratmeter. In Abhängigkeit des Überschnitts ist auch hier eine visuelle Begutachtung des Schildspalts (augenscheinlich oder photographisch) möglich. Damit kann die Stabilität der Tunnellaibung bzw. das Verklausungspotenzial beurteilt und mit den Vortriebsdaten korreliert werden.

A3-1.2.3. Einbaubereich

Im Bereich des Tübbingeinbaus ist durch entsprechende Kameravorrichtungen eine fotografische Dokumentation des Ringspaltes möglich, die ebenfalls eine Beurteilung der Stabilität des Hohlraums sowie der Bettungssituation der Tübbinge ermöglicht.

A3-1.2.4. Bereich fertiger Ausbau bis Endzustand

Im Bereich der gebetteten Tübbinge ist in der Regel keine Begutachtung der Baugrundverhältnisse möglich. Es besteht jedoch die Möglichkeit, durch Aussparen einzelner Tübbingsegmente und Einbau entsprechender Abfang- und Abdichtungskonstruktionen auch in diesem Bereich Möglichkeiten zur Dokumentation bzw. Erkundungen etc. zu schaffen. Sind in diesem Bereich Bewertungen der Bettungssituation erforderlich, können kurze Tastbohrungen mit Bohrdatenaufzeichnung und Kamerabefahrung ausgeführt werden.

A3-1.2.5. Sonderbereiche (Anfahren, Ausfahren, Öffnung für Querschläge, Querschnittsaufweitungen, etc.)

Im kontinuierlichen Vortrieb stellen die Querschläge wichtige Dokumentationsbereiche dar, um mit den großflächigen und besser einsehbaren Aufschlüssen einen Abgleich bzw. eine Kalibrierung zwischen den unterschiedlichen Vortriebsmethoden vorzunehmen. Zusätzlich können die Querschläge für Probenahmen besser genutzt werden.

A3-1.3. Indirekte Dokumentation

A3-1.3.1. Schuttergutdokumentation

Die Schuttergutdokumentation erfolgt in der Regel vor dem ersten Brecher. Hier können auch während des Schutterbetriebs grobe Abschätzungen des Anteils an Blöcken, Chips, Bruchstücken und Gesteismehl vorgenommen werden. Eine lithologische Ansprache und Probenahmen sind nur im Zuge kurzer Vortriebsunterbrechnungen möglich, sofern das Förderband dabei nicht entleert wird. Im Bereich der Abwurfstelle, ggf. nach erfolgter Separation, sind nur noch eine lithologische Ansprache des Ausbruchsmaterials und Probenahmen möglich, wobei hier der unmittelbare Bezug zum aktuellen Vortriebsbereich nicht mehr gesichert ist.

A3-1.3.2. Analyse der Vortriebsdaten

Bei Vortriebsleistungen von bis zu 40 m und einer einmaligen baugeologischen Dokumentation pro Tag ist zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse die Detailanalyse der Vortriebsdaten zwischen den Ortsbrustaufnahmen erforderlich [47]. Umgekehrt ist zur richtigen Bewertung der Vortriebsdaten, die Dokumentation der Baugrundverhältnisse vor Ort unerlässlich.

A3-2. EINFACHSCHILD-MASCHINE

Bei der Einfachschild-Maschine erfolgt die Aufnahme prinzipiell gleich wie bei der Doppelschild-Maschine, hier sind die Aufschlüsse die Ortsbrust durch SR-Öffnungen, der Laibungsspalt zw. Schneidrad und Schildschneide, das Geologenfenster und die Verblasöffnungen zu dokumentieren.

A3-3. TBM-O GRIPPER-MASCHINE

A3-3.1. Allgemeines

Die Dokumentation bei TBM-O-Gripper-Vortrieben verfolgt folgende Ziele:

- Dokumentation der Ausbruchbedingungen an der Ortsbrust
- Dokumentation der Bedingungen für die Ausbruchsicherung

- Dokumentation der Bedingungen für den permanenten Ausbau
- Allgemeine Dokumentation der baugeologischen Bedingungen
- Dokumentation Ausbruchmaterial
- Dokumentation Bohrungen
- Dokumentation geophysikalische Untersuchungen
- Beurteilung der Gefährdungen (Instabilitäten, Konvergenzen, Wasser, Karst, Gas, Asbest, Radioaktivität, Anhydrit- oder Tonquellen, Veränderungen Gestein in Folge Wasser- oder Luftkontakt)

Dabei gilt es zu unterscheiden in:

1) Dokumentation der baugeologischen Verhältnisse

2) Dokumentation des Systemverhaltens wie gravitative oder spannungsbedingte Ausbrüche an der Ortsbrust oder im Profil, Beschreibung der Oberfläche, wie Risse, hervorstehende oder herausgebrochene Blöcke entlang von vorhandenen Trennflächen oder Abschalungen, anormale Meißelspuren, (extrem breit oder tief, Schleifspuren, Mittelrille, Mittelrücken), abnormale Oberflächenbeschaffenheit wie z.B. besonders vorstehende, kantige Strukturen in der Ortsbrust oder vorstehende Strukturen am Ausbruchrand, Wasserzutritte, Erosion von Material, Veränderungen Gestein durch Luft- oder Wasserkontakt, Verklebungen, Festhalten von Beobachtungen wie Stein- oder Blockfall, Reissgeräusche bis Bergschlag.

A3-3.2. Methodik

Die baugeologischen Verhältnisse können bei offenen Gripper-TBM mit direkten und indirekten Methoden erfasst oder abgeschätzt werden.

Die direkten Methoden unterteilen sich in:

- Baugeologische Aufnahmen an der Ortsbrust
- Baugeologische Aufnahmen hinter dem Verspannschild im Nachläuferbereich
- Baugeologische Aufnahmen hinter dem Nachläufer

Die indirekten Methoden unterteilen sich in:

- Interpretation der automatisch erfassten Vortriebsdaten
- Interpretation der manuell erfassten Vortriebsdaten

- Aufnahmen des Haufwerks

Welche Methode zum Einsatz kommen soll, hängt von der Bauart der TBM und den Zielen der baugeologischen Aufnahme ab.

Bei der Bauart gilt es zwischen folgenden Typen zu unterscheiden:

- Backloading-TBM versus Frontloading-TBM
- Kleiner TBM-Durchmesser (< 5 m) versus großer Durchmesser (> 5 m)
- Unterschiedliche Anforderungen an die Ausbruchsicherung
- TBM moderner versus alter Bauart
- TBM für horizontalen Vortrieb und Schrägschacht-TBM

A3-3.3. Direkte Methoden

A3-3.3.1. Baugeologische Aufnahmen an der Ortsbrust

Vor allem bei kleinen Vortriebsdurchmessern kommen häufig gebrauchte Maschinen zum Einsatz. Diese sind in der Regel mit einem Frontloadingkopf bestückt. Eine Begutachtung der Ortsbrust ist nur bei Stillständen und in der Regel nur dann möglich, wenn die baugeologischen Verhältnisse stabil sind und sich eine allfällige Gefährdung mit objektiven Kriterien beurteilen lässt (z.B. keine spannungsbedingten Instabilitäten). Zudem muss das Mannloch durch den Bohrkopf aufwändig geöffnet und wieder geschlossen werden, was häufig nur dann durchgeführt wird, wenn die Mannschaft den Verschleißzustand der Werkzeuge kontrollieren muss. Die Häufigkeit dieser Kontrollen ist von der Häufigkeit der Meißelwechsel abhängig, bei stark abrasiven Gesteinen einmal je Hub, bei weniger abrasiven Gesteinen einmal pro Tag bis einmal pro Woche. Eine baugeologische Aufnahme kann auf einem Frontloading-Bohrkopf zu einer Behinderung der Wartungsarbeiten führen. Auch bestehen häufig stark beengte Platzverhältnisse mit einer geringen Übersicht. Entweder sind die Verhältnisse nass mit dem Vorteil einer guten Einsehbarkeit in die baugeologischen Verhältnisse oder sie sind staubtrocken mit einer entsprechend schlechten Einsehbarkeit. Weil der Bohrkopf vor dem Einstieg entweder gewaschen oder gekühlt werden muss, liegen häufig Bedingungen mit hoher Temperatur und Luftfeuchtigkeit vor. Kameralinsen laufen sofort an, Papier wird schnell feucht und ist nicht mehr beschreibbar.

Moderne TBM's mit kleinem Durchmesser werden in der Regel mit Backloading-Bohrköpfen gebaut. Weil die Vortriebsmannschaft für Bohrkopfkontrollen nicht mehr vor den Bohrkopf gelangen muss, wird das Mannloch in der Regel nur noch selten geöffnet. Geologische Aufnahmen können dann allenfalls noch durch die Räumeroöffnungen durchgeführt werden.

Je größer ein TBM-Durchmesser wird, umso gefährlicher wird ein Einstieg an der Ortsbrust. Große, offene Gripper-TBM's werden daher nur mehr mit Backloading-Bohrköpfen gebaut. Bei solchen Maschinen wird das Mannloch häufig entweder nicht geschlossen (stabile Verhältnisse) oder mit einem Korngrößenabweiser versehen. Zwischen diesem Stahleinbau besteht die Möglichkeit die Ortsbrust zu besichtigen, auch ist eine Besichtigung über die Räumeröffnungen möglich.

Generell wird die Einsehbarkeit in die Ortsbrust und die Sicherheit des Personals massiv verbessert, wenn der Bohrkopf zurückgezogen werden kann. Bei einem regulären Meißelwechsel und kleinem TBM-Durchmesser liegt dieser Rückzug bei ca. 1 m. Bei großem Durchmesser und unsicheren geologischen Bedingungen muss eine TBM mehr als einen Bohrkopfdurchmesser zurückgezogen werden. In der Regel schreitet sie nur bei einer Bohrkopfrevision so weit zurück.

Generell sind Aufnahmen an der Ortsbrust immer Punktaufnahmen. Sie machen vor allem dann Sinn, wenn sie mit indirekten Methoden ergänzt werden.

A3-3.3.2. Geologische Aufnahmen hinter dem Verspannschild im Nachläuferbereich

Einer der besten Orte für eine baugeologische Aufnahme im Offenen Gripper-TBM-Vortrieb ist der Bereich direkt hinter dem Verspannschild (= Gripperschild bzw. Anpressschild). In der Regel ist dort die Felsoberfläche frisch und nass, Sicherungsmittel behindern noch nicht die Sicht auf den Fels, auf den Bühnen im Nachläufer ist man in der Regel nahe am Firstbereich und auch die Beleuchtung ist optimal. Die baugeologischen Verhältnisse am Ausbruchsrand können während dem Vortrieb beobachtet werden und erlauben bessere Rückschlüsse auf das Systemverhalten. Allerdings ist der Aufenthalt im Bereich hinter dem Verspannschild gefährlich, Material, das sich auf den Schild gesetzt hat, bricht, bedingt durch das Verschieben der TBM, permanent hinunter. Planare Strukturen, die das Bauwerk schneiden, sind in der Regel als sinusförmige Ausbisslinien zu erkennen. Die Zugänglichkeit für die Messung von geologischem Überprofil ist hier am besten.

Der Bereich erlaubt eine gute Übersicht der geologischen Strukturen, allerdings nur gerade beschränkt auf den Bereich, wo die Sicherungsmittel eingebaut werden. Danach ist die Einsicht in der Regel durch Installationen auf dem Nachläufer stark eingeschränkt, auch ist dort vermehrt der Fels trocken, ev. von Spritzbeton bedeckt oder schon von Staub belegt. Eine kontinuierliche, baugeologische Aufnahme über mehrere 10 m beschränkt sich daher im Nachläuferbereich auf enge Bänder. Eine Probenahme ist in der Regel nur mit einem Bohrgerät möglich. Der Vorteil einer Probenahme direkt hinter dem Verspannschild liegt auch darin, dass allfällige spannungsbedingte Mikrorisse im Gestein noch nicht vollumfänglich ausgebildet sind, allerdings kann sie den Vortrieb aufhalten (siehe Anhang 4).

Einen breiteren Blickwinkel erlaubt nur noch der Bereich im Ausbruchsbereich 2 (A2), wo die Sicherung ergänzt wird. Weil dort häufig der Spritzbeton aufgebracht wird, liegt in der Regel oft Rückprallmaterial oder Staub auf dem Fels und verhindert eine gute Einsicht in die Strukturen.

Eine Besichtigung der Tunnelsohle ist in der Regel davon abhängig, ob ein Sohlтүbbing eingebaut wird oder nicht. Kurz vor dem Einbau des Sohlтүbbings muss die Sohle von allem losen Material gereinigt werden: Der beste Zeitpunkt für eine Aufnahme. Große Wasserzutritte, Schlamm- bildung und Nachlaufinstallationen können den Einblick in die angetroffenen Bedingungen stark erschweren.

A3-3.3.3. Baugeologische Aufnahmen hinter dem Nachläufer

Die beste Übersicht über die angetroffenen baugeologischen Bedingungen hat man hinter dem Nachläufer. Nachfolgende Faktoren können hier hinderlich sein und sind gegebenenfalls im Zuge der Bauausführung bzw. der Planung der Dokumentation zu berücksichtigen:

- Lückenhafte Beleuchtung, fehlende Lichtquellen
- Trockene, ev. staubbedeckte Felsoberfläche
- Ev. Versinterung überzieht Fels
- Spritzbeton, Baustahlgitter oder Sohlтүbbing erlauben keinen Einblick
- Fehlende Stationierungsangaben, fehlende Orientierung
- Permanente Durchfahrten von Versorgungsfahrzeugen
- Häufig schlechte Luftqualität (Staub, Wärme, Abgase)

Eine allfällige Beprobung mittels Kernbohrungen ist dort am einfachsten realisierbar, allerdings mit dem Nachteil, dass sämtliche spannungsbedingten Strukturen schon voll ausgebildet sind. Bei hohen Überlagerungen können die ermittelten Festigkeiten daher tiefer liegen als jene, die die TBM an der Ortsbrust angetroffen hat.

A3-3.4. Indirekte Methoden

A3-3.4.1. Interpretation der automatisch erfassten Vortriebsdaten

Bei der Interpretation der Vortriebsdaten gilt es zu unterscheiden zwischen jenen Kennwerten, die vom TBM-Fahrer mittels Einstellung vorgegeben werden und jenen Kennwerten, die tatsächlich angetroffen werden. Wie sich eine TBM steuern lässt, wird in der Regel von den TBM-Herstellern vorgegeben. Für TBM's moderner Bauart gilt heute, dass der TBM-Fahrer über das Potentiometer den Ölfluss in den Vortriebszylindern vorgibt, also die Geschwindigkeit des Ausfahrens der Zylinder, oder die Drehzahl des Schneidrades. Daraus folgt die Penetration ebenso wie die Anpresskraft der Meißel oder das Drehmoment. Daraus lässt sich z.B. die spezifische Penetration (Penetration/Anpresskraft/Meißel) errechnen. Diese korreliert mit der Gebirgsfestigkeit. Problematisch beim Grippervortrieb ist allerdings der Umstand, dass die Anpresskraft der Meißel nicht erfasst, sondern nur errechnet werden kann. Die Anpresskraft der Meißel errechnet sich aus: $(\text{Gesamtvorschubkraft} - \text{Reibungsverlust Verspannschild}) / \text{Anzahl der Meißel}$. Der Reibungsverlust des Verspannschilds variiert, je nachdem wie stark der Bohrkopf vibriert. Als zusätzliche Unsicherheit kommt dazu, dass bei einer instabilen Ortsbrust, die Meißel nicht mehr zu 100% auf dem Fels anliegen. Die spezifische Penetration nimmt dadurch zu und lässt eine geringere, aber nichtzutreffende Gebirgsfestigkeit vermuten. Diese Unsicherheit lässt sich ausschließen, indem das Ausbruchmaterial auf dem Förderband beobachtet wird. Im Falle einer instabilen Ortsbrust besteht das Ausbruchmaterial zu einem sichtbaren Anteil aus Blöcken, bei einer stabilen Ortsbrust besteht die maximale Korngröße nur aus Chips. Um die Meißel nicht zu überlasten, muss der TBM-Fahrer bei einer instabilen Ortsbrust die Drehzahl des Bohrkopfs und die Anpresskraft der Meißel zurücknehmen.

Veränderungen der spezifischen Penetration können daher folgende Ursachen haben:

- Veränderte Druckfestigkeit des Gesteins
- Veränderte Trennflächenhäufigkeit
- Fehlende Ortsbrust
- Blöcke vor der Ortsbrust
- Veränderte Schneidringbreiten
- Verklebungen

Trennflächen erlauben den Meißeln ein vereinfachtes Abscheren des Gesteins. Im optimalen Fall ist die Ortsbrust noch stabil, aber Chips lassen sich mit einer reduzierten Anpresskraft ablösen. Im ungünstigen Fall kommt es entlang der Trennflächen zu großvolumigen Ablösungen, die zu

Blöcken zerfallen. Diese Ablösungen können sowohl gravitative Ursachen haben als auch spannungsbedingt entstehen.

A3-3.4.2. Interpretation der manuell erfassten Vortriebsdaten

Vor allem im Zusammenhang mit dem Meißelverschleiß müssen die Daten manuell erhoben und mit den automatisch aufgezeichneten TBM-Daten kombiniert werden. Anzumerken ist, dass Daten zum Meißelverschleiß und Vergleiche mit TVM-Vortriebsdaten nicht zwangsläufig von Geologen durchgeführt werden müssen. Bei entsprechender Qualifikation ist eine Aufnahme durch diese aber aufgrund der Abhängigkeit von Verschleiß und TVM-Vortriebsdaten von den Baugrundverhältnissen ggf. sinnvoll.

Wichtige manuelle Daten sind dabei je Meißelposition:

- Typ der eingesetzten Meißel
- Abriebzustand Meißel beim Einbau
- Abriebzustand Meißel beim Ausbau
- Ursache Meißelwechsel
- Art und Umfang der Meißelrevision

Als genereller Basiswert ist je Schneidringposition der Schneidringverschleiß je Rollmeter zu bezeichnen. Dieser Wert korreliert mit dem CAI-Wert. Der gesamte Schneidringverschleiß hängt daher von den Rollmetern und dem CAI-Wert ab. Die Rollmeter wiederum errechnen sich aus der Penetration. D.h. für jeden Schneidringwechsel muss man die genaue Stationierung des Ein- und Ausbaus kennen, um daraus für die Dauer seines Einsatzes die Anzahl Umdrehungen zu berechnen. Der Schneidringverschleiß je Rollmeter errechnet sich dann aus $(\text{Abriebzustand Schneidring x beim Ausbau} - \text{Abriebzustand Schneidring x beim Einbau}) / (\text{Umdrehungen} * \text{Rollmeter Schneidring x/Umdrehung})$. Der mittlere Schneidringabrieb eines bestimmten Tunnelabschnittes errechnet sich aus dem Abrieb aller Schneidringe auf diesem Abschnitt dividiert durch die Summe aller Rollmeter. Je nachdem welche Form die Schneidfläche eines Schneidrings beim Ausbau aufweist, können Rückschlüsse auf das Gestein gezogen werden:

Pilzbildung: Hohe Gesteinsfestigkeit, z.B. Granite, Quarzite, Gneise

Bildung eines scharfen Mittelkammes: Niedrigere Gesteinsfestigkeit, aber hohe Abrasivität, z.B. Molassesandstein

Schleifspuren, Anschleifstellen: Verklebungen

A3-3.4.3. Aufnahmen des Haufwerks

Aufnahmen des Haufwerks können die Interpretation der Vortriebsdaten vereinfachen. Z.B. kann durch die Beobachtung von blockigem Ausbruchmaterial auf dem Förderband eine Zunahme der spezifischen Penetration als Folge einer instabilen Ortsbrust interpretiert werden. Häufig kommt es bei einer instabilen Ortsbrust auch zu einer stark schwallartigen Förderung des Ausbruchmaterials.

Ebenfalls gibt das Ausbruchmaterial Informationen zu Verklebungen, wenn z.B. vermehrt Blöcke statt Chips gefördert werden, oder wenn die Temperatur im Ausbruchmaterial in Folge Reibung zu steigen beginnt. Eine wiederkehrende Förderung von Wasser bei der Wiederaufnahme des Vortriebs nach Stillständen weist, wenn das Material ansonsten trocken gefördert wird, auf geringe Wasserzutritte hin. Bleibt das Ausbruchmaterial permanent feucht, handelt es sich schon um stärkere Zutritte und wenn freie Wasserlachen auf dem Band gefördert werden, um starke Zutritte.

A3-4. EPB-SCHILD-MASCHINE

A3-4.1. Allgemeines zur Dokumentation bei EPB-Schild-Vortrieben

EPB-Schildmaschinen können in Abhängigkeit der Baugrundverhältnisse in drei unterschiedlichen Betriebsmodi aufgefahren werden. Das ist hinsichtlich der baugeologischen Dokumentation relevant. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Randbedingungen kurz erläutert und hinsichtlich detaillierterer Informationen auf [31] verwiesen.

Geschlossener Modus: Bei instabilen Gebirgsverhältnissen erfordert der Vortrieb eine Stützung des anstehenden Bodens/Gesteins und/oder des Grundwasserdrucks. Die Stützung erfolgt durch aus den abgebauten Gesteinen erzeugten Erdbrei mit Vollfüllung der Abbaukammer.

Halboffener Modus: Bei ausreichend stabilen Gebirgsverhältnissen kann im Vortrieb eine Stützung des Grundwasserdrucks ausreichen oder eine Stützung zur Verbesserung der TVM-Steuerbarkeit erforderlich sein. In diesem Fall ist eine Teilfüllung der Abbaukammer mit Ausbruchmaterial oder Erdbrei mit zusätzlicher Druckluftstützung erforderlich.

Offener Modus: Wenn bei ausreichend stabilen Gebirgsverhältnissen keine Stützung erforderlich ist, kann der Vortrieb unter atmosphärischen Bedingungen ohne Füllstand der Abbaukammer erfolgen.

Die Abbaukammer der TVM und die Ortsbrust sind dabei insbesondere im geschlossenen und halboffenen Modus aufgrund der Erdbreivollfüllung bzw. des Überdrucks für das Personal nicht zugänglich. Bei heutigen Schildvortriebsmaschinen ist die Tür zur Abbaukammer auch im offenen Modus aus Sicherheitsgründen während des Vortriebs nicht mehr zugänglich. Im Regelbetrieb können daher die Gesteine an der Ortsbrust und die in der Abbaukammer ablaufenden Vorgänge

des Bodenabbaus und Bodenabtransportes nicht direkt beobachtet werden. Ebenso wenig sind die Verhältnisse in der Abbaukammer, wie zum Beispiel das Vorhandensein von Verklebungen oder der Verschleißzustand der Werkzeuge erfassbar.

Bei EPB-Schildvortrieben besteht nur beim Stillstand der TVM die Möglichkeit zu Einstiegen in die Abbaukammer, um das Gebirge an der Ortsbrust direkt zu begutachten. Einstiege können dabei in Abhängigkeit der Stabilität der Ortsbrust und/oder des Grundwasserdrucks unter atmosphärischen Bedingungen erfolgen oder eine Druckluftstützung erfordern.

Während des aktiven Tunnelvortriebs im Regelbetrieb muss daher auf indirekte Methoden zurückgegriffen werden, wobei im Wesentlichen die Resultate des Gesteinsabbaus- und Gesteinstransportes begutachtet werden. Das sind zum einen die aufgezeichneten TVM-Parameter und zum anderen ist es das Ausbruchsmaterial auf den Förderbändern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Ausbruchsmaterial insbesondere im geschlossenen Modus durch Zugaben von Wasser und Additiven massiv konditioniert wurde. Aber auch im halboffenen und offenen Modus können Konditionierungen z.B. in der Förderschnecke erfolgen.

Da das an der Ortsbrust anstehende Gestein während des Vortriebs also nur indirekt in Form des Ausbruchsmaterials auf den Förderbändern dokumentiert werden kann, kann dabei von indirekter Vortriebsdokumentation gesprochen werden. Im Gegensatz dazu kann die Beurteilung der Gesteine an der Ortsbrust bei Einstiegen in die Abbaukammer als direkte Vortriebsdokumentation bezeichnet werden.

A3-4.2. Direkte Dokumentation an der Ortsbrust

Zur direkten Dokumentation der Gesteine an der Ortsbrust ist während der Einstiege der einsehbare Bereich zu dokumentieren. Je nach Stabilität der Ortsbrust und der Grundwasserverhältnisse ist ein Drucklufteinstieg erforderlich oder ein Einstieg unter atmosphärischen Bedingungen möglich. Insbesondere bei Einstiegen im Anschluss an den geschlossenen Modus muss zuerst der Erdbrei abgesenkt werden, wobei nicht ausreichend stabile Ortsbrustverhältnisse vielfach nur eine Teilabsenkung erlauben. Die Häufigkeit der Einstiege hängt dabei meist vom Aufwand des Einstiegs ab. Beim Vortrieb im offenen Modus mit stabilen Ortsbrustverhältnissen sind täglich Einstiege unter atmosphärischen Bedingungen bei geringem Aufwand möglich. Im Gegensatz dazu erfordern Vortriebe im halboffenen oder geschlossenen Modus Absenkungen des Erdbreis bzw. ein Ablassen der Druckluft und ggf. Drucklufteinstieg und/oder Gebirgsvergütungen. Unter diesen Bedingungen sind die Einstiege aufwändiger und erfolgen meist in größeren Abständen.

Der einsehbare Ortsbrustbereich ist dabei, analog zu den anderen TVM-Typen, im Wesentlichen durch die Schneidradöffnungen begrenzt. Eine geringe Einsicht auf die Laibung wird durch den wenige Zentimeter breiten Spalt zwischen Schneidradrückseite und Schildschneide ermöglicht. Da das Schneidrad in der Regel nur um wenige cm zurückgezogen werden kann, sind größere

Einblicke vor das Schneidrad nur bei Vorbrüchen der Ortsbrust möglich. Die Einsicht kann durch Verklebungen der Schneidradöffnungen zusätzlich verringert sein. Bei Teilabsenkungen sind Ortsbrust und Schneidrad unterhalb des Füllstands nicht einsehbar. Die Einsicht ist daher in den meisten Fällen auf wenige Prozent der Gesamtfläche bestimmt. Zur Dokumentation ist die Ortsbrust von Verklebungsmaterial und Erdbreiresten bis zum anstehenden Gebirge zu reinigen.

Es sollte versucht werden, so viele Informationen als möglich über das Gebirge an der Ortsbrust und über die Wechselwirkung zwischen Maschine und Baugrund zu sammeln. Hinsichtlich der Baugrunddokumentation sind, analog zum zyklischen Vortrieb, die klassischen Baugrundeigenschaften von Boden und Fels, Vor- und Nachbrüche, Wasserzutritte sowie das Auftreten von Gasen zu dokumentieren. Sofern möglich, sollten auch Proben von Fest- und Lockergestein für Laboruntersuchungen gewonnen werden.

Darüber hinaus sind weitere für diesen TVM-Typ spezifische Phänomene zu dokumentieren:

- Verklebungen an Werkzeugen, am Schneidrad und in der Abbaukammer
- Verbreitbarkeit des Gesteins
- Konsistenz, Plastizität und Temperatur des Erdbreis
- Spuren der Werkzeuge an der Ortsbrust
- Vorhandensein und ggf. Ausmaß einer vortriebsbedingten Verdichtung der Ortsbrust
- Vortriebsbedingtes Zerschlagen von Kieskörnern, Steinen und Blöcken
- Injektionsgut bei Durchführung von Injektionen

A3-4.3. Indirekte Vortriebsdokumentation

Die indirekte Vortriebsdokumentation in Form der Begutachtung des Ausbruchsmaterials erfolgt bei Erddruckschildvortrieben in der Regel am Förderband nahe des Schneckenabwurfs. Weitere Dokumentationen können im Bereich des Abwurfs der Förderbänder erfolgen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich um durch den Abbau- und Förderprozess stark gestörtes Material handelt, welches zudem in hohem Maße durch Konditionierungsmittel (Wasser, Additive) beeinflusst sein kann. Es handelt sich außerdem immer um Mischungen aller im gesamten Querschnitt anstehenden Gesteine. Oft können typische Bestandteile einzelner Gesteins- bzw. Gebirgsarten eindeutig zugewiesen werden. Differenzierungen ähnlicher Gesteins- und Gebirgsarten und Abschätzungen der Anteile sind hingegen meist nicht seriös durchführbar. Das gilt insbesondere hinsichtlich des Erdbreis im geschlossenen Modus.

Trotz dieser Randbedingungen ermöglicht die Dokumentation des Ausbruchsmaterials Aussagen hinsichtlich der anstehenden Gesteine.

Die folgende Aufzählung gibt einen Überblick über die Eigenschaften, die an Ausbruchsmaterial abgeschätzt werden können, sofern kein Konditionierungsmittel zugegeben wurde:

- Kornverteilung des Ausbruchsmaterials als Mischung aller anstehenden Gesteine
- Eindeutige Hinweise auf bestimmte Gebirgsarten
- Auftreten von Steinen, Blöcken, Konkretionen oder Verkittungsbruchstücken
- Kornform, Rundungsgrad und Rauigkeit der Komponenten in den verschiedenen Kornfraktionen
- Petrographische Zusammensetzung der verschiedenen Kornfraktionen
- Konsistenz und Plastizität bindiger Böden (sofern noch als Klumpen erhalten)
- Veränderlichkeit von Festgesteinsanteilen (sofern als Bruchstücke erhalten)
- Vorhandensein von Besonderheiten oder Fremdmaterialien (z.B. Holz, Kohle, Injektionsgut, Metallteile, usw.)
- Dokumentation von Gasaustritten aus Ausbruchsmaterial
- Freies Wasser auf Förderband oder besonders nasses Ausbruchsmaterial als Hinweis auf Bergwasserzutritte
- Verklebungsmaterial auf Förderband, bei Übergaben oder an Förderbandrollen
- Temperatur Ausbruchsmaterial
- Hinweise auf Beeinflussung des Ausbruchmaterials durch den Abbau- und/oder Förderprozess (z.B. frisch gebrochene Körner, Schlagmarken an Komponenten) → Beeinflussung Kornverteilung und Rundungsgrad

Einzelne der aufgeführten Parameter werden zusätzlich in hohem Ausmaß durch die Konditionierung beeinflusst. Das betrifft vor allem im geschlossenen Modus die Verbreitung des Ausbruchsmaterials in einen als Stützmedium geeigneten Erdbrei. Die folgende Aufzählung zeigt die Parameter auf, die eine Berücksichtigung der Konditionierung erfordern. Dabei wird auf die Parameter der obigen Liste, die auch bei Konditionierung vergleichbar dokumentiert werden können, nicht erneut eingegangen.

- Kornverteilung des Erdbreis als Mischung aller anstehenden Gesteine unter dem Einfluss des Abbau-, Förder- und Verbreitungsprozesses
- Konsistenz und Plastizität des Erdbreis → bindiger Böden als Klumpen mit natürlicher Konsistenz sind meist nicht erhalten)
- Homogenität des Erdbreis
- Anteile nicht verbreibar Komponenten (Kies, Steine, Blöcke, nicht veränderlicher Festgesteinsbruchstücke)
- Freies Wasser auf Förderband oder besonders nasses Ausbruchsmaterial als Hinweis auf Bergwasserzutritte nur unter Berücksichtigung der Konditionierung

Gegenüber den oben aufgeführten Aufzählungen können projektspezifisch weitere Parameter erforderlich sein. Hinsichtlich Beprobungen wird auf die direkten und indirekten Probenahmen in Kapitel 8 verwiesen. Auch bei Erddruckschilden sind Analysen der TVM-Vortriebsdaten unter Berücksichtigung der geologischen und baubetrieblichen Randbedingungen sinnvoll. Methoden und Beispiele zu Dokumentationen von Baugrundverhältnissen, Ausbruchsmaterial, Verklebungen und von Analysen der TVM-Vortriebsdaten können [32] entnommen werden.

A3-5. HYDRO/MIX-SCHILD-MASCHINE

A3-5.1. Allgemeines zur Dokumentation bei Hydro/Mix-Schild-Vortrieben

Die Abbaukammer der TVM ist während des Tunnelvortriebes vollständig bzw. teilweise mit Suspension gefüllt, so dass die Tunnelortsbrust nicht für Personal zugänglich ist. Im Regelbetrieb können daher die Gesteine an der Ortsbrust und die in der Abbaukammer ablaufenden Vorgänge des Bodenabbaus und Bodenabtransportes nicht direkt beobachtet werden. Ebenso wenig sind die Verhältnisse in der Abbaukammer, wie zum Beispiel das Vorhandensein von Verklebungen oder der Verschleißzustand der Werkzeuge erfassbar.

Bei Hydroschildvortrieben besteht nur bei Drucklufteinstiegen die Möglichkeit, das Gebirge an der Ortsbrust direkt zu begutachten. Während des aktiven Tunnelvortriebes im Regelbetrieb besteht keine Möglichkeit der direkten Beobachtung der ablaufenden Prozesse in der Abbaukammer. Daher muss auf indirekte Methoden zurückgegriffen werden, wobei im Wesentlichen die Resultate des Gesteinsabbaus- und Gesteintransportes begutachtet werden. Das sind zum einen die aufgezeichneten TVM-Parameter und zum anderen ist es das Ausbruchsmaterial in der Separationsanlage. Da das an der Ortsbrust anstehende Gestein also nur indirekt in Form des Separiergutes dokumentiert werden kann, wird dabei von indirekter Vortriebsdokumentation gesprochen. Im Gegensatz dazu wird die Beurteilung der Gesteine an der Ortsbrust bei Drucklufteinstiegen als direkte Vortriebsdokumentation bezeichnet.

A3-5.2. Direkte Dokumentation an der Ortsbrust

Zur direkten Begutachtung der Gesteine an der Ortsbrust kann während der Drucklufteinstiege bei stabilen Ortsbrustverhältnissen und geringen Luftverlusten der Bentonitfilterkuchen nur von kleinen Teilflächen der Ortsbrust vorsichtig entfernt werden, so dass die anstehenden Gesteine freiliegen. Es sollte versucht werden, so viele Informationen als möglich über das Gebirge an der Ortsbrust und über die Wechselwirkung zwischen Maschine und Baugrund zu sammeln. In folgender Auflistung sind die zu dokumentierenden Faktoren aufgelistet; sinngemäß gelten die Normen [6], [7] und [8]. Sofern möglich, sollten auch Bodenproben für Laboruntersuchungen gewonnen werden.

- Korngrößenverteilung der Gesteine,
- Petrographische Zusammensetzung,
- Rundungsgrad und Oberflächenbeschaffenheit der Komponenten,
- Konsistenz von bindigen Böden,
- Abschätzung der Lagerungsdichte,
- Gefügemerkmale,
- Besonderheiten (z.B. Einlagerung von Holz),
- Brechen der Kies- und Steinkomponenten,
- Spuren der Werkzeuge an der Ortsbrust und an der Laibung,
- Eindringtiefe der Bentonitsuspension,
- Vorhandensein und ggf. Ausmaß einer vortriebsbedingten Verdichtung der Ortsbrust,
- Verklebungen an Werkzeugen, am Schneidrad und in der Abbaukammer.

Anzustreben ist eine einvernehmliche, objektive Dokumentation der Verhältnisse vor Ort, daher ist es sinnvoll, dass die Drucklufteinstiege und die Dokumentation der Verhältnisse in Zusammenarbeit von geologischem und technischem Fachpersonal beider Vertragspartner stattfinden.

Drucklufteinstiege mit Ortsbrustbegutachtung, stellen Ausnahmefälle dar. Meist ist dabei die Suspension nicht vollständig abgesenkt, so dass der untere Bereich des Tunnelquerschnittes nicht eingesehen werden kann. Die zugänglichen Flächen an der Ortsbrust umfassen oft nur einen kleinen Teil der gesamten Ortsbrustfläche. Zudem ist es aufgrund der beschränkten Schleusenplätze und bei Arbeiten mit höherer Priorität nicht bei jedem Einstieg möglich, dass Geologen

an den Drucklufteinstiegen teilnehmen können. Zumindest sollten aber bei jedem Einstieg vom eingeschleusten Personal Fotos von den Verhältnissen in der Abbaukammer, dem Zustand des Schneidrades und der Werkzeuge sowie der Ortsbrust gemacht werden. Diese Dokumente sind oft die einzige Grundlage, auf der auch außenstehenden Personen die Verhältnisse in der Abbaukammer verdeutlicht werden können.

A3-5.3. Indirekte Vortriebsdokumentation

Die indirekte Vortriebsdokumentation in Form der Begutachtung des Ausbruchsmaterials stellt bei Hydroschildvortrieben die Routine-Dokumentation dar und findet in der Separationsanlage und an den Abwurfhalden statt. Während das Ausbruchsmaterial den Separiervorgang auf Grob-, Fein- und Sandsieben durchläuft, können verschiedene Eigenschaften des Materials ermittelt und aufgezeichnet werden. Zudem sollten Stichproben des Materials entnommen werden, die im Anschluss näher untersucht werden können. Die folgende Aufzählung gibt einen Überblick über die Eigenschaften, die vor Ort in der Separationsanlage und / oder im Baustellenlabor bestimmt werden können:

- Kornverteilung des Ausbruchsmaterials,
- Kornform, Rundungsgrad, Rauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit der Komponenten in den verschiedenen Kornfraktionen,
- Petrographische Zusammensetzung der verschiedenen Kornfraktionen,
- Konsistenz und Plastizität bindiger Böden (sofern noch als Klumpen erhalten),
- Vorhandensein von Besonderheiten oder Fremdmaterialien (z.B. Holz- oder Metallteile).

Neben den Eigenschaften des Ausbruchsmaterials sollte auch die Funktionsweise der Separationsanlage und die Eigenschaften der Bentonitsuspension beachtet werden.

Bei der Betreuung verschiedener TVM-Vortriebe hat es sich als sinnvoll erwiesen, die indirekte Dokumentation in Intervallen von ca. 10 bis 25 Vortriebsmetern zu erstellen. Dieses Intervall liegt etwa im Bereich der täglichen Vortriebsleistung, so dass pro Tag jedenfalls eine Dokumentation durchzuführen ist. Zweifelsohne muss das Intervall auf die herrschenden geologischen Bedingungen abgestimmt sein. Bei stark wechselnden geologischen Verhältnissen oder auch bei ungewöhnlichen Maschinenparametern sollte das Dokumentationsintervall verkürzt werden.

Als Ergebnis der regelmäßigen Vortriebsdokumentation sollte ein Aufnahmeblatt als Zusammenfassung der erhobenen Daten erstellt werden.

Ohne Zweifel sind die während eines Vortriebshubes dokumentierten Eigenschaften des Ausbruchsmaterials als Momentaufnahmen anzusehen, die aufgrund der Vermischung von Material

mehrerer Ringe während des Transportvorganges durchaus Unschärfen enthalten. Durch eine regelmäßige Dokumentation lassen sich dennoch Trends und dadurch belastbare Ergebnisse erzielen. Dazu ist es ratsam, die zahlenmäßig erfassten Eigenschaften - wie z.B. die petrographische Zusammensetzung der Kornfraktionen - in Datenbanken einzupflegen und deren Entwicklung im Vortriebsverlauf zu verfolgen. Ebenso sollten fortlaufend die aufgetretenen Besonderheiten oder Zwischenfälle notiert werden. Dies gewährleistet eine jeweils auf den neuesten Stand aktualisierte geologische Projektübersicht.

A3-5.4. Dokumentation im Umfeld des TVM-Vortriebes

Infolge der Stützung der Ortsbrust durch Suspension bzw. Druckluft besteht sowohl im Regelbetrieb als auch bei Drucklufteinstiegen ein Druckgradient von der Abbaukammer in Richtung des Gebirges. Der Druck der Stützsuspension wirkt auf das Gebirge, aber auch auf das Grundwasser, und führt zu Veränderungen der Grundwasserverhältnisse im unmittelbaren Nahbereich des Vortriebes. Durch die Beobachtung und Auswertung von Grundwasserganglinien aus der Umgebung eines Vortriebes kann die Auswirkung des Vortriebes beobachtet werden. Voraussetzungen für die Interpretation der Daten sind sowohl die Kenntnis der baugeologischen Gegebenheiten aber auch die Information über das aktuelle Vortriebsgeschehen.

Die durch einen Hydroschildvortrieb entstehenden Verformungen der Geländeoberfläche sind abhängig von den geologischen Verhältnissen, der Höhe der Überlagerung und dem Vortriebsgeschehen. Die Verformungen werden routinemäßig im Rahmen von Messprogrammen erfasst und stehen den Projektbeteiligten in der Regel zeitnah zur Verfügung. Auch die Projektgeologen sollten die Ergebnisse der Verformungsmessungen einsehen und interpretieren, da sie geologisch bedingte Effekte am besten erklären können.

ANHANG 4. PROBENAHME

A4-1. BEPROBUNG VON LOCKERGESTEINEN

Für die Beprobung von Lockergesteinen sind die Vorgaben zur Abhängigkeit der Probemenge in Abhängigkeit der Korngrößenverteilung zu beachten [33], [34], [35], [36], [37]. Die Möglichkeiten vortriebsbegleitend Proben zu entnehmen, werden maßgeblich vom Vortriebs- und Löseverfahren und den aufgefahrenen Querschnittsverhältnissen beeinflusst.

Beispielsweise können folgende Möglichkeiten zur direkten Probenahme bestehen:

- Die Entnahme von kleinvolumigen Handstücken bindiger Böden und/oder der Kornfraktionen grobkörniger Böden aus Laibung oder Ortsbrust
- Die Entnahme sehr grobkörniger Teilfraktionen (Steine und Blöcke)
- Die Entnahme bindiger Böden und/oder feinkornreicher Sande mittels Stechzylindern
- die Entnahme bindiger Böden mit Bohrkernen aus Ortsbrust und/oder Stollenlaibung mittels tragbarer Betonkern-Bohrausrüstung oder mittels selbstfahrender Bohrgeräte (nur wenn der natürliche Wassergehalt für die Untersuchungen nicht relevant ist).

Da insbesondere bei maschinellen Tunnelvortriebsverfahren im Lockergestein eine beschränkte Zugänglichkeit zur Ortsbrust bestehen kann, können fallweise auch indirekte Probenahmen sinnvoll sein. In diesem Kontext sind beispielhaft folgende Möglichkeiten aufzuführen:

- Probenahmen von Haufwerk, kleinvolumigen Handstücken bzw. Kluftkörpern bindiger Böden oder sehr grobkörnigen Teilfraktionen (Steine und Blöcke) auf den Förderbändern
- Probenahme aus Bohrungen ohne durchgehenden Kerngewinn
- Probenahmen von Erdbrei bei EPB-Vortrieben
- Probenahmen auf der Separationsanlage von Hydroschildvortrieben

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den indirekten Proben um stark gestörtes Material handelt, das in den meisten Fällen im Rahmen technischer Maßnahmen beeinflusst wurde (z.B. Zugabe Konditionierungsmittel, Einfluss durch Flüssigkeitsförderung oder Separierung einzelner Fraktionen, sowie mechanische Beanspruchung). Die Dokumentation der Randbedingungen bei der Probenahme muss daher besonders sorgfältig sein. Indirekte Probenahmen können Ortsbrustproben nicht ersetzen und sind nur als Ergänzung geeignet. Hinsichtlich indirekter Probenahmen wird beispielsweise auf die Ausführungen von [39] verwiesen.

Auch die Beprobung des anstehenden Bodens erfordert bei Schildvortrieben mit Ortsbruststützung eine hohe Sorgfalt, da der natürliche Boden infolge Konditionierung oder Flüssigkeitsstützung beeinflusst sein kann. Probenahmen erfordern zunächst die Freilegung des unbeeinflussten Gebirges, z.B. Entfernen des Filterkuchens oder aufgeweichter Bereiche. Gegenüber dem Gesamtquerschnitt ist die Ortsbrustbeprobung infolge meist nur weniger zugänglicher Öffnungen im Schneidrad stark eingeschränkt. Aufgrund der in der Regel immer an derselben Stelle zugänglichen Ortsbrust kann die Repräsentativität über die Probenhäufigkeit erreicht werden. Hinsichtlich Probenahmen und deren Aussagekraft bei unterschiedlichen Schildvortriebsarten wird auf [32] verwiesen.

Bei der Beprobung bindiger Böden ist eine Konservierung des Wassergehalts bzw. der Konsistenz zwingend erforderlich (z.B. Verpackung in luftdichte Behälter, Vakuumierung oder Konservierung mit Paraffin) und die Proben sind schonend zu transportieren.

A4-2. BEPROBUNG VON FESTGESTEINEN

Für die Beprobung von Festgestein werden die Möglichkeiten, vortriebsbegleitend Proben zu entnehmen maßgeblich vom Vortriebs- und Löseverfahren und den aufgefahrenen Querschnittsverhältnissen beeinflusst. Hier können beispielsweise folgende Möglichkeiten bestehen:

- die Entnahme von kleinvolumigen Handstücken aus Laibung oder Ortsbrust entlang von Klüften oder aus dem Anstehenden, ggf. unter Zuhilfenahme von Hammer, Meißel oder Akkubohrhammer;
- die Entnahme von Haufwerksproben, d.h. Blöcken oder Handstücken aus dem Sprenghaufwerk bei zyklischen Vortriebsverfahren;
- die Entnahme von Schuttergutproben, d.h. Gesteinschips oder Kluftkörpern aus dem Ausbruchsmaterial in der Abbaukammer oder vom Förderband einer TVM/TBM;
- die Entnahme von Bohrkernen aus Ortsbrust und/oder Stollenlaibung mittels tragbarer Bohrausrüstung oder mittels selbstfahrender Bohrgeräte.

Anmerkung: Aus entsprechenden Vergleichsuntersuchungen, z.B. dem Vergleich von aus Sprenghaufwerk gewonnenen Probekörpern und aus Kernbohrungen entnommenen Probekörpern haben sich keine Hinweise darauf ergeben, dass die Anwendung verschiedener Probenahmeverfahren zu tendenziell abweichenden Prüfergebnissen führt [41].

Neben den durch das Vortriebsverfahren bestimmten Rahmenbedingungen müssen Art und Umfang der Beprobung auch den geologischen Verhältnissen, den jeweiligen Anforderungen der geplanten Versuche und der vorgesehenen Übertragbarkeit der Ergebnisse angepasst werden. Für Festgestein stellen besondere geologische Aspekte, die bei der Beprobung zu berücksichtigen sind, u.a. dar:

- Berücksichtigung kleinräumiger Inhomogenitäten und Vorschädigungen im Bereich des Probekörpermaßstabs;
- Berücksichtigung des Größtkorns bei der Festlegung der Probengröße, in der Regel sollte die Probengröße nicht kleiner als das 10-fache des Größtkorns sein;
- Berücksichtigung der Gefügeorientierung insbesondere bei der Ermittlung von Festigkeitseigenschaften anisotroper Gesteine [40];
- weitestgehende Konservierung des Wassergehalts bei potenziell veränderlichen Gesteinen durch Verwendung von Inlinern, durch die Reduzierung von Wasser als Kühl- und Spülmedium bei Probenahmen mittels Bohrungen sowie durch rasche Überstellung ins und Bearbeitung im Labor (u.a. [42]). Bei Probenahmen von Handstücken oder Kluftkörpern ist eine Konservierung des Wassergehalts im Rahmen der Probenverpackung erforderlich (luftdichte Behälter, Vakuumierung oder Konservierung mit Paraffin).

A4-3. BEPROBUNG VON BERGWÄSSERN

Die Beprobung von Bergwässern stellt in der Regel eine Standardaufgabe der baugeologischen Dokumentation unter Tage dar.

Für die Beprobung von Bergwässern sind Probenahmegefäße und -technik erforderlichenfalls vorab mit dem untersuchenden Labor abzustimmen ([37], [38], [43], [44], [45]).

A4-4. BEPROBUNG VON GASEN

Die Beprobung von Gasen kann erforderlich werden, wenn dies durch Bescheidaufgaben oder entsprechende Verdachtsmomente in der Vorerkundung oder Dokumentation angezeigt ist.

Die Beprobung von Gasen stellt eine Spezialaufgabe dar, die in der Regel von speziell ausgebildeten und ausgerüsteten Fachleuten und Instituten auszuführen ist.

A4-5. BEPROBUNG ZUR ABFALLTECHNISCHEN BEURTEILUNG

Die Beprobung von Material für die abfalltechnische Beurteilung kann erforderlich werden, wenn dies durch Bescheidaufgaben oder entsprechende Verdachtsmomente in der Vorerkundung oder Dokumentation angezeigt ist.

Die abfalltechnische Beprobung stellt eine Spezialaufgabe dar, die in der Regel von speziell ausgebildeten und ausgerüsteten Fachleuten und Instituten auszuführen ist [46].

ANHANG 5. VORTRIEBSBEGLEITENDE ERKUNDUNG

A5-1. DIREKTE METHODEN

A5-1.1. Vollbohrung

- Funktionsprinzip: Zerstörung des Gesteins mittels drehendem und/oder schlagendem Meißel am Bohrgestänge;
- Erhaltene Daten: Bohrgut (Bohrkleinproben), Bohrdatenschreiber (Vorschubdruck, Schlagdruck, Rotationsdruck, Rotationsgeschwindigkeit, Bohrgeschwindigkeit, Drehmoment etc.), optional Bohrlochlogs und Bohrlochgeophysik;
- Standardmäßig empfohlene Bohrlochlogs: Bohrlochverlauf, Kaliber-Log, optischer bzw. akustischer Scanner; Bohrlochkamera
- Ziel: Erkennung von Lithologien bzw. lithologischen Kontakten, Störungszonen, Wasserzutritte, hydraulische Versuche im Bohrloch, hydraulische Druckentspannung und Drainierung, Gebirgsqualität über Bohrdatenerfassung
- Interpretation: Geologe
- Mindeststandard: Aufnahmeblatt zum Bohrgut beinhaltend Eigenschaften wie Lithologie, Farbe, Korngröße, Wasser (Ort und Menge des Zutritts, Farbe des Bohrwassers); Grafische Auswertungen der Bohrdatenschreiber, Anpressdruck, Vortriebsgeschwindigkeit, Drehmoment usw. (Parameter in Abhängigkeit des Bohrverfahrens)

A5-1.2. Kernbohrung

- Funktionsprinzip: Kerngewinnung mittels unterschiedlicher Kernbohrverfahren
- Erhaltene Daten: Bohrkern, Bohrdatenschreiber; optional Bohrlochlogs und Bohrlochgeophysik
- Ziel: Bohrkernaufnahme mit detaillierter Beschreibung von Lithologie, Gefüge und Gesteinseigenschaften, Störungszonen, RQD, Trennflächendichte, Trennflächeneigenschaften; Gewinnung von Probenmaterial für geologische/geotechnische Laborversuche; Wasserzutritte; hydraulische Versuche im Bohrloch, hydraulische Druckentspannung und Drainierung.
- Interpretation: Geologe
- Mindeststandard: Normen, Richtlinien für Kernaufnahmen

A5-1.3. Ausbau des Bohrlochs

- Funktionsprinzip: Das Bohrloch wird als Drainagerohr, als Piezometer oder mit geotechnischen Monitoringsystemen ausgebaut. Dies kann für Bohrungen außerhalb des Ausbruchquerschnittes oder innerhalb des Querschnittes angewandt werden.
- Interpretation: Geologe, Geotechniker
- Mindeststandard: Grafische Darstellung des Ausbaus, Geologische/Geotechnische Interpretation

A5-2. INDIREKTE METHODEN

A5-2.1. Seismische Verfahren

A5-2.1.1. Sprengseismik oder Hammerschlagseismik

- Funktionsprinzip: Reflexion oder Refraktion seismischer Wellen
- Wichtige Daten: P-Wellen, S-Wellen;
- Ziel: Erkennung von Lithologiegrenzen, Mächtigkeit und Orientierung von Störungszonen.
- Interpretation: Geophysiker und Geologe

A5-2.1.2. Seismic While Drilling

- Funktionsprinzip: Reflexion oder Refraktion seismischer Wellen; Seismische Quelle ist dabei der vortreibende Bohrkopf der TBM
- Wichtige Daten: P-Welle, S-Welle, Rayleighwelle
- Ziel: Erkennung von Lithologiegrenzen, Mächtigkeit und Orientierung von Störungszonen.
- Interpretation: Geophysiker und Geologe
- Mindeststandard: Seismischer Bericht mit Lieferung der Informationen in georeferenzierten Längsschnitten mit grafischer Auswertung der Orientierung und Mächtigkeit von Störungszonen/Lithologischen Einheiten; Angabe von seismischen Kennzahlen und Kennziffer über die Qualität der Daten; Geologische Interpretation der Seismischen Ergebnisse.

A5-2.2. Geoelektrik

- Funktionsprinzip: Induktion
- Erhaltene Daten: elektrischer Widerstand
- Ziel: Erkennung von wassergesättigten Zonen
- Interpretation: Geophysiker und Geologe
- Mindeststandard: Georeferenzierter Längsschnitt mit Angabe der geoelektrischen Parameter und geologischen Interpretation

A5-2.3. Georadar

- Funktionsprinzip: Reflexion von elektromagnetischen Wellen
- Ziel: Erkennung von Hohlräumen (z.B. Karsthohlräume unter der Tunnelsohle)
- Interpretation: Geophysiker und Geologe
- Mindeststandard: Georeferenzierter Radarprofile und geologischen Interpretation

A5-2.4. Gravimetrie

Gravimetrische Verfahren sind für Hohlraumerkundung oder bei starken Unterschieden in der Rohdichte des Gebirges anzuwenden.

A5-2.5. Bohrlochgeophysikalische Messverfahren

A5-2.5.1. Bohrlochlogs

- Bohrlochverlaufsmessung
- Optischer Scanner
- Akustischer Scanner
- Sonic-Log
- Dichte
- Kaliber-Log
- Bohrlochkamera

- Gamma-Log
- Resistivity Log
- Funktionsprinzip: Einführen in das offene Bohrloch von verschiedenen Sonden welche Parameter über Bohrlochwand und Umgebung liefern
- Ziel: Weiterführende Erkenntnisse über Gesteins und Gebirgseigenschaften
- Interpretation: Geologe
- Mindeststandard: Grafische Darstellung der Ergebnisse entlang der Bohrachse; Geologische Interpretation

A5-2.5.2. Bohrlochgeophysik

- Crosshole, Downhole
- Bohrlochradar
- Funktionsprinzip: Einführen in das offene Bohrloch von verschiedenen Sonden welche durch geophysikalische Verfahren Informationen über das Umfeld des Bohrlochs liefern (z.B. Dichte ...)
- Ziel: Weiterführende Erkenntnisse über das Umfeld des Bohrlochs
- Interpretation: Geophysiker und Geologe
- Mindeststandard: Grafische Darstellung der Ergebnisse entlang der Bohrachse; Geologische Interpretation

A5-2.6. INSAR Monitoring

Die Verwendung von Satellitendaten zum Erfassen von Verformungen an der Erdoberfläche als Reaktion auf den Tunnelvortrieb ist ein wichtiger Befund für die geologische und – insbesondere – hydrogeologische Modellbildung.

A5-2.7. Geotechnisches Monitoring

Das geotechnische Monitoring ist wesentlicher Teil und Basis für das Sicherheitsmanagement im Tunnelbau. Gemeinsam mit der baugeologischen Dokumentation und anderen Eingangsdaten wird es durch den Geotechniker interpretiert, um die weitere Vorgehensweise festzulegen.

Die im Zuge des geotechnischen Monitorings gewonnenen Daten erlauben Rückschlüsse auf die Geologie. Die baugeologische Beurteilung kann und soll daher auch die Verschiebungsmessungen und andere Monitoringdaten berücksichtigen [13].

A5-2.8. Rockburstmonitoring

- Funktionsprinzip: Messung von Geräuschemissionen
- Erhaltene Daten: Aufnahmen von Geräuschen
- Ziel: Erkennung von Rockburstphänomenen
- Interpretation: Geophysiker und Geologe
- Mindeststandard: Grafische Darstellung der Vortriebsache mit Angabe von Intensität, Lokalität und Häufigkeit von Geräuschen

ANHANG 6. INHALTE DES TUNNELBANDS

- Längs- und Horizontalschnitt oder Abwicklung
- Allgemeine Daten
 - Projektkilometer
 - Tunnelmeter
 - Überlagerung
 - Gradientenhöhe
 - Vortriebsrichtung
 - Lage der geologischen Aufnahmen in Bezug auf den Teilquerschnitt
 - Vortriebsart
- Charakteristische Ortsbrustbilder
- Tektonische und/oder stratigraphische Großeinheit bzw. geologische Einheit
- Gesteinsbeschreibung
- Baugeologische Gebirgsbeschreibung
- Gefügesituation
- Gebirgsbereich
- Gebirgsarten
- Prozentuelle Verteilung aller Gebirgsarten
- Prozentuelle Verteilung der Schlüssel- bzw. Identifikationsparametern sowie weitere ergänzende Parameter
- Gesteinsproben
- Hydrogeologische Daten
 - Zufluss im Vortriebsbereich
 - Zufluss im Beharrungszustand bzw. von Dauermessstellen
 - Hydrogeologische Beschreibung
 - Wasserproben
- Besondere Vorkommnisse (Nachbrüche, Verbrüche, ...)
- Vorauserkundungen
- Bautechnische Sondermaßnahmen (Injektionen, Rohrschirme, Grundwasserabsenkungen, ...)
- Projektspezifisch definiert, gegebenenfalls ausgewählte TBM-Vortriebsdaten
- Legende

AUSTRIAN
SOCIETY FOR
GEOMECHANICS

ÖSTERREICHISCHE
GESELLSCHAFT FÜR
GEOMECHANIK

Innsbrucker Bundesstraße 67
5020 Salzburg, Austria

Tel.: +43 662 875519
Fax: +43 662 886748
H.: www.OEGG.at
E.: Salzburg@OEGG.at