

INHALTE VON GEOTESCHNISCHEN GUTACHTEN FÜR DEN TUNNELBAU

1 Veranlassung

Allgemeine Beschreibung des Projektes und der Aufgabenstellung.

- Projektangaben: Projekt, Planungseinheit, Bauwerk, geographische Lage/Ortslage, ggf. bisherige Projektentwicklung
- Auftragsumfang
- Projektbeteiligte (bezüglich des Gutachtens)

2 Unterlagen

Die zur Verfügung stehenden bzw. verwendeten Unterlagen sind anzuführen.

- Planunterlagen: Lagepläne, Bauwerkspläne, Berechnungen etc. (jeweils mit Angabe des Planungsstandes),
- Gutachten: Vorgutachten (Trassenführung, Baugrund/Geologie, Hydrogeologie u.a.), Gutachten zu speziellen Fragestellungen
- Grundlagen: Karten, Literatur, Berechnungsgrundlagen etc.

3 Bauwerksbeschreibung

- Vorgesehene Ausführung des Bauwerkes
- Bauwerkslänge, Trassen-Kilometrierung, Verlauf der Gradienten im Bauwerksbereich
- allg. Angaben zur Überlagerungsmächtigkeit und Morphologie zwischen den beiden Portalen
- Anlagen: Übersicht, Lageplan

4 Untersuchungsumfang

Der dem Bericht zu Grunde liegende Untersuchungsumfang ist zusammenstellend zu beschreiben.

- Aufführen der durchgeführten Erkundungen und Versuche (ggf. nicht durchführbare Versuche o.ä.), Zusammenstellung von Daten, Protokollen usw. als Anlage
- Nennung der ausführenden Firmen und Ausführungszeiträume

4.1 Felderkundung

Geländeaufnahmen

- ggf. Kartierung (geologische, ingenieurgeologische, hydrogeologische), sofern keine aussagefähigen Informationen vorliegen
- ggf. gefügekundliche Aufnahme von Geländeaufschlüssen, sofern entsprechende Aufschlussverhältnisse vorliegen
- Anlagen: Karten, ggf. Profilschnitte, Gefügedaten (Kluftrosen, Lagekugelprojektion o.ä.)

Bohrarbeiten

- Bohrungen: Teufen, Bohrdurchmesser, Ansatzpunkte/NN-Höhe, Lage zur Achse, ggf. Abweichung aus der Vertikalen (Schrägb Bohrungen), Probengewinnung (gestört/ungestört, Sonderproben), Probenentnahmen (i.d.R. im Ausbruch- und Firstbereich) etc.
- Ausbau von Grundwassermessstellen: Ausbaudurchmesser, Filterstrecken, Abdichtung, Probenentnahmen etc.
- Anlagen: Schichtenverzeichnisse, Bohrprofile mit Grundwassermessungen (während und nach Abschluss der Bohrarbeiten) und Probenentnahmen, Ausbaupläne etc.

Anmerkungen: Die Bohransatzpunkte sollten beiderseits und möglichst unmittelbar an der Tunneltrasse gewählt werden, um eine Aussagefähigkeit der Bohrergebnisse für den späteren

Ausbruchsbereich zu erhalten. Bohrungen, die nicht unmittelbar an der Trasse liegen (können), sind zur Beurteilung der geologischen/hydrogeologischen Verhältnisse senkrecht zur Tunnelachse geeignet.

In der Regel sind Bohrverfahren mit durchgehender Kerngewinnung vorzusehen. Die Beaufsichtigung der Bohrarbeiten und die Aufnahme der Bohrgutes muss durch Fachpersonal erfolgen. Die Bohrkern sind in Kernkisten aufzubewahren und vor Austrocknung zu schützen (Einschlagen in Folie, ggf. entnommene Proben sind luftdicht zu verpacken). Das Kernmaterial ist witterungsgeschützt zu lagern und zur Bohrgutaufnahme auszulegen. Die Bohrkern sind bis zum Abschluss der Baumaßnahme geeignet einzulagern.

Schürfe

- Herstellung, Tiefe
- Probenentnahmen
- gefügekundliche Aufnahme
- ggf. durchgeführte Versuche (z.B. Plattendruckversuch)
- Anlagen: Schurfprofile, Gefügedaten

Anmerkungen: Um den verwitterten Fels zu erreichen, sind Schürfe i.d.R. als Großschürfe (bis ca. 5 m) mit leistungsfähigem Gerät und unmittelbar im Portalbereich zu erstellen. Im Allgemeinen werden die Schürfe im Bereich der beiden Tunnelportale erstellt.

Feldversuche (Bohrlochversuche)

- opt. Bohrlochsondierung: richtungsabhängige Informationen durch Bohrlochscanner, ggf. TV-Befahrung oder orientierte Entnahme von Kernen (ggf. akustische Bohrlochsondierung, wenn optische Methoden nicht durchführbar)
- Rammsondierungen: SPT-Versuche (i.d.R. im Ausbruchs- und Firstbereich, bei Locker- und Halbfestgesteinen), DIN 4094-3, ENV 1997-3)
- Bohrlochaufweitungsversuche: Dilatometerversuche und/oder Seitendrucksonde (i.A. 2 je Bohrung, im Firstbereich und im Ausbruchsquerschnitt), (DIN 4094-5, ENV 1997-3, DGEG-Empf. Nr. 8)
- ggf. hydraulische Bohrlochversuche: Pumpversuche, Auffüllversuche/Wiederanstiegversuche, oder WD-Test (DGEG-Empf. Nr. 9)
- ggf. geophysikalische Bohrlochversuche
- ggf. Primärspannungsmessungen: (z.B. DGGT-Empf. Nr. 14, Schlitzsonde, Hydraulic Fracturing o.a.)

ggf. geophysikalische Untersuchungen

meist Seismik (z.B. Lockergesteinsüberdeckung, Verwitterungsrinde u.a.) oder Geoelektrik (z.B. kleinräumige Inhomogenitäten wie Schlotfüllungen u.a.m.)

4.2 Laborversuche

Bodenphysikalische Versuche

Lockergesteine und ggf. schwach verfestigte Gesteine:

- Kornverteilung (DIN 18 123),
- Konsistenzgrenzen (DIN 18 122), ggf. Lagerungsdichte (DIN 18 126)
- Wassergehalt (DIN 18 121), Dichte (DIN 18 125-1), ggf. Wasseraufnahmefähigkeit
- ggf. organische Gehalte (DIN 18 128), Kalkgehalt (DIN 18 129)
- ggf. Verdichtungsfähigkeit (DIN 18 127)
- ggf. Veränderlichkeit (DIN 4022-1), [schwach verfestigte Gesteine]

Festgesteine:

- Dichte (DIN 18 125), Trockenrohdichte/Porosität
- ggf. Wassergehalt (DIN 18 121)

Bodenmechanische Versuche

Lockergesteine und ggf. schwach verfestigte Gesteine:

- Direkter Scherversuch/Triaxialversuch (DIN 18 137),
- Kompressionsversuch (DIN 18 135)
- ggf. Quellversuche an Gesteinsproben, DGEG-Empf. Nr. 11; Pulver-Quellhebungsversuch

Festgesteine und ggf. schwach verfestigte Gesteine:

Bei stark anisotropen Verhältnissen sind Versuche ggf. richtungsabhängig durchzuführen.

- Einaxiale Gesteinsdruckfestigkeit (DIN 18 136; DGEG-Empf. Nr. 1); Punktlastversuche an Gesteinsproben (DGEG-Empf. Nr. 5)
- Spaltzugversuch (DGEG-Empf. Nr. 7)
- ggf. Dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsproben (DGEG-Empf. Nr. 2); Mehrstufentechnik bei dreiaxialen Druckversuchen/direkten Scherversuchen (DGEG-Empf. Nr. 12); Dreiaxiale Druckversuche an geklüfteten Großbohrkernen (DGEG-Empf. Nr. 3)

Mineralogische Untersuchungen

- Mineralbestand: Mineralanteile, äquiv. Quarzanteil, Bindemittel, Verzahnungsgrad des Gefüges (Dünnschliffe, mikroskop.-halbquantitative Analyse)
- Korn, Bindemittel (Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop)
- Tonmineralbestand (Röntgen-Pulverdiffraktometrie)

Hydrochemische Untersuchungen

- " Grundwasseranalyse auf Betonaggressivität (DIN 4030)

Ggf. Umweltchemische Untersuchungen

- Feststoffanalyse von Ausbruchmaterial (nach LAGA-Vorgaben)
- Grundwasseranalyse

5 Untergrundverhältnisse/Baugrund

5.1 Geologische Verhältnisse

- Beschreibung der stratigraphischen Einheiten: Ausprägung, Mächtigkeiten, petrographische Ausprägung
- Besonderheiten: Rutschgefährdungen/Hangbewegungen, Belastung (Konsolidierung, Spannungen), Korrosion (Verkarstung, Subrosion), Erdbeben etc.
- ggf. ehemaliger Bergbau

5.2 Bodenaufschlüsse und Untergrundprofil

Beschreibung der Gesteins-/Gebirgsverhältnisse anhand der Aufschlussbohrungen u.a. entlang der Tunnelachse, Voreinschätzung der mechanischen Eigenschaften:

- Gesteinsfestigkeit (Ansprache nach ISRM), Kornbindung (Ansprache nach DIN 4022-1), Verwitterungsgrad (nach ISRM/IAEG), ggf. Veränderlichkeit (nach DIN 4022-1), Kerngewinn/Bohrgut, Bohrbarkeit

5.3 Tektonik, Trennflächen

5.3.1 Regionale tektonische Verhältnisse

Strukturgeologische Beschreibung der Region, tektonischer Bau (Verfaltungen, Grabenbildungen, Störungen, Großschollen etc.)

5.3.2 Trennflächen in Bohrungen, Schürfen und Aufschlüssen

- Art der Trennflächen: Klüfte, Störungen, Schicht-/Schieferungsflächen
- Raumstellung, Abstände (n. ISRM), ggf. Erstreckung (n. ISRM)
- Klüftigkeit des Kernmaterials im Ausbruchsbereich: RQD-Index, Klüftigkeitsziffer k, Zerrüttungsgrad ZG o.ä.
- Rauigkeit (n. ISRM), Öffnungsweite (n. ISRM o. IAEG), ggf. Kluffüllung
- ggf. Wasserführung
- Durchtrennungsgrad, Kluffkörpergröße u. Kluffkörperausbildung (n. IAEG) [Schürfe]

5.3.3 Luftbildauswertung

Auswertung tektonischer Großstrukturen und Lineamente

5.4 Ergebnisse aus Versuchen

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse. Nach Möglichkeit sind die Verteilungen der Werte anzugeben (Mittelwerte, Minimal/Maximalwerte, Standardabweichungen o.ä., Anzahl der Versuche). Die ermittelten Werte sind hinsichtlich Repräsentativität und Aussagekraft zu diskutieren.

Bodenphysikalische u. mineralogische Eigenschaften

- Feuchtraumwichte
- Wassergehalte
- Kornverteilung (Lockergesteine, schwach verfestigte Gesteine), Korn-/Mineralaufbau
- Plastizität, Konsistenz, ggf. Wasseraufnahmefähigkeit
- ggf. organische Gehalte, Kalkgehalt

Gesteins-/Gebirgsfestigkeiten

- Druckfestigkeit
- Zugfestigkeit
- Scherfestigkeit, ggf. Anfangsscherfestigkeit, Restscherfestigkeit

Verformung

Verformungsmoduli (Be-/Entlastung), E-Modul, Querdehnungszahl

Steifemodul

ggf. Quelldruck/Quellhebung

ggf. Spannungen

- Angabe der Hauptspannungen (Betrag und Richtung der größten und kleinsten Horizontalspannung)
- Seitendruckbeiwerte

ggf. Belastungen

Angaben zu Verunreinigungen oder geogenen Gehalten des Ausbruchmaterials und zu Grundwasserverunreinigungen

6 Grundwasser

Beschreibung der Grundwasserverhältnisse im Bereich/entlang der Trasse

- Bergwasserspiegel zur Gradiente, Schwankungen, Bemessungswasserstand
- ggf. Quellen
- Durchlässigkeit/Wasserführung aus hydraulischen Versuchen, nach Spülverlusten oder Vergleichs- bzw. Erfahrungswerten

- Voraussichtliche Wasserzutritte/-mengen, ggf. Wasserhaltungsmaßnahmen (Absenkung, Abdichtung u.a.)
- Grundwasserchemismus (Betonangressivität, ggf. Mineralisation)
- ggf. Wasserschutzgebiete, Wassergewinnungsanlagen (Brunnen, Quelfassungen)

7 Bodenmechanische Bewertung des Baugrundes

Auf Grundlage der geotechnischen Untersuchungen ist ein Modell des Baugrundes zu erstellen, das u.a. enthält:

- Schichtenverlauf bzw. Homogenbereiche und Diskontinuitäten
- Charakteristische Kennwerte für Boden und Fels
- Grundwasserverhältnisse

7.1 Gebirgsverhältnisse

7.1.1 Gebirgstypisierung

Das Gebirge ist durch Typenbildung anhand der Bohr- und Untersuchungsergebnisse in gleichartige Schicht- oder Homogenbereiche einzuteilen. Hierbei sind zu berücksichtigen

- Gebirgsfestigkeit, Verwitterungsgrad
- Trennflächen (Klüftigkeit, Schichtflächen, Orientierung u. Ausbildung von Trennflächen), Zerrüttungsgrad, Störungszonen
- Lagerungsverhältnisse
- ggf. Primärspannungen
- ggf. Grundwasserverhältnisse

Die Einteilung in Gebirgstypen ist qualitativ zu beschreiben und darzustellen (z.B. grafisch oder durch Angabe von Gebirgsklassen).

7.1.2 Gebirgsklassifizierung

Zur Gebirgsklassifizierung sind verschiedenste Klassifizierungssysteme entwickelt worden, welchen u.a. folgende Ziele zu Grunde liegen: Vereinheitlichung von Begriffen für das Gebirgsverhalten, Unterteilung des Gebirges in Bereiche mehr oder minder konstanter Eigenschaften, Angabe von Entwurfskennwerten und Ausbauempfehlungen sowie Nutzung der Erfahrungen bei anderen Bauprojekten.

Die Klassifizierung erfolgt ausgehend von den kennzeichnenden geologischen Gegebenheiten des Gebirges oder nach dem Gebirgsverhalten beim Ausbruch (Ausbruchsklassen/Vortriebsklassen). Zur ersten Gruppe zählen der RQD-Index nach DEERE, RMR nach BIENAWSKI, Q-Wert nach BARTON, R_{Mi} nach PALMSTRÖM und GSI nach HOEK u.a.m. Aus diesen, meist im angelsächsischen Sprachraum verbreiteten, Kennzahlen werden neben felsmechanischen Kennwerten teilweise auch Standzeiten und Stützweiten abgeleitet. Die angestrebte Erfassung der vielfältigen geologischen Verhältnisse zwecks Beurteilung unter bautechnischen Gesichtspunkten durch eine einzige Kennzahl ist allerdings nur bedingt möglich. Die quantitative Klassifizierung weniger geeignet bei komplexen Bedingungen (Störungen, Inhomogenitäten), die Erfassung der Gebirgseigenschaften muss daher mehr den eigentlichen Ausbruchsquerschnitt erfassen. Neben RQD sollten GSI oder/und R_{Mi} Anwendung finden, da diese Werte den Einfluss der trennflächenbedingten Anisotropie besser berücksichtigen. Die Anwendbarkeit beschränkt sich vorzugsweise auf frühe Planungsstadien.

Unter die zweite Gruppe fallen die Klassifizierungen nach Lauffer und nach Pacher sowie die Einteilungen nach DS 853, ÖNORMB 2203, SIA 198 und DIN 18312 u.w. Im hiesigen Raum verbreitet und vorzugsweise anzuwenden ist die Einteilung nach Lauffer (Gebirgsklassen A - G). Im Rahmen der Ausführungsplanung ist anhand der Gebirgsklassen die Verteilung der Ausbruchsklassen nach DIN 18312 festlegbar, welche Grundlage für Ausschreibung und Abrechnung ist.

7.1.3 Bodenklassen

Die Festlegung der Bodenklassen erfolgt nach DIN 18 300 und ist Grundlage für Ausschreibung und Abrechnung. Die relativen Anteile der auftretenden Bodenklassen sind anzugeben.

7.2 Gesteins- und Gebirgskennwerte (Rechenwerte)

Für die festgelegten Schichten bzw. Homogenbereiche sind die boden-/felsmechanischen Rechenwerte anzugeben. Ggf. sind mittlere Werte und extreme Werte aufzuführen.

7.2.1 Verformung

- Elastizitäts-/Verformungsmoduli
- Ruhedruckbeiwert o. Querdehnungszahl

7.2.2 Gesteins-/Gebirgsfestigkeit

- Gesteinsdruck-/zugfestigkeit
- Gebirgsdruckfestigkeit

7.2.3 Bodenmechanische Kennwerte

- Gebirgsscherfestigkeiten
- Scherfestigkeit auf Klüften, ggf. Restscherfestigkeiten

7.2.4 Tragverhalten

- Tragfähigkeit von Ankern

8 Bautechnische Folgerungen

Es sind die wesentlichen, Planung und Bau beeinflussenden Faktoren zusammenzufassen:

Lage von tektonischen Elementen zur Tunnelachse

- Zerrüttungsgrad des Gebirges
- Spannweite der Gesteins-/Gebirgsfestigkeiten
- Bergwasserverhältnisse
- weitere Angaben

Anlage: Geologisch/geotechnischer Längsschnitt mit folgenden Angaben

- Geologie: Stratigraphie, Lithologie, allgemeine Beschreibung
- Hydrogeologie: Bergwasser, Wasserspiegel über Gradienten, Chemismus
- Geotechnik: Schichtung u. Klüftung mit Einfallen, Streichen, Flächenabstand
- Gebirgsklasse/-typ:

Wertangaben sind ggf. durch Angabe der Aussagewahrscheinlichkeit („sicher, wahrscheinlich, vermutlich“ o.a.) zu ergänzen.

8.1 ggf. Hinweise zur Bauausführung

- Vortrieb: Vollausbuch, Teilausbuch, Schildvortrieb, Abschlüge usw.
- Ausbruch: Vollschnitt, Teilschnitt, Sprengen, Reißen usw.
- Sicherung: Spritzbeton, Anker, Ausbaubögen, vorausseilende Sicherung usw.

8.2 Lösbarkeit, Bohrbarkeit

- Äquivalenter Quarzanteil
- einax. Druckfestigkeit u.w. Gesteins-/Gebirgseigenschaften
- Schneidbarkeit, Abrasivität
- Veränderlichkeit, Quellfähigkeit u.w.
- ggf. Hinweise zum Ausbruchverfahren
- ggf. Hinweise zum zu erwartenden Überprofil

8.3 Verwendbarkeit des Ausbruchmaterials

Verwendbarkeit des Erdaushubs vom Voreinschnitt bzw. bei Offener Bauweise sowie des Materials aus dem Tunnelausbruch:

- Materialbeschreibung, voraussichtliche Gesteinskörnungen
- Gewinnung und Einbaubarkeit: Verdichtbarkeit, natürliche Wassergehalte, Proctordichten, ggf. Verbesserungsmaßnahmen
- Auflockerung bei der Materialgewinnung
- ggf. weitere Eignungsnachweise nach TL Min-StB 2000: z.B. Frostbeständigkeit (DIN 52 103), Widerstandsfähigkeit gegen Schlag (DIN EN 1097-2, DIN 52 115-2) u.a.

8.4 Umweltauswirkungen

- Grundwasserabsenkung, ggf. Auswirkung auf Wassergewinnungsanlagen, ggf. Auswirkung auf Nachbarbebauung
- Chemismus/Ableitung von Dränwässern während der Bauzeit
- ggf. Chemismus/Ableitung von Dränwässern während des Betriebes
- Setzungen an der Geländeoberfläche, ggf. Auswirkung auf Nachbarbebauung (verträgliches Setzungsmaß u.a. Angaben)
- Verunreinigung/Eluatbelastung von Aushub-/Ausbruchmaterial

9 Weitere Erkundung

Darstellung weiterer ggf. erforderlicher Erkundungsmaßnahmen bzw. baubegleitender Maßnahmen.