

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 38

Artikel: Tunnelbauarbeiten: grundsätzliche Anmerkungen zur Ausschreibung
Autor: Herzog, Max
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76708>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Bei einem dritten Kabel, das ohne gewollte Mängel eingebaut wurde, zeigten sich auch in der reflektometrischen Diagnose keine feststellbaren Anomalien.

Diese Ergebnisse dürfen unseres Erachtens – was die Tauglichkeit der Prüfmethode betrifft – als durchaus positiv beurteilt werden. Wenn sie gemeinsam mit dem zuständigen Ingenieur interpretiert werden, ist auf jeden Fall eine Diagnose in dem Sinne möglich, ob und wenn ja, wo gravierende Mängel festgestellt worden sind, oder aber ob sich das geprüfte Kabel in einem Zustand befindet, der vorerst keine weiteren Massnahmen erfordert.

Die bis anhin in Erscheinung getretenen Anwendungsgrenzen sind folgende:

- Der Spannkopf muss zugänglich sein und freigespitzt werden können.
- Je länger das zu prüfende Kabel, um so grösser ist die Fehlertoleranz bei der lagemässigen Ortung einer schad-

haften Stelle. Bei bekannter Kabellänge kann allerdings das vom Kabelende reflektierte Signal geeicht und damit die Genauigkeit wesentlich verbessert werden.

- Bei mehreren hintereinander liegenden Fehlstellen können im allgemeinen nur die am nächsten beim Ausgangspunkt (Spannkopf) liegenden Anomalien zuverlässig erfasst werden.
- Die unmittelbar hinter dem Spannkopf liegende Zone kann derzeit noch nicht mit der wünschenswerten Genauigkeit erfasst werden (zu kleines Δt).
- Die effektive Länge schadhafter Stellen kann im allgemeinen nur sehr näherungsweise angegeben werden.
- Wenn die reflektometrische Diagnose mehr oder weniger gravierende Korrosionsschäden aufgedeckt hat, soll ein endgültiger Entscheid über das weitere Vorgehen nach Möglichkeit auf zusätzliche Untersuchungen

wie z. B. örtliche Spannungsmessungen (Half-cell), Endoskopie usw. abgestützt werden.

Armierungseisen, die in elektrischem Kontakt mit einem Vorspannkabel stehen, haben entgegen einer weitverbreiteten Meinung im allgemeinen keinen negativen Einfluss auf das Ergebnis reflektometrischer Korrosionsprüfungen. Im übrigen darf davon ausgegangen werden, dass die rasante Entwicklung auf dem Gebiet der elektronischen Messtechnik auch die derzeitigen Anwendungsgrenzen und Systemfehler weiter hinunterdrücken wird.

Adresse des Verfassers: Hans Kapp, Geologe, Dr. phil. II, Grundbauberatung / Geoconsulting AG, Teufenerstrasse 25, 9000 St. Gallen.

Tunnelbauarbeiten

Grundsätzliche Anmerkungen zur Ausschreibung

Von Max Herzog, Aarau

Die Diskussionen über die zweckmässige Ausschreibung von Tunnelbauarbeiten sind ebenso alt wie der Tunnelbau selbst. Da sich die verschiedenen Randbedingungen (wie Geologie, geotechnische Eigenschaften des Gebirges, Wasserführung, Bauverfahren, Termine u.a.m.) von Bauvorhaben zu Bauvorhaben ändern, ist eine Systematik zur sinnvollen Ausschreibung von Tunnelbauarbeiten [1] sehr erwünscht.

Einleitung

In der Schweiz wurde bereits wertvolle Pionierarbeit geleistet, so etwa in:

- SIA-Norm 118: Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten (1977),
- SIA-Norm 198: Untertagbau (1975),
- SIA-Norm 199: Erfassen des Gebirges im Untertagbau (1975),
- SIA-Norm 196: Baulüftung von Untertagbauten (1983),
- SIA-Norm 195: Pressvortrieb (1984),
- SIA-Empfehlung 198/1: Tunnel- und Stollenbau im Fels mit Vollvortriebsmaschinen (1985) und
- Normpositionenkatalog (NPK) für den Tiefbau, Band V: Untertagarbeiten, herausgegeben vom SIA (1979).

Selbstverständlich werden solche Regelwerke von nationalen Gewohnheiten mitgeprägt. Trotz der bekannten Nachteile (vgl. [2] S. 774) ist es zweck-

mässiger, der Ausschreibung von Tunnelbauarbeiten derartige Regelwerke, welche durch einen Konsens von Bauherren, Planern und Unternehmern zustande gekommen sind, zugrunde zu legen, als bei jedem Bauvorhaben alles neu zu formulieren.

Vorarbeiten

Voraussetzung für eine sinnvolle Ausschreibung von Tunnelbauarbeiten sind das Vorhandensein des *baureifen* Projektes samt den Berichten der beigezogenen Spezialisten für Geologie, Geotechnik und Hydrologie sowie Angaben über die Verkehrserschliessung, Installationsplätze, Aushubdeponien, Wasser- und Stromversorgung, Abwasserbeseitigung, Schneeräumung, Telefon, Arzt und Spital.

Leistungsverzeichnis

Der in der Schweiz den Ausschreibungen von Tunnelbauarbeiten im allgemeinen zugrunde liegende Normpositionenkatalog (NPK) für den Tiefbau, Band V (herausgegeben 1979 vom SIA) enthält vier Hauptabschnitte mit verschiedenen Unterabschnitten

01 Kostengrundlagen

- 011 Lohnkostenansätze
- 013 Materialgrundpreise

02 Regieansätze

- 022 Löhne
- 023 Materialien
- 024 Maschinen und Geräte

50 Baustelleneinrichtungen

- 502 Allgemeine Baustelleneinrichtungen
- 503 Baracken
- 505 Installationen für Betonarbeiten
- 507 Druckluft- und Druckwasseranlagen
- 508 Spezielle Installationen für Untertagarbeiten

51 Untertagarbeiten

- 511 Ausbrucharbeiten
- 512 Wasserhaltung
- 513 Sicherungsarbeiten und Betonschalensbauweise
- 514 Äussere Verkleidung
- 515 Entwässerung und Abdichtung
- 516 Sondierbohrungen und Injektionen
- 517 Innenausbau
- 519 Verschiedene Arbeiten

- 59 **Regiearbeiten**
 592 Löhne
 593 Materialien
 594 Maschinen und Geräte.

Wahlmöglichkeiten des Unternehmers

Obwohl es richtig ist, bei der Ausschreibung von Tunnelbauarbeiten durch den Planer ein bestimmtes Ausbruch- und Bauverfahren im Auge zu haben, liegt es im Interesse des Bauherrn, dem Unternehmer die Möglichkeit zu geben, auch andere Verfahren anzubieten, für welche er u.U. bereits die erforderlichen Geräte besitzt. Ebenso ist es sinnlos, auf einem bestimmten lichten Durchmesser des Tunnels zu beharren, wenn die Unternehmer Geräte (Schilde) besitzen, die vom gewünschten Sollwert um ein vernünftiges Mass abweichen. Wenn jedoch die technischen Nachteile eines vorhandenen Unternehmergerätes zu gross werden, wie Gleistransport bei Tunnellängen unter 5 km oder bei Sohlgefällen über 1,5% [3], dann darf es nicht zugelassen werden. Eine weitere Bedingung, von der unter keinen Umständen abgewichen werden sollte, ist die Druckbewitterung bei Spreng- und Dieselbetrieb. Dagegen kann die Wahl des Bohrgerätes dem Unternehmer überlassen werden. Die Gerätewahl des Unternehmers kann vom Ausschreibenden auch durch die Vorgabe der Bauzeit, für die heute bereits genügend Vergleichswerte bekannt sind [4], beeinflusst werden. Schliesslich ist bei der Ausschreibung von Tunnelbauarbeiten - vor allem in den Alpen mit ihren stark wechselnden Verhältnissen - zu bedenken, dass zwischen der geologischen Prognose (Bergiseltunnel: Terrassensedimente) und der aufgeschlossenen Realität (50% Quarzphyllit) Unterschiede liegen können, welche die Anwendung anderer Ausbruch- und Bauverfahren erheischen [5]. Keine Wahl darf dem Unternehmer bei der Mindestankerlänge gelassen werden, welche niemals kürzer als der halbe Ausbruchdurchmesser sein sollte.

Mindestangaben des Ausschreibenden

Neben den üblichen geotechnischen Kennwerten (z.B. Tonschiefer: Rohdichte 27 kN/m³, Reibungswinkel 28 °C und Kohäsion 10 kN/m²) sind erstens die Stehzeit für den vorgesehenen Ausbruchdurchmesser und zweitens der Quarzgehalt des Gebirges von grösstem Interesse für den Unternehmer.

Die erste erlaubt die Beurteilung der möglichen Abschlaglänge und damit des Schichtfortschritts. Die zweite lässt abschätzen, wie weit bei der Mechanisierung des Vortriebs gegangen werden kann. Schichtung, Lagerung und Klüftung sind wichtig für die Wahl und Bemessung der Sicherungsmassnahmen beim Ausbruch.

Den Unternehmer interessiert jedoch vor allem ihre Auswirkung auf die Grösse des geologischen Überprofils. Wenn dasselbe nicht abgeschätzt werden kann, ist es auch nicht kalkulierbar. Angaben über Wasserführung, Schüttung und Wirkung des Bergwassers auf das Gebirge und den Beton sind für den Unternehmer ebenso wichtig wie sie für den Planer schwierig zu machen sind. Übertreibungen sind in beiden Richtungen zu vermeiden. Trotzdem sollten im Leistungsverzeichnis unter Nennung des Messverfahrens auch Grenzfälle erfasst werden können.

Erkundungsstollen

Die Vor- und Nachteile von Erkundungsstollen sind allgemein bekannt. Der bessere Aufschluss des Gebirges will bezahlt sein. Ideal wäre das Auffahren des Erkundungsstollens vor der Ausschreibung der Tunnelbauarbeiten.

Der Erkundungsstollen ist ein bewährtes Hilfsmittel in stark wechselndem oder gestörtem Gebirge. Im Gotthard-Strassentunnel ermöglichte er u.a. die seitliche Umgehung der schwierigen Mesozoikumsstrecke. Man muss sich aber im klaren sein, dass ein Erkundungsstollen mit rund 6 m² Ausbruchquerschnitt keine Aussage über die Stehzeit eines Verkehrstunnels mit rund 100 m² Ausbruchquerschnitt im gleichen Gebirge erlaubt.

Gebirgsklassifikation

Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass die Gebirgsklassifikation nach den Sicherungsmassnahmen - im Gegensatz zur derjenigen nach der Stehzeit - am wenigsten zu Diskussionen Anlass gibt. Ganz wichtig ist jedoch der *Zeitpunkt* der einvernehmlichen Festlegung der Ausbruchklasse durch Bauleitung und Unternehmer.

Die SIA-Norm 198 überlässt die Wahl dieses Zeitpunktes dem Werkvertrag. Die Ö-Norm B 2203 empfiehlt den Zeitpunkt unmittelbar nach erfolgtem Ausbruch. Dann sind jedoch die auf Grund der Stehzeit des Gebirges (z.B. nach *Lauffer* gemäss SIA-Norm 199, Tabelle

2) erforderlichen Sicherungsmassnahmen, wie

- Felsnägel und Drahtnetze,
- Anker, Spritzbeton und Armierungsnetze,
- Stahlbögen und Verzugselemente,
- Tübbings aus Beton oder Stahlguss,

noch nicht abschliessend bekannt. Der richtige Zeitpunkt für die Ausbruchklassifikation ist nach Ausführung der von Bauleitung und Unternehmer einvernehmlich beschlossenen Sicherungsmassnahmen [6].

Abrechnung

Je ungenauer die Gebirgsverhältnisse bekannt und je unerfahrener Bauleitung und Unternehmer sind, umso weiter sollte das Leistungsverzeichnis in Einzel- und Teilleistungen aufgegliedert sein. Teilpauschalierungen sind nach dem Sammeln einer gewissen Erfahrung auch noch später möglich und bei gegenseitigem Vertrauen von Bauleitung und Unternehmer zur Vereinfachung der Abrechnung zweckmässig.

Um das Problem des Mehrausbruchs im Griff zu behalten, ist eine eindeutige Definition erforderlich: «Überprofile, Nach- und Niederbrüche werden nach den entsprechenden Positionen des Leistungsverzeichnisses vergütet, soweit sie geologisch bedingt sind und auch bei entsprechend vorsichtigem Ausbruchverfahren und Sicherungsmassnahmen nicht hätten vermieden werden können, und die im Leistungsverzeichnis festgeschriebenen Mindestgrössen überschreiten». Zusätzlich sind stets auch die Ausbruchtoleranzen (z.B. nach aussen 15 cm und nach innen 5 cm) festzulegen. Die Kostenfolge dieser Toleranzmasse für den Bauherrn in Form von Mehrbeton darf der Ausschreibende nicht vernachlässigen.

Die zutreffende Abrechnung der Sicherungsmassnahmen, aber auch der Erkundungsbohrungen, Injektionen, Abdichtungen und Entwässerung wird erleichtert, wenn das Leistungsverzeichnis alle auch nur mit geringer Wahrscheinlichkeit zu erwartenden Leistungen enthält. Positionen, welche nicht mit Sicherheit zur Anwendung gelangen, dürfen niemals in Pauschalen einbezogen werden. Eine Spritzbetonsicherung ist nur dann ausreichend umschrieben, wenn der Zeitpunkt der geforderten Frühfestigkeit mitgenannt wird.

Die Toleranzgrenzen der Leistungsmengen, bis zu denen die angebotenen Einheitspreise gelten, sollten möglichst hoch (deutsche VOB = 10%, SIA = 20%, anzustreben = 30%) angesetzt werden.

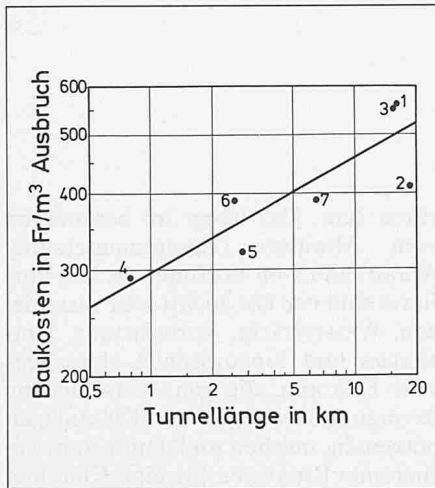


Bild 1. Abhängigkeit der Tunnelbaukosten von der Tunnellänge

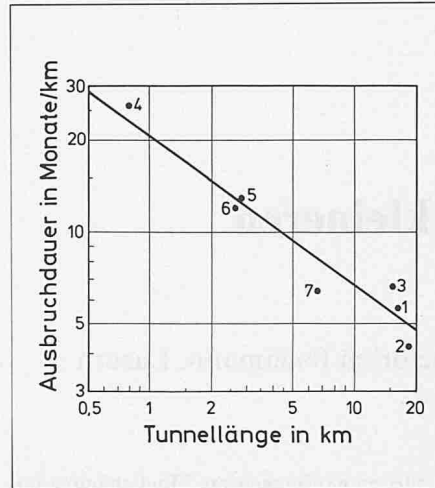


Bild 2. Abhängigkeit der Ausbruchdauer von der Tunnellänge

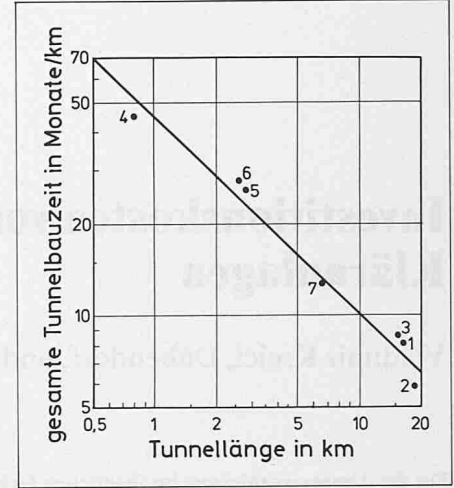


Bild 3. Abhängigkeit der gesamten Tunnelbauzeit von der Tunnellänge

Gutachter

Es empfiehlt sich, bereits im Werkvertrag einen von Bauherr und Unternehmer auf Vorschlag des Planers einvernehmlich gewählten Gutachter zu bezeichnen, dessen Schiedsspruch in Streitfällen von beiden Vertragspartnern im voraus und unter Ausschluss weiterer Rechtsmittel anerkannt wird. Damit lässt sich viel Zeit und Geld einsparen.

Baukosten und -zeiten

Zur Beurteilung von Preisangeboten für Tunnelbauarbeiten ist ein aktueller Vergleichsmaßstab erforderlich. Bereits vor 7 Jahren hatte eine Analyse von 27 neueren Tunnelbauten [4] gezeigt, dass sich die voraussichtlichen Baukosten und -zeiten eines Tunnels sogar dann recht zuverlässig ($\pm 11\%$) voraussagen lassen, wenn nur die Tunnellänge, der Ausbruchquerschnitt und die Tunnelbauverhältnisse bekannt sind. Eine neue Auswertung von 7 schweizerischen Bahn- und Strassentunneln (Tabelle 1) hat die in den Bildern 1 bis 3

dargestellten Abhängigkeiten erkennen lassen. Die gesamte Bauzeit eines Tunnels ist um rund die Hälfte länger als die reine Ausbruchdauer. Bei Anwendung der Baugrundvereisung verdoppeln sich die Baukosten ungefähr.

Vergabe

Die Vergabe von Tunnelbauarbeiten sollte niemals an den billigsten, sondern bei preislich vergleichbaren Angeboten an den erfahrensten und vertrauenswürdigsten Unternehmer erfolgen. Ein schlechter Preis verleitet zu unsorgfältiger Arbeit und zu Nachforderungen. Am billigsten kalkuliert ein Unternehmer ohne Erfahrung, weil er die Schwierigkeiten und Risiken des Tunnelbauvorhabens nicht zu beurteilen vermag. In den USA erhält stets der Billigstbieter den Auftrag. Er wird aber durch harte Ausführungsbedingungen zur strikten Einhaltung der angebotenen Leistung gezwungen, selbst wenn er sich verrechnet hat und in Konkurs gehen muss. Auf lange Sicht kann dadurch die Spekulation mit Preisen, die unter den Selbstkosten liegen, unterbunden werden. In Mitteleuropa sind derart rauhe Sitten bisher unbekannt.

Zusammenfassung

Im Hinblick auf die bevorstehenden Tunnelbauten im Rahmen des Projekts «Bahn 2000» wurde hier auf einige Besonderheiten der Ausschreibung von Tunnelbauarbeiten hingewiesen. Zwar sind solche auch in verschiedenen Lehrbüchern anzutreffen, doch möchten die zusammenfassenden Ausführungen in diesem Aufsatz eine praktische Hilfe beim Aufstellen der Ausschreibungsunterlagen leisten.

Adresse des Verfassers: Dr. M. Herzog, Ingenieurbüro, Rohrerstrasse 3, 5000 Aarau.

Tabelle 1. Kennwerte von 7 neueren Bahn- und Strassentunneln in der Schweiz (Quelle [3] Seite 39)

Nr.	Tunnel	Bauzeit	Länge km	Ausbruch m ³	Ausbruchdauer Monate	Bauzeit Monate	Baukosten Mill. Fr.
1	Gotthard	69-80	16,3	1 230 000	91	132	686
2	Seelisberg	71-80	2 × 9,3	1 800 000	78	108	735
3	Furka (Basis)	73-81	15,4	552 000	102	132	304
4	Born	77-81	0,8	60 000	21	36	17,6
5	Hagenholz	74-80	2,8	291 000	36	72	94
6	Rosenberg	79-85	2 × 1,3	259 000	31	72	100
7	Gubrist	78-85	2 × 3,3	690 000	42	84	260

Literaturverzeichnis

- [1] Markl, W. und Pontow, K.H.: Untertagebauten - Planung, Ausschreibung, Ausführung. Ernst & Sohn, Berlin 1968
- [2] Müller, L.: Der Felsbau, Band 3: Tunnelbau. Enke, Stuttgart 1978
- [3] Herzog, M.: Zweckmässiger Tunnelbau. Schweiz. Techn. Zeitschrift 82 (1985) Nr. 17, S. 27-32, Nr. 18, S. 28-36 und Nr. 19, S. 36-43
- [4] Herzog, M.: Baukosten und Bauzeiten bergmännisch erstellter Tunnel. Strasse und Verkehr 66 (1980) H. 1, S. 13-16
- [5] Angerer, K.: Was soll der Bauausführende aus den geologischen und felsmechanischen Unterlagen entnehmen können? Rock Mechanics, Suppl. 4 (1975) S. 29-39
- [6] Pöchlacker, H.: Gebirgsklassifikation und Bauvertrag bei Grossstrassentunneln - Kritik und Anregungen. Rock Mechanics, Suppl. 4 (1975) S. 115-128