Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 117 (1999)

Heft: 36

Artikel: Projektierung und Bau des Anschluss-Stollens Glatt: Erfahrungen des Totalunternehmers

Autor: Henniger, Karl

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79779

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: 30.07.2025

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

Karl Henniger, Zürich

Projektierung und Bau des Anschluss-Stollens Glatt

Erfahrungen des Totalunternehmers

Im vorliegenden Beitrag werden Besonderheiten beim Auffahren des 2300 m langen Lockergesteinsabschnitts beschrieben sowie eine Beurteilung des Bauverfahrens, der Vortriebsausrüstung und des Stollenausbaus vorgenommen. Ein weiteres Kapitel enthält Feststellungen zur funktionellen Projektabwicklung am Beispiel des Anschluss-Stollens Glatt aus der Sicht des Totalunternehmers.

Bereits das Auffahren der 40 m langen Übergangsstrecke Fels-Lockergestein bereitete erhebliche Schwierigkeiten. Die am Schneidrad befestigten Schälmesser waren dem Fels und der darauf liegenden blockreichen Moräne nicht gewachsen. Durch das Drehen des Schneidrads an Ort erwärmte und verfestigte sich das Material im Abbauraum und verursachte einen grossen Verschleiss der Werkzeuge. Unter Druckluft und bei hohen Temperaturen mussten die Werkzeuge zwölfmal ersetzt werden. Der Ersatz der Schälmesser durch Rundschaftmeissel brachte dabei nur eine geringe Verbesserung. Die Vortriebsleistung betrug 1,5 m pro Arbeitstag.

Das Lockermaterial wurde im Druckluftverfahren mit 1,5 bar angefahren. Dieser Druck erwies sich als zu gering. Die Ortsbrust stürzte ein, bzw. das Abbaurad füllte sich mit Material und Wasser und verursachte kurz vor dem Bahnhofbereich an der Oberfläche eine Einsenkung von einigen Dezimetern. In der Folge wurde der Druck auf 2,7 bar erhöht und vom Druckluft- auf das Erddruckverfahren umgestellt.

Nach 300 m Vortrieb musste eine abgerissene Verschlussplatte der Schneckenöffnung aus dem Abbauraum geborgen werden. Als Ursache wurde ein grosser Findling vermutet. Die Reparatur erforderte 31 Einstiege bei einem Druck von 3 bar und dauerte 14 Tage.

Vor dem Auffahren des 360 m langen Abschnitts mit von unten ins Profil reichendem Fels musste nach 800 m für den Wechsel der Abbauwerkzeuge, die Reparaturen der Drehdurchführung und der Schildschwanzdichtung ein Revisionshalt vorgesehen werden. Die Überdeckung betrug an dieser Stelle 15 m, das gespannte Grundwasser hatte einen Druck von 2,1 bar. Nach gründlichem Studium entschloss sich die Unternehmung, die Reparatur nicht unter Druckluft, sondern bei atmosphärischen Bedingungen durchzuführen. Zu diesem Zwecke wurde von der Terrainoberfläche aus eine bis 3 m unter den Stollen reichende überschnittene Bohrpfahlwand erstellt. Das Schneidrad wurde in die Bohrpfahlwand vorgetrieben und gegen diese abgedichtet. Im Schutze dieses «Bahnhofs» konnten die Reparaturen in nur 14 Arbeitstagen durchgeführt werden. Unter Druckluft hätte bei erhöhtem Risiko mit 30 bis 40 Arbeitstagen gerechnet werden müssen. Mit den zusätzlichen Kalibrierrollen, den geänderten Werkzeugen und verstärkten Räumern traten auf der 360 m langen Fels-Moränenstrecke die Startschwierigkeiten nicht mehr auf. Die Tagesleistungen betrugen nun 6 bis 10 m. Im verbleibenden 1150 m langen Abschnitt bis zum Schacht an der Glatt wurden in den homogenen, dicht gelagerten tonig-siltigen Seebodenablagerungen bei einem Wasserdruck von 0,9 bis 1,2 bar Tagesleistungen im zweischichtigen Betrieb von 30 m erreicht.

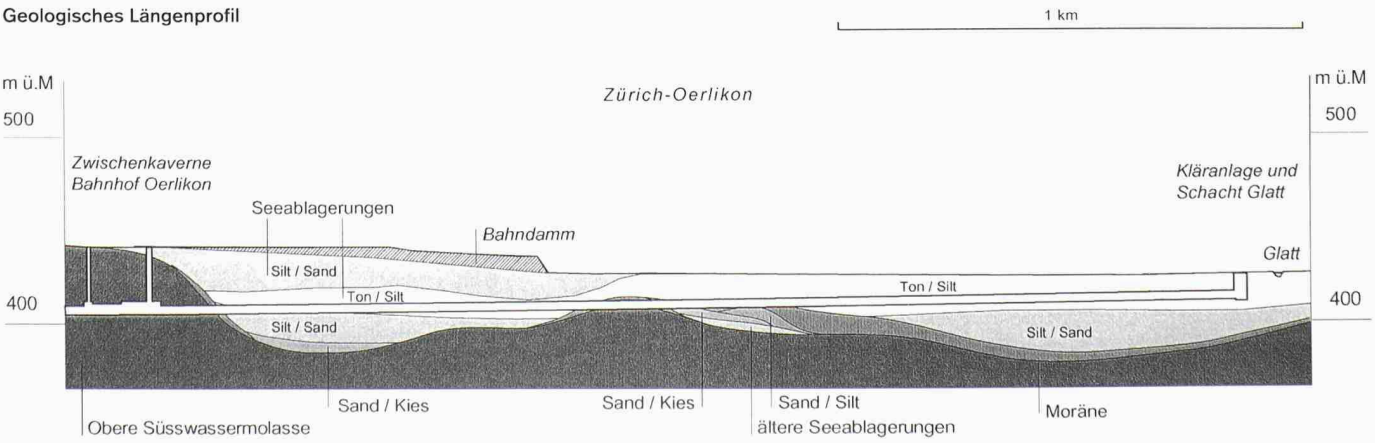
Beim Erddruckverfahren wird dem Material im Abbauraum ein Schäumungsmittel beigegeben. Die Zugabe des Konditionierungsmittels bewirkt eine Anreicherung des Materials mit ungelöstem organischem Kohlenstoff. Dieses Material darf gemäss den Vorschriften des Gewässerschutzes nicht in grösseren Mengen über dem Grundwasser deponiert werden. Die damit verbundenen Umtriebe und Kosten waren erheblich und konnten nur durch die Reduktion des Mittels auf 140 g/t in Grenzen gehalten werden.

Diese erwähnenswerten Ereignisse und Besonderheiten zeigen, dass die aufgetretenen Schwierigkeiten nicht durch geotechnisch/hydrologisch veränderte Verhältnisse verursacht wurden, sondern mehrheitlich maschinen- und verfahrenstechnisch bedingt waren.

Bauverfahren, Vortriebsausrüstung und Stollenausbau im Lockergestein

In der Lockergesteinsstrecke erwies sich das Erddruck-Druckluftverfahren als die zweckmässigste Baumethode. Die von Anfang an geplante Umrüstung der Hartgesteins-Schild-TBM auf die Mixschild-

1
Geologisches Längenprofil



TBM bewährte sich maschinen- und verfahrenstechnisch.

Nicht optimal war dagegen im Hinblick auf das Vorkommen von Blöcken und Felspartien die ausschliessliche Bestückung des Schneidrads mit Schälmessern. Im Weiteren war bei einem Wasserdruck im Scheitel bis 3 bar das Drehmoment von 415 mt zu klein, und an Stelle der eingesetzten Schildschwanzdichtung wäre das System «Fettdichtung» zweckmässiger gewesen.

In Bezug auf die Setzungsgrösse hat das Verfahren die Erwartungen übertroffen. Die Setzungen betrugen im heiklen Bereich der Bahn weniger als 1 cm, im Strassenbereich maximal 2 cm.

Der einschalige Tübbingausbau weist in der Lockergesteinsstrecke einige geringe Nass- und Feuchtstellen auf. Ein zweischaliger, mit einer Folie abgedichteter Ausbau liesse sich deshalb nicht rechtfertigen.

	Länge [m]	max. Leistung pro Tag [m]	max. Leistung pro Woche [m]	mittlere Leistung pro Tag [m]	Totale Bauzeit [Monate]
Fels	2900	30	122	15	9
Lockergestein	2400	30	116	11	10
Demontage/Ummontage					3

2
Vortriebsleistungen und Bauzeit

3
Phasen, Zeiten und Kosten der funktionellen Ausschreibung

Phase	Zeitraum	Monate	Bewerber/ Arge	Kosten	Vergütung des Bauherrn [Fr.]
Präqualifikation	Jul.-Okt. 91	3	11	26 000	-
Vorprojekt	Jan.-Apr. 92	5	6	320 000[1]	130 000[2]
Submissionsprojekt	Dez. 92-Jun. 93	7	3	810 000[1]	500 000
Vergebungsverhandlungen	Jul. 93-Jul. 94	12	3		
Globale Vergabe zu Fr. 63 Mio.	Jul. 94				
Total	3 Jahre			1 256 000	630 000
In Prozent der Globalen				2	1

[1] Anteil des Planers Fr. 80 000.- bzw. Fr. 350 000.-
[2] Grundentschädigung Fr. 50 000.-, Preisgeld Fr. 80 000.-

Organisation und Zusammenarbeit

Während der vierjährigen Bauzeit fanden 44 Bauherrensitzungen statt. Teilnehmer waren der Projektleiter des Bauherrn mit seinem begleitenden Ingenieur und der Projektleiter der Totalunternehmung. Konsequent nicht vertreten waren der projektierende Ingenieur und der Baustellenchef. Diese streng hierarchisch organisierte Zusammenarbeit hat aus der Sicht des Totalunternehmers mehr Nach- als Vorteile und ist nicht zu empfehlen.

Die Zusammenarbeit der Arge mit dem Ingenieur erfolgte anlässlich monatlicher Projektsitzungen. Die Verbindung der Baustelle zum Ingenieurbüro wurde durch einen auf die Baustelle delegierten Ingenieur des Planers sichergestellt. Dieser hatte Bauleitungsfunktionen sowie besondere Aufgaben der Qualitätskontrolle zu erfüllen. Der Aufwand für diese Stelle hat sich aus Sicht des Unternehmers und des Planers gelohnt.

Dem Totalunternehmer oblagen u.a.

- die Organisation und Durchführung der konsequenten Eigenkontrolle der Qualität aller Tätigkeiten der Arge, des Planers, der Subunternehmer und Lieferanten
- die Erarbeitung und Überwachung der Sicherheits- und Rettungskonzepte aufgrund von Gefährdungsbildern und Risikoüberlegungen
- die Beweissicherung, z.B. Rissaufnahmen, Setzungs- und Lärmmessungen vor und nach der Arbeitsaufnahme
- das Nachführen der Ausführungspläne und die Zusammenstellung der Baustellendokumentation.

Feststellungen zur funktionellen Ausschreibung und Ausführung

Das Ziel der funktionellen Ausschreibung ist der frühzeitige Einbezug des Unternehmers in die Projetabwicklung und die Ausführung der Arbeiten auf der Basis eines Totalunternehmervertrags. Die funktionelle Ausschreibung eignet sich aber nicht für alle Bauvorhaben. Sie sollte nur bei Projekten zur Anwendung kommen, bei denen bezüglich Konstruktion, Verfahrenstechnik und Bauablauf verschiedene Lösungen möglich sind. Im Weiteren sollten das Baubewilligungsverfahren abgeschlossen und der Zeitpunkt der Realisierung absehbar sein.

Das Projekt Anschluss-Stollen Glatt erfüllte die Voraussetzungen für die Anwendung der funktionellen Ausschreibung (mehrstufiger Submissionswettbewerb) in idealer Weise. Es empfiehlt sich, vor Inangriffnahme einer Phase ein Budget zu erstellen, das monatlich überprüft wird.

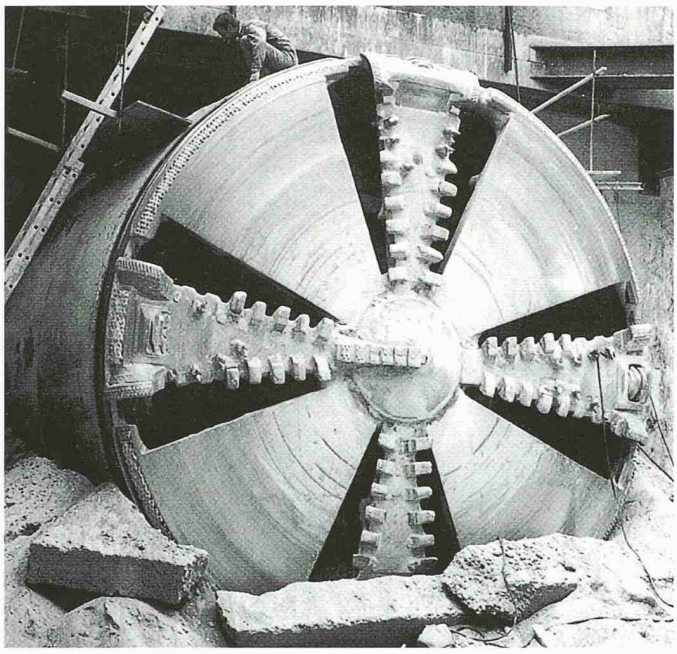
Mit Vorteil wird auch der Verteiler der Kosten und der Vergütungen des Bauherrn zwischen der Arbeitsgemeinschaft und dem Planer sowie innerhalb der Arbeitsgemeinschaft gleichzeitig festgelegt.

In Bezug auf die Submission kann aus der Sicht der Ingenieur-Unternehmergruppe Folgendes festgestellt werden:

- Die dreijährige Submissionszeit (vom Beginn der Präqualifikation bis zum Vertragsabschluss) beansprucht und strapaziert das Team erheblich
- Die lange Submissionszeit sowie der Beizug eines Expertenteams und von Juristen wirken sich für die Unternehmer nachteilig aus
- Unternehmer und Planer müssen sich bewusst sein, dass eine funktionelle Ausschreibung mit erheblichem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist und insbesondere die Kosten für das Vorprojekt durch die Vergütung des Bauherrn bei weitem nicht gedeckt sind.

Bei der funktionellen Ausschreibung von Untertagebauten bestimmt der Unternehmer das Bauverfahren und den für das Erreichen der vorgegebenen Qualität notwendigen Ausbaustandard. Er übernimmt damit die Risiken der Verfahrenstechnik, der Qualität, der Massen und der Termine, und dies als Totalunternehmer zu einem globalen Preis. Infolge mangelnder Erfahrung mit diesem Submissionsverfahren werden die Risiken jedoch bei der Preisbildung zu wenig berücksichtigt bzw. lässt der Markt die Berücksichtigung nicht zu.

Anderseits ist die funktionelle Ausschreibung für den Unternehmer eine Herausforderung und bietet ihm die Chance, durch seine objektbezogene Erfahrung sowie sein unternehmerisches und organisatorisches Geschick einen Wettbewerb nicht nur über den tiefsten Preis zu gewinnen. Generell und aufgrund der Erfah-



4
Mixschild-TBM mit Schneidrad im Lockergestein

rungen beim Projekt «Anschluss-Stollen Glatt» hat die funktionelle Ausschreibung im Untertagebau vor allem für den Bauherrn organisatorische, qualitative und preisliche Vorteile. Er sichert sich damit:

- über einen Wettbewerb der Ideen die Planung und Ausführung eines Bauvorhabens zu einem verbindlichen und günstigen Globalpreis
- die bestmögliche Garantie für das Erreichen der Ziele: «Gute Qualität» und «Einhaltung der Termine und Kosten»
- eine einfache Organisationsform mit eindeutiger Zuordnung der Verantwortlichkeiten.

Während der Ausführung übernimmt der Totalunternehmer Aufgaben der Projekt- und Bauleitung, die insbesondere an die Organisation und Durchführung der Qualitätskontrolle hohe Anforderungen stellen. Positiv können die einfache Organisation sowie die kurzen Entscheidungswege gewertet werden. Die direkten Kontakte mit dem Bauherrn und die Zusammenarbeit mit dem Ingenieur auf der Basis «Wir sitzen im gleichen Boot» haben für alle Beteiligten Vorteile. Das sonst übliche Zwischenglied «Bauleitung» wurde im vorliegenden Beispiel nicht vermisst. Der Totalunternehmer muss jedoch beachten, dass die Kosten für die Projektleitung in städtischen Verhältnissen etwa doppelt so gross sind wie bei einer konventionellen Projektabwicklung in ländlichen Regionen. Beim Anschluss-Stollen Glatt belaufen sich diese Kosten auf rund 2% der Bausumme.

Unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten Voraussetzungen für die Durchführung einer funktionellen Ausschreibung dürfte eine solche im Untertagbau auch in Zukunft eher die Ausnahme bilden. Bei diesen Ausnahmen wünschte sich der Unternehmer:

- eine grössere Selektion durch die Präqualifikation,
- die angemessene Entschädigung der Projekt- und Submissionskosten,
- bei der Vergabe eine gegenüber dem Preis stärkere Gewichtung der technischen Risiken sowie der Erfahrung und Referenzen des Totalunternehmers
- und dass die Normen SIA 118 und 198 unverändert gültig bleiben und spezielle Risiken nicht einseitig dem Unternehmer überbunden werden.

Adresse des Verfassers:
Karl Henniger, dipl. Ing. ETH, Direktor, Zschokke Locher AG, Postfach, 8022 Zürich

Hansjörg Kiefer, Hans-Rudolf Steiner und Ernst Naef, Zürich

Ausbau der unteren Querschnittshälfte des Stollens

Vorgehen bei der Submission

Das Konzept des Innenausbaus für den Anschluss-Stollen umfasst zwei Querschnittshälften mit unterschiedlichen funktionellen Anforderungen. Die untere Querschnittshälfte ist für die Aufnahme der beiden grosskalibrigen Abwasserrohre bestimmt. Ihr oberer Abschluss bildet die Arbeitsebene mit einem von Pneufahrzeugen befahrbaren Belag. Im folgenden Beitrag werden das Konzept der unteren Querschnittshälfte sowie das Vorgehen für die Submission der Planung, Projektierung und Ausführung dargestellt.

Die beiden Stollen-Querschnittshälften werden von verschiedenen Auftragnehmern bearbeitet. Während Planung, Projektierung und Ausführung der oberen Hälfte im Zusammenhang mit dem Bereich Bauwerke Glatt von einem Gesamtplaner bzw. von einem Generalunternehmer wahrgenommen werden, verlangte die untere Querschnittshälfte aufgrund ihres besonderen Charakters ein anders strukturiertes Vorgehen.

In diesem Bereich des Stollens ist die Materialwahl der Abwasserrohre für den Innenausbau entscheidend. Die Materialwahl wiederum wird unter anderem von der Art der Lagerung der Rohre beeinflusst. Grundlagen bildeten somit die Konfiguration des Stollenquerschnitts sowie die material- und ausführungstechnischen Vorgaben.

Die Wahl des Rohrmaterials

Die Bauherrschaft beauftragte einen ausgewiesenen Experten mit der Ausarbeitung eines Berichts zur Wahl des Materials für die Abwasserrohre. Parallel dazu wurde in Zusammenarbeit mit Fachberatern eine Studie erarbeitet, die sich mit den beiden zur Diskussion stehenden Arten der Rohrlagerung auseinandersetzte. Darauf wird in einem späteren Abschnitt eingetreten. Die Untersuchungen zu Material und Lagerung gründeten auf den folgenden Voraussetzungen:

- Durch den 5,3 km langen Stollen sind 1,5 m^3/s Abwasser zu führen