

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 98 (1980)
Heft: 36: Der Gotthard-Strassentunnel

Artikel: Der Bau der Schrägschächte
Autor: Schatzmann, Arturo
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-74196>

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: 17.01.2026

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

Der Bau der Schrägschächte

Von Arturo Schatzmann, Zürich

Die vier unterirdischen Lüftungszentren des Gotthard-Strassentunnels sind mit der Oberfläche durch je einen Lüftungsschacht verbunden, über den die Zuluft angesaugt und die Abluft aus dem Tunnel ausgeblasen wird. Zwei der Lüftungsschächte stehen vertikal, während die anderen beiden als Schrägschächte ausgebildet sind. Die vertikalen Schächte wurden konventionell von oben nach unten abgeteuft, dagegen kam bei den schrägen eine Schachtbohrmaschine zum Einsatz.

Der *maschinelle Schachtausbau* war in der seinerzeitigen Ausschreibung nicht vorgesehen. Wie es dazu kam, lässt sich aufgrund von Akten anschaulich verfolgen.

Was wurde ausgeschrieben?

Auszug aus den «*Objektgebundenen Bedingungen*» der Vertragsgrundlagen aus dem Jahre 1968:

Lüftungsschacht Bätzberg

«Der Lüftungsschacht Bätzberg hat eine Länge von etwa 507 m, einen Durchmesser von 5,95 m und eine Neigung von etwa 84%.

Die Schachtsohle ist eben. Durch eine vertikale Trennwand wird der auf seiner ganzen Länge ausgekleidete Schacht in einen Zuluft- und einen Abluftkanal aufgeteilt. In beiden Kanälen sind Kontrollleise vorgesehen, die bereits für den Bau als Führung der Schalkonstruktion zu verlegen sind.

Im Zu- und Abluftbauwerk bei der Schachtmündung sind die elektromechanischen Installationen sowie die Seilwinde untergebracht.»

«In der obligatorischen Preisliste ist die Ausführung mit Ausbruch von unten nach oben gemäss den beiden nachstehend aufgeführten Varianten vorgesehen:

- Beginn der Auskleidung nach erfolgtem Vollausbruch des Schachtes.
- Die Betonauskleidung folgt unmittelbar dem Ausbruch mit einem Abstand von max. 4 m.

Bei Ausführung nach Variante a) hat die Unternehmung sämtliche Massnahmen zu treffen, um die gleichen Sicherheiten zu erreichen, wie sie die Betonauskleidung bietet. Sämtliche entstehenden Mehrkosten für die Sicherung des definitiven Ausbruchprofils werden gemäss den entsprechenden Positionen der Preisliste vergütet. Alle übrigen Felssicherungsmassnahmen, insbesondere diejenigen für den Vortriebsschacht, sind in den Einheitspreisen eingerechnet.

Bei Ausführung gemäss Variante b) muss die Betonauskleidung unmittelbar dem Vollausbruch folgen, gleichgültig, ob es

sich um die Ausweitung eines Vortriebsschachtes oder um Vortrieb mit Vollausbruch handelt. Die in der Preisliste ausgesetzten Sicherheitsmassnahmen werden nur innerhalb der unverkleideten 4-m-Zone oder für den Fall, dass die Brust im Vortriebsschacht gesichert werden muss, bezahlt. Alle übrigen Felsicherungsmassnahmen sind in den Einheitspreisen eingerechnet, insbesondere diejenigen im Vortriebsschacht.

In beiden Varianten wird die Wasserhaltung gemäss den entsprechenden Positionen der Preisliste vergütet.»

«Sollte die Unternehmung eine andere Art der Ausführung vorsehen (insbesondere mit Teil- oder Vollausbruch von oben nach unten), so ist sie als «Vorschlag der Unternehmung» in einer neuen Preisliste mit den der anzuwendenden Methode entsprechenden Mengen anzubieten.

Im Sinne von Ziff. h) der «*Orientierung und allgemeine Normen für die Ausschreibung*» behält sich die Bauherrschaft vor, die von der Unternehmung vorgeschlagenen Sicherungsmassnahmen und die Wasserhaltung, soweit sie es für notwendig erachtet, zu ergänzen und allfällige Mehrkosten im Offertvergleich zu berücksichtigen.

Die Unternehmung muss speziell folgendes berücksichtigen:

- Wird auf die gesamte Schachtlänge ein Pilotschacht vorgesehen, sind die

Kosten für Sicherungsmassnahmen und Wasserhaltung im Ausbruchpreis einzurechnen.

- Ist für die Ausführung der Betonauskleidung ein grösserer Abstand als 4 m ab Schachtbrust, insbesondere die Ausführung der Auskleidung von unten nach oben vorgesehen, so hat die Unternehmung alle jene Sicherungsmassnahmen zu treffen, die eine gleiche Garantie wie die Betonauskleidung bieten. Die entsprechenden Kosten sind in den Ausbruchpreisen einzurechnen.»

Was wurde offeriert?

Auszug aus dem «*Technischen Bericht*» der Unternehmung vom 31.10.1968:

Bauvorgang Schacht Bätzberg

Pilotschacht $F = 6,5 \text{ m}^2$

Der Vortrieb des Pilotschachtes erfolgt mit Hilfe einer Alimak-Kletterbühne, von der aus gebohrt und geladen werden kann. Sollte das Schutergut nach dem Sprengen auf der rund 84% geneigten Sohle nicht abgleiten, wird ein Schrapper eingesetzt, der es in ein Zwischensilo fördert. Vom Zwischensilo gelangt das Material per Geleise zum Schachtfuss, wo es auf Pneufahrzeuge verladen wird.

Ausweitung des Schachtes

Die Ausweitung auf das Vollprofil erfolgt von oben nach unten. Für das Bohren wird ein 2-armiger hydraulischer Jumbo mit Ladekorb eingesetzt, der mit einer am Schachtkopf installierten Winde herabgelassen wird. Das Schuttern geschieht in gleicher Weise wie beim Pilotenschacht.

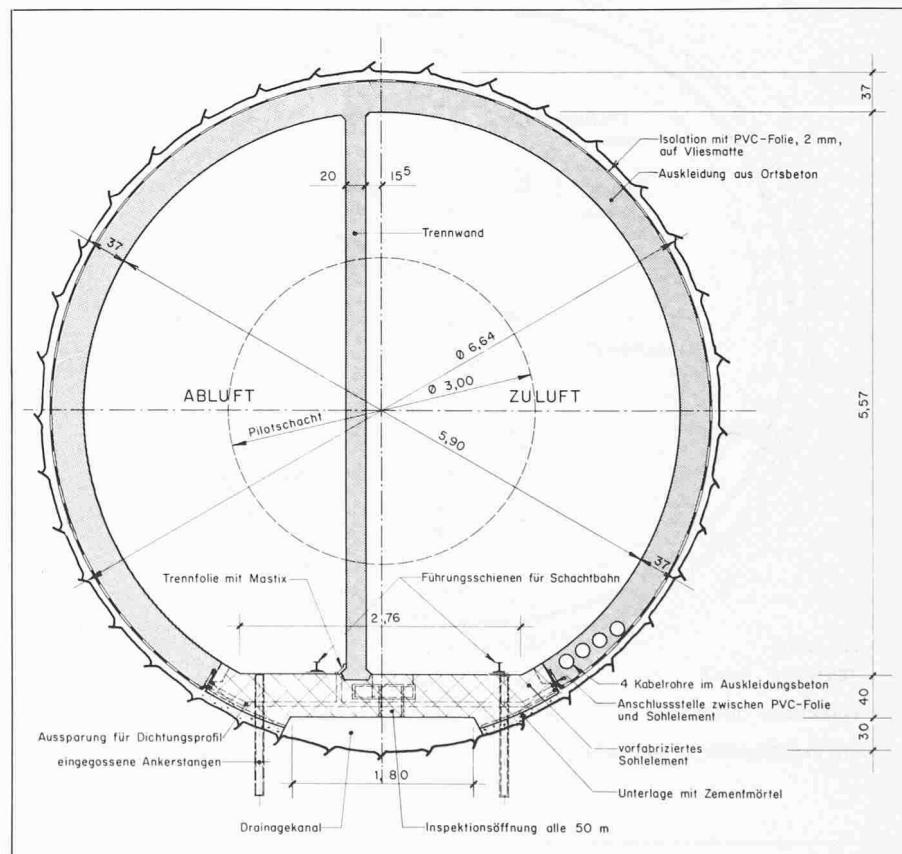


Bild 1. Schrägschachtprofil als Grundlage für die Ausschreibung der Bauarbeiten 1968

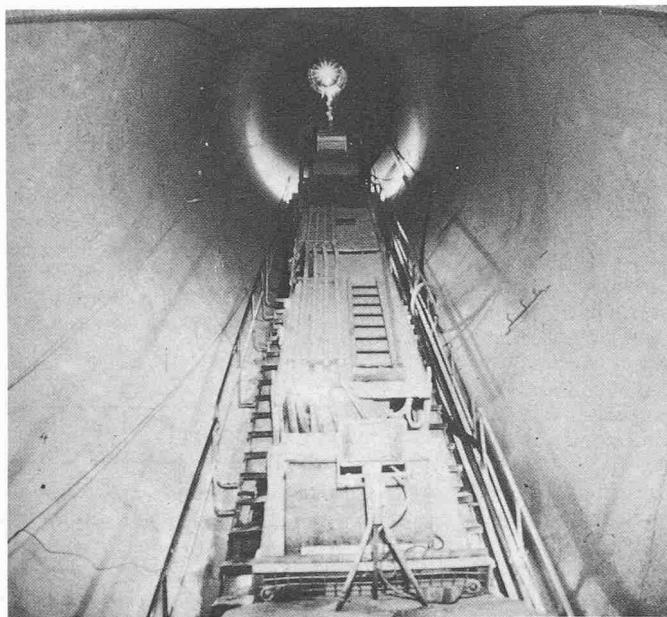


Bild 2. Ausbruchfläche im gefrästen Schrägschacht

Betonierung der Sohle

In Abschnitten von 120-150 m Länge wird die Sohle gereinigt, das definitive Geleise auf Sockeln gerichtet und der Beton eingebracht. Die Abschnitte folgen sich von oben nach unten. Der Beton kommt von der Aufbereitungsanlage Gösschenen auf die Baustelle Bäzberg.

Auskleidung des Schachtes

Der Schacht wird von unten nach oben ausgekleidet, der Beton wird vom Schachtkopf zur Verwendungsstelle transportiert und hinter die Teleskop-Schalung eingebracht.

Um die im Programm vorgesehenen Leistungen erbringen zu können, sind 3

Schalelemente zu 8,0 m Länge erforderlich. Die Ausführung der Zwischenwand folgt der Betonierung der Auskleidung in einem Abstand von etwa 60 m. Die fahrbare Wandschalung von 16,0 m Länge wird jeweils nach 36 Stunden nachgezogen. Der Betontransport geschieht vom Schachtkopf her durch die Betonierstelle der Auskleidung.

Bild 4. Stelle mit Niederbrüchen im gefrästen Profil

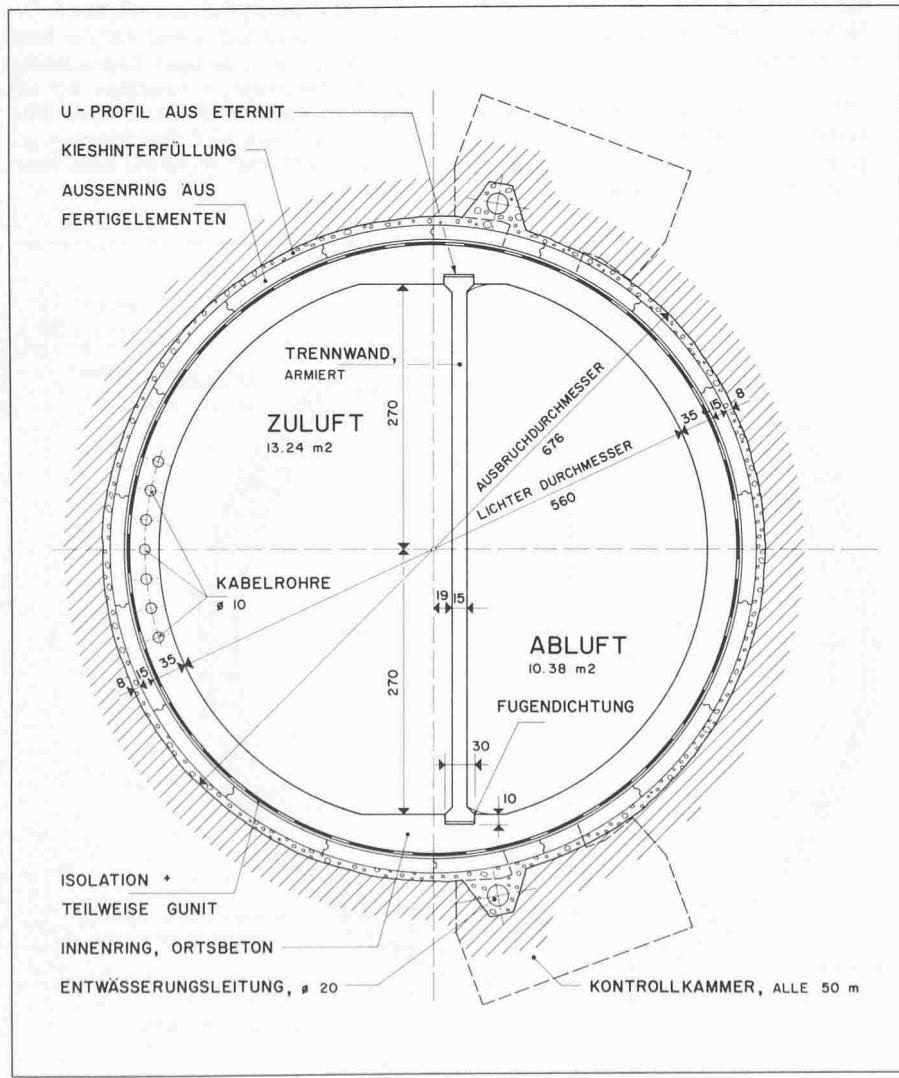


Bild 3. Schachtprofil nach erfolgtem Beschluss des Einsatzes einer Schachtbohrmaschine für die Ausführung der Ausbrucharbeiten

Entscheidungsgrundlagen für die Definition der endgültigen Bauausführung

Verfolgt man die *Protokolle der Sitzungen*, die gemeinsam zwischen *Bauherrschaft*, *Unternehmung* und *Bauleitung* auf der Baustelle stattgefunden haben, können *einzelne wichtige Etappen* festgehalten werden.

Im Mai 1972 gibt die Unternehmung bekannt, dass die Arbeiten für den Schacht Bäzberg *eventuell* durch einen jugoslawischen Unterakkordanten unter Einsatz einer *Alimak-Kletterbühne* ausgeführt werden.

Im Februar 1973 wird bekannt gegeben, dass die Unternehmung wegen der Bauarbeiten für den Schacht mit *verschiedenen Unterakkordanten* verhandelt. Sie hätte jedoch noch *keine endgültige Oferte* erhalten.

Im April 1973 wird im Protokoll ausgeführt:

«... In den nächsten Tagen erwartet die Unternehmung Offerten von polnischen, jugoslawischen und österreichischen Unternehmungen, die als Unterakkordanten arbeiten würden. Es ist ausserordentlich schwer, Firmen zu finden, die noch Leute besitzen, die einen Schrägschacht ausführen können. Aus diesem Grunde möchte die Unternehmung noch die Lösung mit einem Vertikalschacht studieren. Von einem Schrägschacht mit kleiner Neigung für einen maschinellen Vortrieb ist der Unternehmung nichts be-

kannt. Eine Firma hatte vor längerer Zeit einmal eine Offerte eingereicht, doch waren die Preis viel zu hoch...»

Daraufhin hält die Bauherrschaft unter anderem fest:

... Der Schacht Bätzberg ist projekt- und vertragsgemäss auszuführen...»

Im Juni 1973 teilt die Unternehmung mit:

«...Für den Bau des Schrägschachtes Bätzberg hat die Unternehmung seit längerer Zeit einen Unterakkordanten gesucht, da es ihr aus personellen Gründen nicht möglich ist, die Bauarbeiten selbst auszuführen.

Sie hat vor einigen Tagen von der Firma Murer AG eine Offerte erhalten und übergibt diese samt Bauprogramm und Übersichtsplan der Bauherrschaft.

Die Murer AG beabsichtigt, den Schacht zu fräsen und zwar mit denselben Maschinen, die im Schacht Motto di Dentro zum Einsatz gelangten. Zuerst würde der Pilotstollen von unten nach oben und anschliessend die Ausweitung von oben nach unten gefräst.

...Vorgängig ist jedoch die Offerte zu prüfen und der Vergleich mit dem Angebot der Unternehmung unter voller Berücksichtigung der Vorteile, welche ein maschineller Vortrieb bietet, durchzuführen...»

Für den Bauherrn stellte sich nun die Frage, ob er den Einsatz eines Unterakkordanten annehmen oder die Schachtbauarbeiten neu ausschreiben soll. Bauprogrammatische Überlegungen und Schwierigkeiten mit den Bauplätzen, die der Bezug einer weiteren Unternehmung zur Folge gehabt hätten, entschieden zu Gunsten eines Subunternehmers.

Anschliessend ging es darum, das neue Angebot der Unternehmung zu prüfen, auch hinsichtlich Übereinstimmung mit den vertraglichen Grundlagen, und die Vorteile eines maschinellen Ausbruches gegenüber dem ursprünglich vorgesehenen konventionellen Sprengvortrieb zu quantifizieren. Dabei sind insbesondere berücksichtigt worden:

- der geringere Personalaufwand mit resultierenden Einsparungen an Lohnsteuern, die in den entsprechenden Jahren besonders ins Gewicht fielen (Teuerung 1972 bis 1976 rund 35 Prozent),
- das schonende Ausbruchverfahren, das entscheidende Einsparungen an Felssicherungsmassnahmen mit sich bringt, weil die Auflockerungszone im Gebirge praktisch gleich null ist (im Schacht Bätzberg mussten bei der Pilotbohrung keine und bei der Ausweitung nur vereinzelt Felsanker versetzt werden),
- das fast gänzliche Wegfallen des Überprofiles, womit die einzubringende Betonkubatur auf das Minimum reduziert wird (Bild 2),

Die wichtigsten Ergebnisse aus dem Bau der zwei Schrägschächte

	Schrägschacht Motto di Dentro	Schrägschacht Bätzberg
Länge (m)	844	512
Neigung (%)	80	84
Zylinderdruckfestigkeit des Gesteins (kg/cm ²)		
- in Axialrichtung	-	1880
- quer zur Axe	-	1990
<i>Pilotbohrung</i>		
Durchmesser (m)	3,00	3,00
Vortriebsleistungen:		
- pro Arbeitstag (m)	4,13	4,60
- pro Vortriebstag (m)	-	4,74
- Spitzenleistung pro Tag (m)	-	7,80
Anzahl Meissel	26	26
Meisseltyp	Disken/Warzen	Warzen
Nettobohrgeschwindigkeit (m/Std.)	-	0,38
Rotation des Bohrkopfes (Umdrehungen pro Min.)	9	9
Eindringung (mm/Umdrehung)	0,42 *)	0,703
<i>Ausweitung</i>		
Durchmesser (m)	6,64	6,64
Vortriebsleistungen:		
- pro Arbeitstag (m)	3,39	2,75
- pro Vortriebstag (m)	-	3,60
- Spitzenleistung pro Tag (m)	-	6,10
Nettobohrgeschwindigkeit (m/Std.)	-	0,21
Rotation des Bohrkopfes (Umdrehungen pro Min.)	etwa 5,3	etwa 5,3
Eindringung (mm/Umdrehung)	-	0,66

*) Auf eine Strecke von 600 m gemessen

- die Möglichkeit, die durchgehende wasserdichte Isolation ohne eine Gunitunterlage direkt auf den Fels aufzubringen (im vorliegenden Falle ist eine glasfaserarmierte, 1,5 mm starke PVC-Folie auf 2 cm starken Schaumstoffmatten eingebettet, punktweise befestigt worden),
- die Möglichkeit, vorgefertigte Betonelemente mit gegenüber einem Ort beton erhöhter Qualität zu verwenden,
- die grössere Sicherheit bei der Bauausführung und die Möglichkeit, technisch bessere Lösungen, z.B. für die Entwässerung zu wählen,
- die besseren Arbeitsbedingungen beim Einsatz einer Schachtbohrmaschine.

Der *Vergleich der zwei Lösungen* fiel zu Gunsten der Methode mit *maschinellem Ausbruch* aus (Bild 3). Beide Schrägschächte wurden in der Folge mit den gleichen Maschinen gebohrt (vgl. Tabelle). Alle Beteiligten sind sich auch nach Beendigung der Arbeiten einig, dass der getroffene Entscheid sowohl technisch als auch finanziell richtig war.

Die Schwierigkeiten bei der Rekrutierung von qualifiziertem Personal für den konventionellen Ausbruch von Schrägschächten und die steigenden Lohnkosten führen dazu, dass der Einsatz von Schachtbohrmaschinen auch im Hartgestein wirtschaftlich wird.

Bei der Betrachtung der Ausbruchfläche von gebohrten Stollen und Schächten ist davon auszugehen, dass der Hohlraum in einem mit Trennflächensystemen durchsetzten Felsgefüge liegt und ihr ungünstiger Verlauf auch beim maschinellen Ausbruch zu Niederbrüchen führen kann. Das Erkennen derartiger Systeme ist durch die glatte Ausbruchfläche erschwert und bedingt eine intensivere Zusammenarbeit mit dem Geologen, damit die Grundlagen für die Definition allenfalls erforderlicher Sicherheitsmassnahmen rechtzeitig erarbeitet werden können (Bild 4).

Anhang (Falttafel):

Aufzeichnungen aus Pilotbohrung und Ausweitung für den Schrägschacht Bätzberg.