Der Bau der Schrägschächte

Autor(en): **Schatzmann, Arturo**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 36: **Der Gotthard-Strassentunnel**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74196

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Der Bau der Schrägschächte

Von Arturo Schatzmann, Zürich

Die vier unterirdischen Lüftungszentralen 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 Schachtausbruch 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 Bäzberg

«Der Lüftungsschacht Bäzberg 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 Kontrollgeleise 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:

a) Beginn der Auskleidung nach erfolgtem Vollausbruch des Schachtes.
b) 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 Ausbruchprofiles 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 Felssicherungsmassnahmen 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:

a) Wird auf die gesamte Schachtlänge ein Pilotschacht vorgesehen, sind die Kosten für Sicherungsmassnahmen und Wasserhaltung im Ausbruchpreis einzurechnen.
b) 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 Bäzberg

Pilotschacht F=6,5 m²
Der Vortrieb des Pilotschachtes erfolgt mit Hilfe einer Alimak-Kletterbühne, von der aus gebohrt und geladen werden kann. Sollte das Schuttergut 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 Pilotschacht.

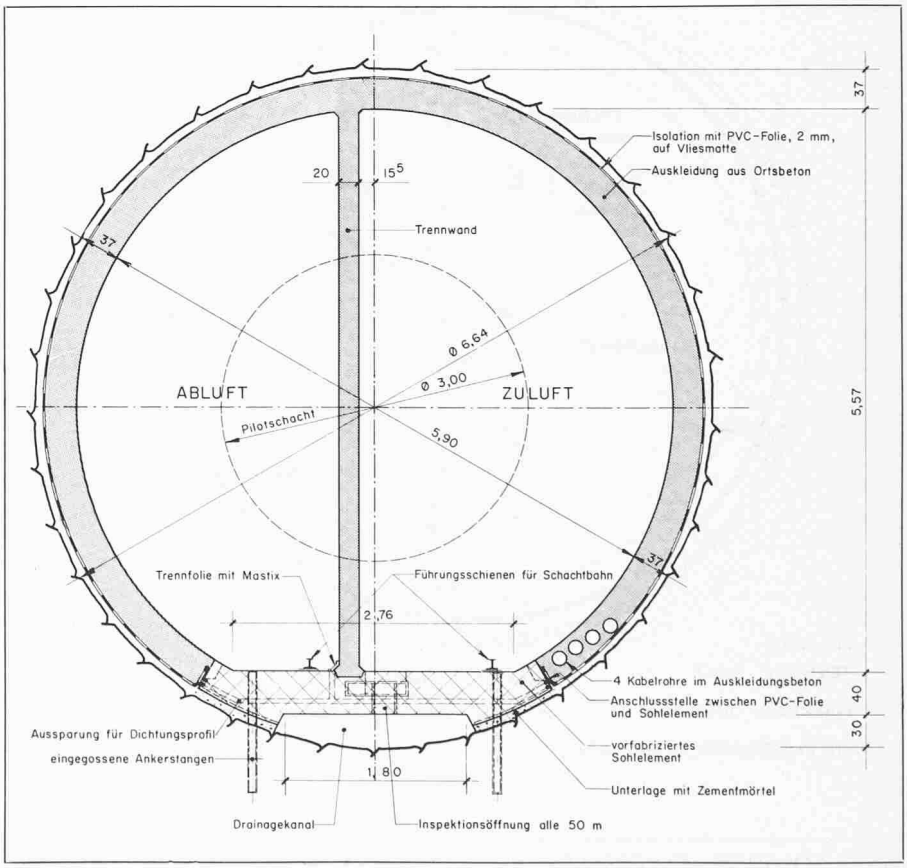

Bild 1. Schrägschachtprofil als Grundlage für die Ausschreibung der Bauarbeiten 1968

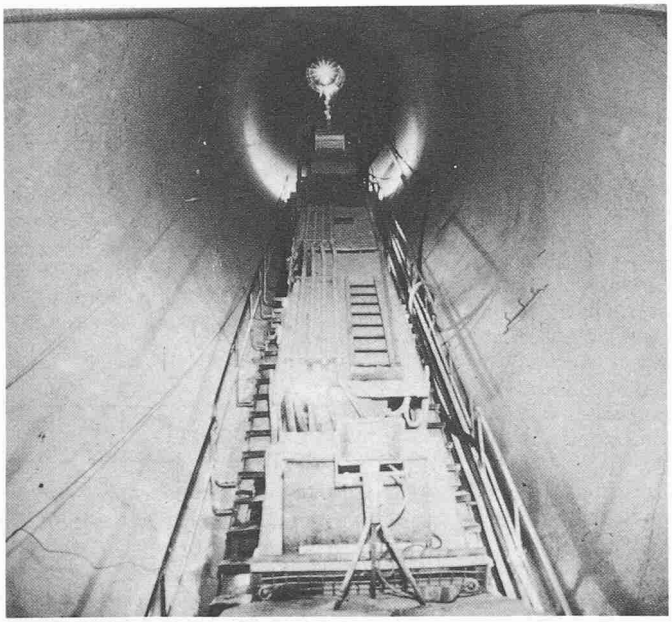

Bild 2. *Ausbruchfläche im gefrästen Schrägschacht*

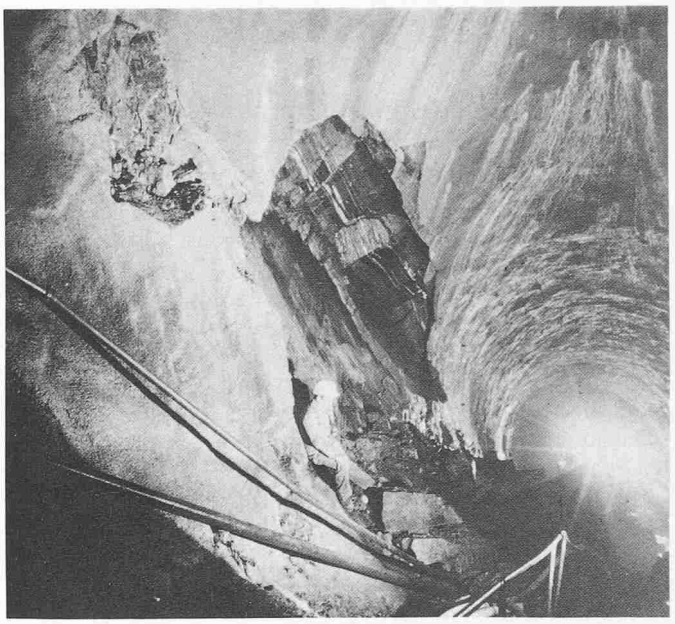

Bild 4. *Stelle mit Niederbrüchen im gefrästen Profil*

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 Göschenen 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.

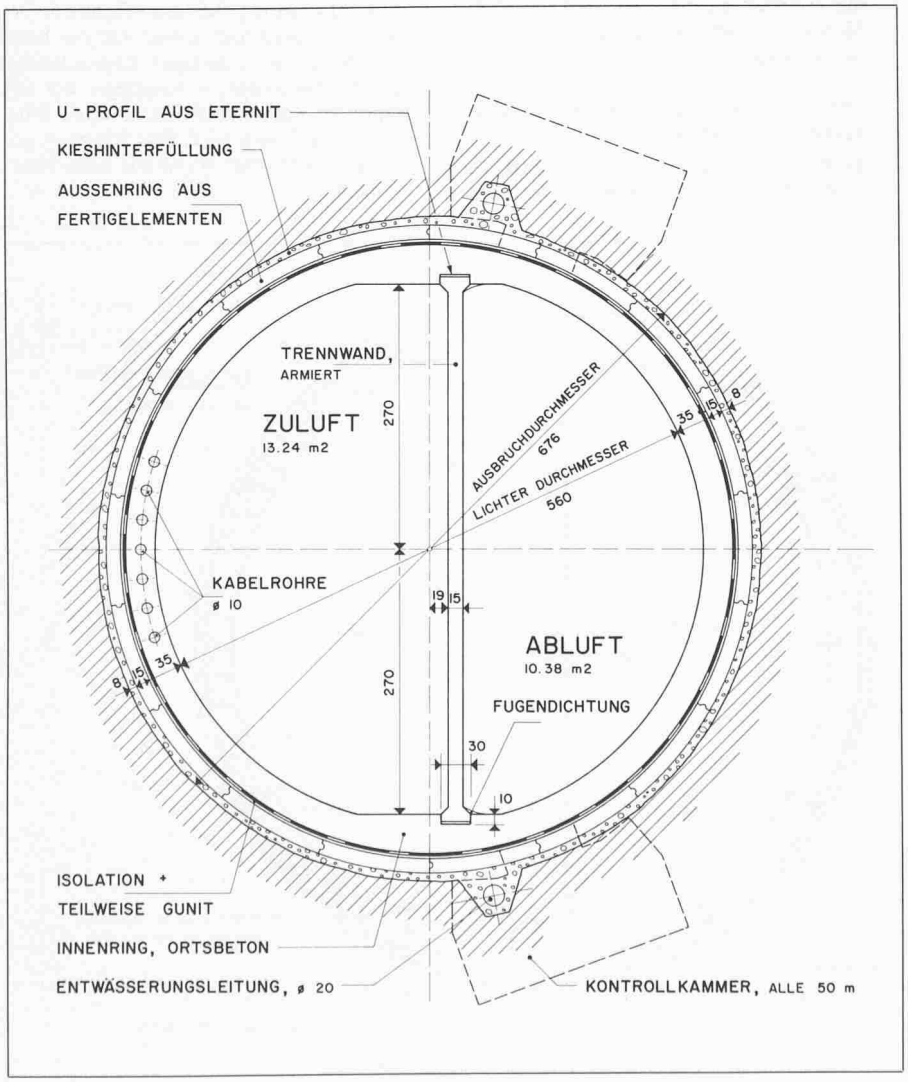

Bild 3. *Schachtprofil nach erfolgtem Beschluss des Einsatzes einer Schachtbohrmaschine für die Ausführung der Ausbrucharbeiten*

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* verhandle. Sie hätte jedoch noch *keine endgültige Offerte* 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 Bäzberg ist projekt- und vertragsgemäss auszuführen ...»

Im Juni 1973 teilt die Unternehmung mit:

«... Für den Bau des Schrägschachtes Bäzberg 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 ...»

Die wichtigsten Ergebnisse aus dem Bau der zwei Schrägschächte

	Schrägschacht Motto di Dentro	Schrägschacht Bäzberg
Länge (m)	844	512
Neigung (%)	80	84
Zylinderdruckfestigkeit des Gesteins (kg/cm²)		
- in Axrichtung	-	1880
- quer zur Axe	-	1990
Pilotbohrung		
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
Ausweitung		
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

Für den Bauherrn stellte sich nun die Frage, ob er den Einsatz eines Unterakkordanten annehmen oder die Schachtbauarbeiten neu ausschreiben soll. Bauprogrammliche Überlegungen und Schwierigkeiten mit den Bauplätzen, die der Beizug 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 Lohnteuerungen, 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 Bäzberg 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 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 Ortbeton 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 Bäzberg.

Adresse des Verfassers: *A. Schatzmann*, dipl. Ing. ETH, Bauleitung Gotthard-Strassentunnel Nord, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8022 Zürich.