Die Unterfahrung der Altstadt rechts der Limmat: vom Central zum Bahnhof Stadelhofen

Autor(en): **Wüst, Bernard / Garbe, Lothar**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 48: **Die Neubaustrecke der Zürcher S-Bahn**

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75575

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

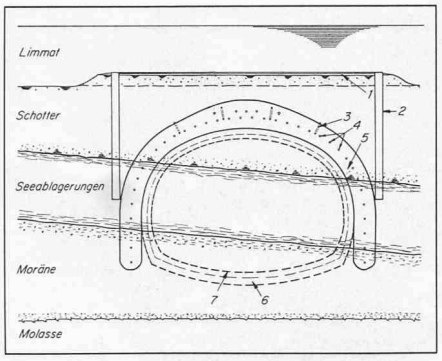


Bild 8. Querschnitt Limmatquerung mit Gefrierkörper, unter dessen Schutz der Tunnel ausgebrochen wird. Als Kälteträger dient eine Kühlflüssigkeit (Calziumchlorid 30%), die in den Gefrierlanzen zirkuliert. (Legende: 1 Isolation der Flusssohle, 2 Spundwand, 3 Temperaturmesssonde, 4 Gefrierlanzen, 5 Gefrierkörper, 6 Aussengewölbe Spritzbeton armiert, 7 Innengewölbe Ortsbeton armiert)

Flusssohle sowie in den vorhandenen Grundwasserverhältnissen. Damit ein tragender und dichter Gefrierkörper überhaupt erstellt werden kann, müssen in der Limmat verschiedene Massnahmen getroffen werden. Durch zwei entlang des Tunnels gerammte Spundwände, einen Injektionsschirm an der Ufermauer Bahnhofquai und durch Rütteldruckverdichtung des Bodens über dem Tunnel reduziert man die Grundwasserströmung unterhalb der Flusssohle. Über dem Tunnel wird diese mit einer Wärmeisolation abgedeckt, damit nicht zuviel Kälte aus dem Gefrierkörper in die Limmat entweichen kann. Insgesamt hat der gewählte Bauvorgang die kleinstmöglichen Auswirkungen auf den Limmatraum und die angrenzenden Strassen.

Adresse der Verfasser: *Heini Gründler*, dipl. Ing. ETH, Chef der Sektion Tiefbau, *Gion Letta*, dipl. Ing. ETH, Adjunkt bei der Sektion Tiefbau, SBB-Bauabteilung Kreis III, 8021 Zürich, *Dr. Alfred J. Hagmann, dipl. Ing. ETH, und Nutal Bischoff*, dipl. Ing. ETH, Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Forchstrasse 395, 8029 Zürich

Die Unterfahrung der Altstadt rechts der Limmat

Vom Central zum Bahnhof Stadelhofen

Von Bernard Wüst und Lothar Garbe, Zürich

Nach dem neuen Bahnhof Museumstrasse wird die Altstadt rechts der Limmat bis zum Bahnhof Stadelhofen vom 1300 m langen Hirschengrabentunnel bergmännisch unterfahren. Von einem Angriffsschacht etwa in Tunnelmitte erfolgt der Vortrieb nach beiden Seiten in wechselnden geologischen Verhältnissen. Die Endbereiche des Tunnels beim Central und bei der Rämistrasse werden unter schwierigen Verhältnissen in anspruchsvollen Konstruktionen separat ausgeführt.

Bild 1. Übersichtsplan



Konzept

Als Teilstück des Kernprojektes der Zürcher S-Bahn hat der 1300 m lange Hirschengrabentunnel den zukünftigen Bahnhof Museumstrasse mit dem Bahnhof Stadelhofen zu verbinden, wo der neue Tunnel seeseitig des Portals des bestehenden Lettentunnels ins Freie mündet.

Das Projekt hat einer Reihe bautechnisch schwieriger Verhältnisse Rechnung zu tragen, wie kleine Überlagerungen, eine starke Überbauung mit zum Teil alten Gebäuden, wechselnden geologischen Verhältnissen von Fels bis zu Lockergestein im Grundwasser sowie Platzmangel und prekären Verkehrsverhältnissen für Baustelleneinrichtungen. Diese Schwierigkeiten sind besonders ausgeprägt in den Endbereichen, die der zeitraubenden komplizierten Bauverfahren wegen als separate Objekte ausgeführt werden müssen. Der 1100 m lange Hauptteil des Hirschengrabentunnels wird von einem Zwischenangriffsschacht aus nach zwei Seiten vorgetrieben.

Aufgrund dieser Gegebenheiten haben sich eine Anzahl unterschiedlicher Tunnelquerschnitte ergeben, d.h. ein- und zweigleisige Profile in Hufeisen- und Kastenform mit entsprechenden Übergangsprofilen.

Der Hirschengrabentunnel ist für eine Ausbaugeschwindigkeit von 80 km/h trassiert. Ab dem Neumühlequai verläuft die Strecke in einem Rechtsbogen bis in die Nähe der ETH und Uni und geht dann in einen Linksbogen über, der in den Bahnhof Stadelhofen führt; die Radien betragen 350 m bis 700 m (Bild 1).

Nach dem Bahnhof Museumstrasse hat die Strecke bis zur Weinbergstrasse ein Gefälle von 24‰, wo auf 389 m über Meer der tiefste Punkt der S-Bahn so-

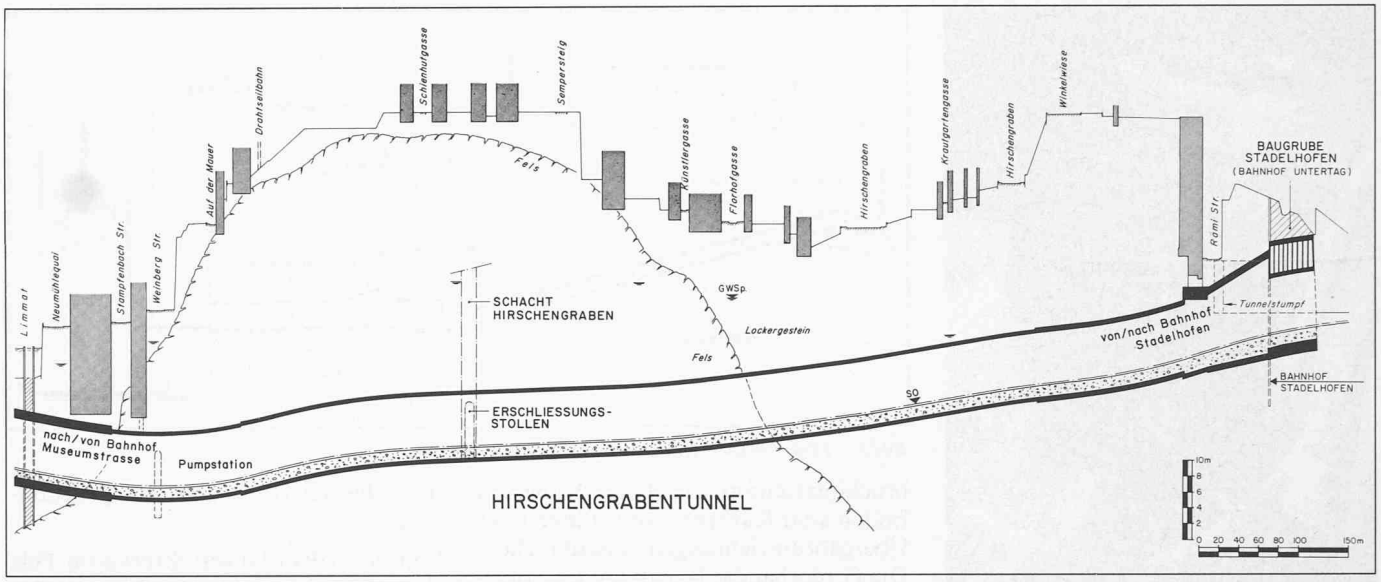


Bild 2. Längenprofil

wie deren Hauptpumpwerk liegt. Bis zum Bahnhof Stadelhofen steigt dann die Gradiente mit 5‰ bis maximal 40‰ (bei der Rämistrasse) zum Bahnhof Stadelhofen (Bild 2).

Geologie

Bis zur Stampfenbachstrasse verläuft die Strecke in eiszeitlich vorbelasteten Lockergesteinen mit einem Grundwasserspiegel, der rund einen Meter unter dem Limmatspiegel liegt. Die kompakte Grundmoräne geht nach oben in die durchlässigere Obermoräne und die nacheiszeitlichen Sihlschotter über, die stark Wasser führen. Darüber liegen am Neumühlequai etwa 5 m dicke künstliche Auffüllungen.

Ab der Stampfenbachstrasse verläuft der Tunnel dann auf 640 m Länge im Fels der oberen Süsswassermolasse mit Wechsellagerungen von Sandsteinen, Mergeln und Siltsteinen. Charakteristisch ist die Neigung der mergeligen Gesteinsarten zur raschen Verwitterung und zum Quellen bei Zutritt von Luft und Wasser.

Ab der Florhofgasse (Konservatorium) verlaufen die letzten 580 m wiederum in grösstenteils vorbelasteten Lockergesteinen. Nach einer kurzen Strecke aus hart gelagerter Grundmoräne folgen Schichtpakete aus Grund- und Obermoräne und die kompliziert aus Moränen und Seeablagerungen aufgebaute Hohe-Promenade-Moräne. Im Bereich des eingedolten Wolfbachs (Obergericht/Florhofgasse) reichen junge Bachablagerungen bis nahe zum Tunnelfirst hinab.

Der Tunnel liegt auf der grössten Länge im Grundwasser, das hier zusammen mit den stark wechselnden Durchlässigkeiten der Lockergesteine besondere Probleme bietet.

Das Projekt, Stand der Arbeiten

Im folgenden werden die Bauobjekte vom Neumühlequai bis zum Bahnhof Stadelhofen und der Stand der Arbeiten beschrieben.

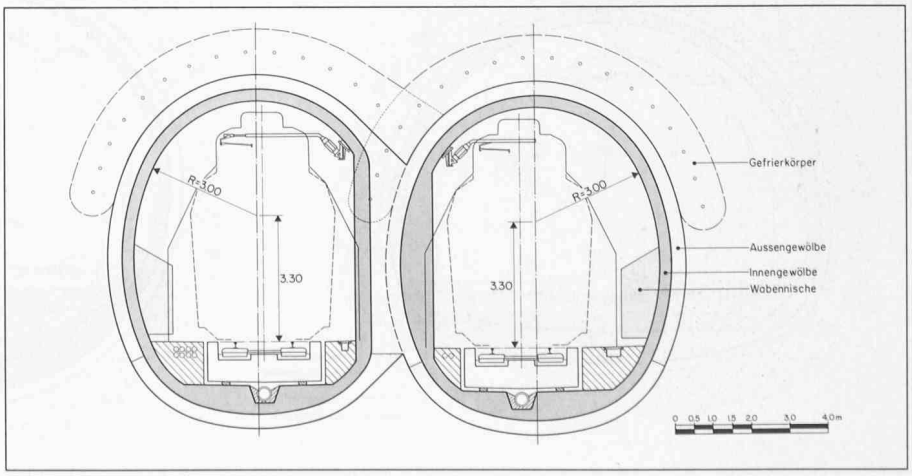
Bereich Central

Unter dieser Bezeichnung wird die 80 m lange, im Lockergestein verlaufende Unterfahrung von Neumühlequai, Neubau «Publicitas» und Stampfenbachstrasse verstanden.

Um den Eingriff in den Limmatraum möglichst klein zu halten, kommt eine Unternehmervariante zur Anwendung, die eine bergmännische Unterfahrung der Limmat und des Neumühlequais unter Anwendung des Gefrierverfahrens vorsieht. Neben der Quaiwand in der Limmat befindet sich ein Angriffsschacht für diese Arbeiten, von dem aus das Neumühlequai mit zwei nacheinander ausgeführten eingleisigen Röhren unterquert wird (Bild 3).

Die nachfolgende Unterquerung des Publicitashauses ist bereits bei dessen Bau vorbereitet worden. Das Haus ruht auf einer 2 m dicken Stahlbetondecke und Bohrpfählen, die zwei Gassen für die Durchführung der S-Bahn-Röhren offenhalten. Nach Freilegung und Ausfachung der Pfähle werden zwei geschlossene kastenförmige Stahlbetonquerschnitte eingebaut.

Bild 3. Tunnelprofil unter Neumühlequai



Die Unterfahrung der Stampfenbachstrasse bis zur Einbindung in den Fels (Losgrenze) wird vom Raum unter dem Publicitashaus her ausgeführt. Die beiden einspurigen Röhren haben das gleiche Profil wie die Einspurröhren des Zürichbergtunnels. Der Vortrieb ist in Teilausbrüchen mit vorgängigem Eintreiben von «Spiessen» und sofortiger Hohlraumsicherung mittels Stahlbogen und Spritzbeton vorgesehen.

Die Bauarbeiten wurden im Sommer 1984 aufgenommen; zur Zeit laufen die Aushubarbeiten, verbunden mit Spriessungen und Rückverankerungen.

Hirschengrabentunnel

Ursprünglich war geplant, den Hirschengrabentunnel von einer Baugrube im Neumühlequai her einseitig vorzutreiben. Aus terminlichen Gründen und wegen der Verkehrsbedingungen

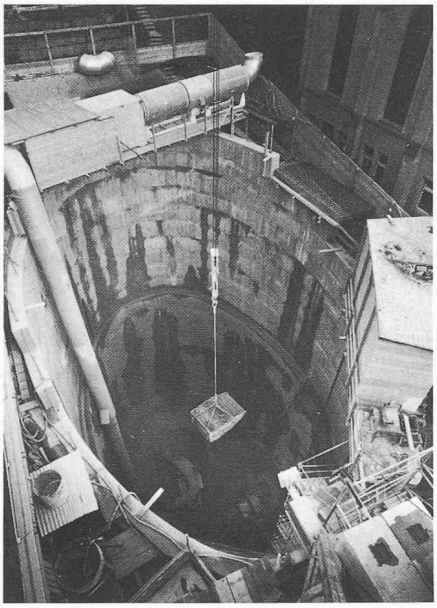


Bild 4. Schacht Hirschengraben

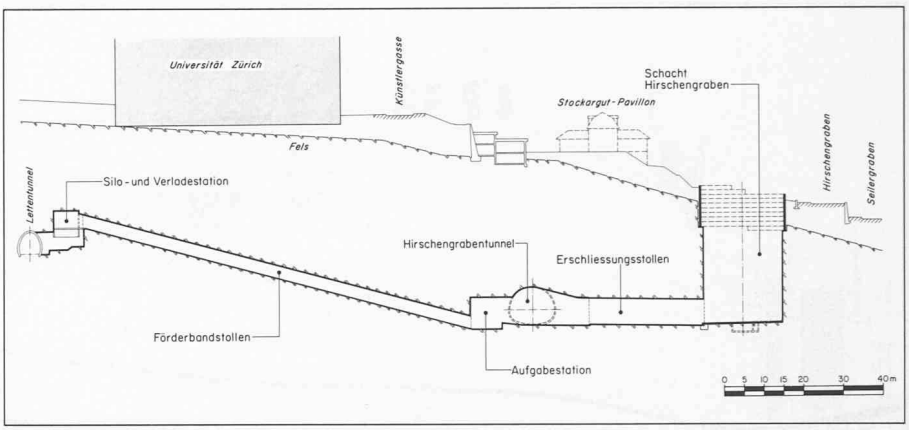


Bild 5. Längenprofil Angriffsschacht Hirschengrabentunnel

(Eröffnung Milchbucktunnel) musste eine andere Angriffsstelle gesucht werden.

Der Angriffsschacht für den Hirschengrabentunnel liegt jetzt in einer unbebauten Lücke bergseitig des Hirschengrabens gegenüber der Einmündung der Mühlegasse in den Seilergraben. Der vertikale Schacht hat einen elliptischen Querschnitt von 14/20 m und erreicht eine Tiefe von 34 m (Bild 4). Er liegt knapp zwischen zwei alten Gebäuden in einem relativ steilen Hang. Ein Erschliessungsstollen verbindet den Schacht mit der eigentlichen Hirschengrabentunnelröhre. Weiter ermöglicht ein 120 m langer Verladestollen nach dem bestehenden Lettentunnel später den direkten Bahnabtransport des Tunnelausbruchmaterials. Die Platzverhältnisse sind für Bauinstallationen extrem knapp.

Der Verladestollen zum bestehenden Letten-Eisenbahntunnel hat einen Ausbruchquerschnitt von 10 m². An beiden Enden sind Kavernen zum Einbau der Übergabeeinrichtungen auszubrechen. Die Förderbandanlage ist auf die vorgesehene Abtransportkapazität von maximal 1600 t pro Nacht ausgelegt (Bild 5).

Die ersten 7 m des Schachtes durchqueren ein hangparalleles Lockergesteinspaket. Die 60 cm starke Schachtwand wurde elementweise im Unterfangungsverfahren erstellt. Rückverankerungen sind nicht eingebaut. Im Felsbereich besteht der Ausbau aus 20 cm starkem Spritzbeton mit Armierungsnetzen und Mörtelankern.

Der Erschliessungsstollen, ein 40 m langes Stück Tunnelröhre des Hirschengrabentunnels sowie der Verladestollen wurden mit einer Teilschnittmaschine ausgebrochen und mit einer Aussenschale aus Spritzbeton gesichert. Die Innenschale wird erst im Zuge der eigentlichen Tunnelbauarbeiten ausgeführt.

Der 1050 m lange Hauptteil des Hirschengrabentunnels ist eine äusserst anspruchsvolle Bauaufgabe. Beschränkte Zugänge, die auf kurzen Strecken wechselnde Profile und die geologischen Verhältnisse erschweren die Einhaltung des relativ kurzen Bauprogrammes.

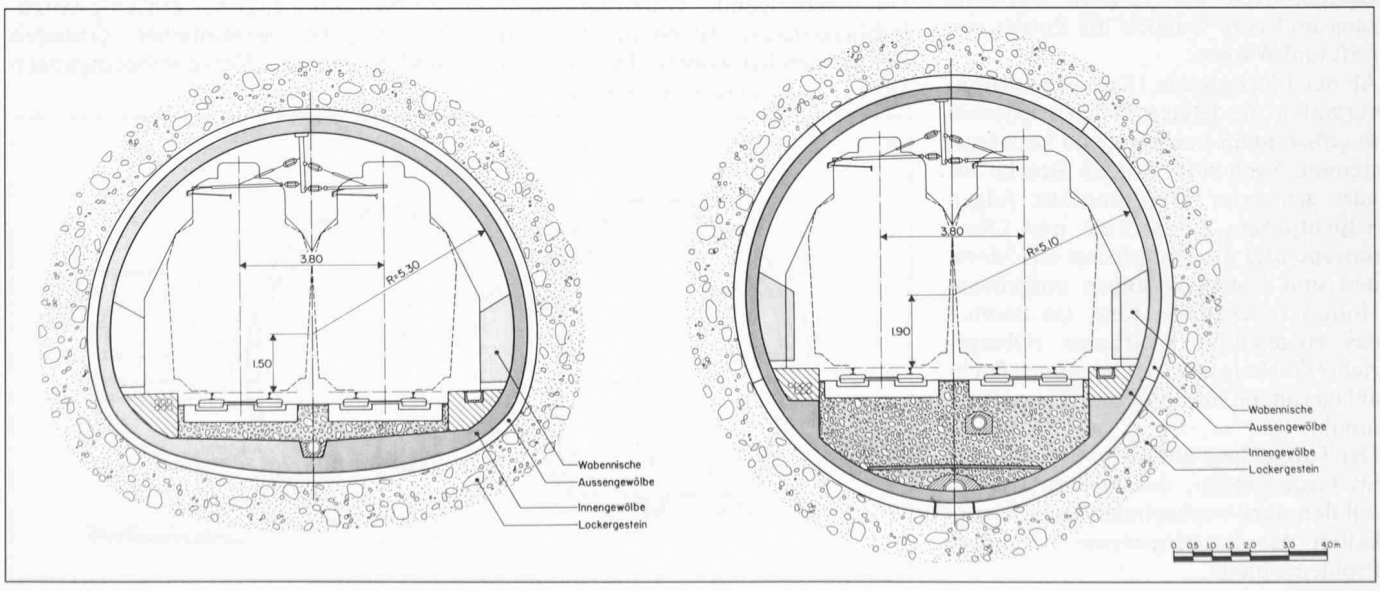
Von der 620 m langen Strecke im Fels sind 120 m als eingleisige Röhren, der Rest als zweigleisige Röhre ausgebildet.

Der schwierigste Teil, die 430 m lange zweigleisige Lockergesteinsstrecke, wird vom Schacht aus erst nach 250 m Vortrieb durch Fels erreicht. Während im Fels ein schonender, sprengungsfreier Felsabbau in Teilausbrüchen mit Einbau einer Spritzbetonaussenschale vorgesehen ist, können im Lockergestein verschiedene Bauverfahren und Bauhilfsmassnahmen in Frage kommen. In die Ausschreibung wurden für diesen Abschnitt zwei Profiltypen (Normalprofile) aufgenommen:

- Ein Hufeisenprofil mit Sohlgewölbe für einen Vortrieb unter Druckluft in Teilausbrüchen sowie für die Anwendung des Gefrierverfahrens mit eng gestaffeltem Vollausbruch in Etappen.
- Ein Kreisprofil in Verbindung mit Schildvortrieb und Tübbingeinbau.

Die Normalprofile haben einen zweischaligen Ausbau und einen schotterlosen Oberbau (Bild 6).

Bild 6. Normalprofile für Doppelspurröhren Hirschengrabentunnel



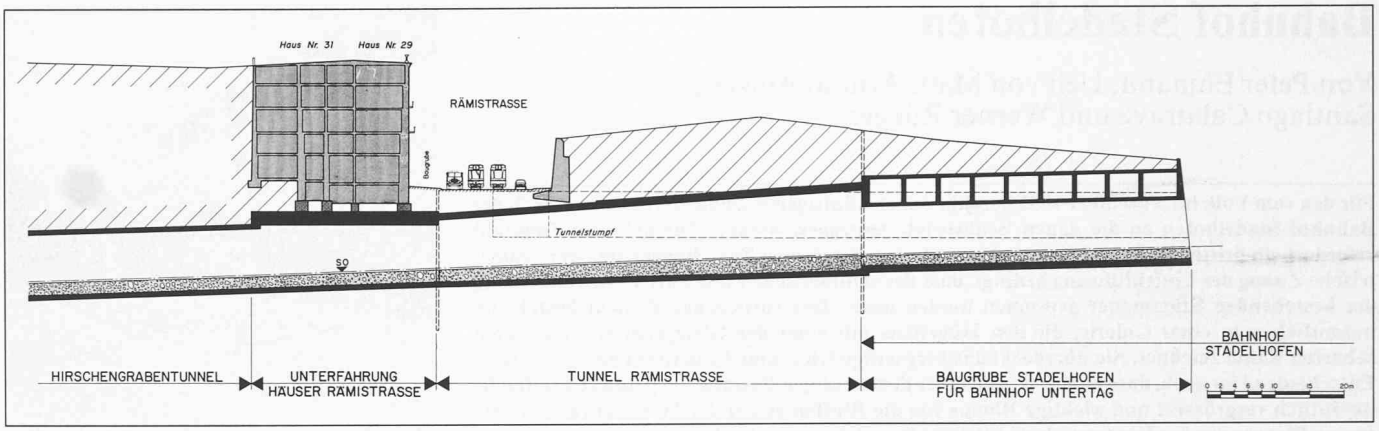


Bild 7. Längsschnitt im Bereich Rämistrasse

Für alle Bauverfahren wird eine Grundwasserabsenkung vorgenommen. Um die Anzahl der Bohrpunkte an der dicht bebauten Oberfläche klein zu halten, sind Vakuumfilterbrunnen, die mit Pumpen bestückt sind, vorgesehen.

Zur Zeit läuft die Evaluation der Offerten, so dass noch keine Aussage über das gewählte Bauverfahren gemacht werden kann.

Unterfahrung Häuser Rämistrasse

Die schiefwinklige Unterfahrung der Häuser Rämistrasse Nr. 25 bis 31 stellt innerhalb der Tunnelstrecke einen bautechnischen Sonderfall dar. Die Häuser selbst wirken zum Teil als «Stützmauer» im 16 m tiefen Einschnitt der Rämistrasse und müssen auf einer Länge von 25 m im Abstand von nur 2,5 m unterfahren werden. Für die Erschliessung dieser Baustelle, wie auch für die übrigen Arbeiten in der Rämistrasse, steht nur ein schmaler Streifen von der Breite des Trottoirs und einer Fahrspur vor den Häusern zur Verfügung (Bild 7). Für eine derartige Bauaufgabe wird die Baumethode massgeblich durch die Erfahrungen und Möglichkeiten des Unternehmers bestimmt. Es wurde deshalb für die Unterfahrung dieser Häuser eine beschränkte Submission in zwei Stufen durchgeführt. Die erste bezweckte eine Vorauswahl von Unternehmern für die zweite Stufe aufgrund der eingereichten Ideen für die Unterfahrung und der nachgewiesenen Erfahrungen auf diesem Gebiet. Die zweite Stufe umfasste die Preisofferten mit allen zur Beurteilung der Angebote erforderlichen Unterlagen im Umfange eines allgemeinen Bauprojektes und wurde vergütet.

Die Vorschläge der Unternehmer in der ersten Phase zeigten eine Möglichkeit, von Auskernungen in grösserem Umfang abzusehen und weitgehend die Bausubstanz zu bewahren.

Die Evaluation der Offerten ist noch nicht abgeschlossen, so dass noch nicht berichtet werden kann, welche Lösung zum Zuge kommen wird.

Tunnel Rämistrasse

Dieser Tunnelabschnitt zwischen den unterfahrenen Häusern an der Rämistrasse bis zur Stirnwand der Baugrube im Bahnhof Stadelhofen ist nur 65 m lang, aber bautechnisch von hohem Schwierigkeitsgrad. Der ganze Abschnitt liegt bei geringer Überdeckung im Lockermaterial (vorbelastete eiszeitliche Seeablagerungen), das durch verschiedene Kunstbauten der Vergangenheit, wie Kanalisation, Stützmauer, verlassener Tunnelstumpf, in seiner ursprünglichen Lagerung gestört worden ist (Bild 7).

Die Tunnelbreite nimmt von 15 m unter den Häusern auf 21 m bei der Baugrube zu und damit auch die Ausbruchfläche von 140 m² auf 230 m². Wegen der enormen Profilgrösse muss ein Teilausbruchverfahren mit Bauhilfsmassnahmen angewendet werden. Der Tunnel wird von der nachstehend beschriebenen Baugrube Stadelhofen West ausgehend vorgetrieben.

Für dieses Objekt als letztes im Bereich des Hirschengrabentunnels läuft zur Zeit die Submission. Neben dem Gefrierverfahren können auch in dieser Ausschreibung andere Methoden als Bauhilfsmassnahme offeriert werden, wenn sie den gestellten, sehr hohen Anforderungen genügen.

Baugrube Stadelhofen West

Die 50 m lange, 25 m breite und bis 20 m tiefe Baugrube liegt hinter der heutigen Portalwand des Lettentunnels im Westen des Bahnhofs Stadelhofen und dient als Angriffspunkt für den Tunnel Rämistrasse. Im Endzustand nimmt die Baugrube die Betonkonstruktionen des sogenannten «Bahnhofs Untertag», vom westlichen Ende der Perronanlage auf. Die Betonkonstruktion wird wieder überdeckt und der frühere Park wieder hergestellt (Bild 7).

Die Umschliessung der Baugrube besteht auf den Längsseiten aus Bohrpfahlwänden. Die Stirnwand, die beim Tunnelbau durchbrochen wird, ist als Rühlwand ausgebildet. Sie ist ausgesteift und nur dort verankert, wo durch Anker weder Wurzelwerk verbleibender Bäume noch bestehende Tunnelbauten verletzt werden können.

Die bergseitige Wand der Baugrubenumschliessung durchschneidet die Portalstrecke des Lettentunnels, die dafür auszusteifen und auf die Durchdringung mit Bohrpfählen vorzubereiten ist. Die Verstärkungen können nur während Nachtpausen eingebaut werden.

Die Bauarbeiten für die Baugrube sind angelaufen. Sie müssen bis Mitte nächsten Jahres abgeschlossen werden, so dass der Tunnel Rämistrasse und die Betonkonstruktionen termingerecht in Angriff genommen werden können.

Adresse der Verfasser: *B. Wüst*, Ing. HTL, SBB Bauabteilung Kreis III, 8021 Zürich, und *L. Garbe*, *Ing. SIA*, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, 8008 Zürich.