

Der Wasserstollen Hardhof-Strickhof in Zürich

Autor(en): **Peter, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **93 (1975)**

Heft 20

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72748>

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.

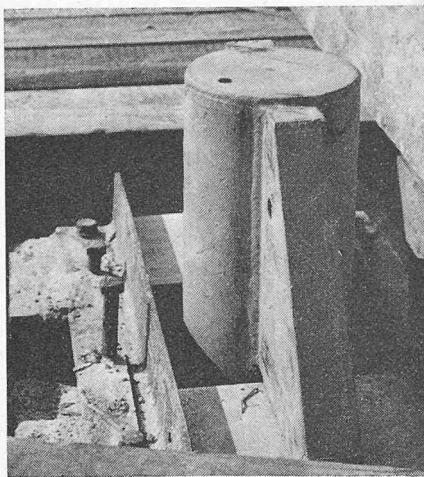


Bild 7. Hängesäule mit 219 mm Durchmesser am Kopfende mit angeschweissten Schneiden, abgestützt auf zwei Stahllagerplatten

rohre für die Hängesäulen eingebaut. Die Bauarbeiten wurden im Winter 1972/73 begonnen, Gesamtbauzeit rd. vier Jahre.

Die Planung hatte Dipl.-Arch. Kurt Hlaweniczka; Ing. Dr. Koss führte die Statik aus, den Bau die Neue Reformbaugesellschaft mbH, Wien.

Das Absenkverfahren ist die folgerichtige Fortsetzung und Ergänzung des Gleitbauverfahrens. Das Hubdeckenverfahren, das zuerst auf seine Verwendbarkeit untersucht wurde, war bei der gegebenen Plattenbalkendecke weder technisch noch preislich mit der Absenkschalung konkurrenzfähig und kam daher nicht zur Ausführung. Mit Infrarotheizung gelang es, den sehr knapp gehaltenen Rohbauermin bisher zu unterschreiten.

Der Wasserstollen Hardhof-Strickhof in Zürich

Von G. Peter, Zürich

DK 628.143:624.191.6

Der Wasserverbrauch der Stadt Zürich steigt besonders seit dem Zweiten Weltkrieg unaufhaltsam an. Zudem müssen die städtischen Wasserversorgungsanlagen schon seit längerer Zeit nicht nur den städteigenen Bedarf an Wasser decken. Verschiedene Vorortsgemeinden, welche zu Zweckverbänden mit der Stadt Zürich zusammengeschlossen sind, beziehen ebenfalls erhebliche Mengen Trinkwasser von der Stadt. Aus diesem Grund wird auf lange Sicht ein grosskalibrierter Leitungsring um das Stadtzentrum benötigt, welcher die Möglichkeit schafft, grosse Mengen Trinkwasser an die Stadt sowie an die Region abzugeben (Bild 1). Der im folgenden beschriebene Stollen Hardhof-Strickhof ist Bestandteil dieses Hauptversorgungsringes.

Das Projekt

Bei der Projektierung des in Bild 1 hervorgehobenen 4,5 km langen Teilstückes Hardhof-Strickhof sah man sich vor die Aufgabe gestellt, eine hydraulische Verbindungsleitung zu schaffen, welche folgende Bedingungen erfüllt:

- Grosse Kapazität
- Absolute Wasserdichtigkeit. Es dürfen weder Verluste auftreten, noch darf verschmutztes Bergwasser eintreten

- Weitgehende Wartungsfreiheit. Diese wichtige Leitung wird später nur sehr selten und dann nur für kurze Zeit ausser Betrieb gesetzt werden können
- Rostsicher ohne Rostschutzanstrich. Eine spätere Rostschutzerneuerung würde die Stilllegung des Stollens für etwa 5 bis 6 Monate erfordern, was nicht tragbar wäre
- Aufnahme eines Innendruckes von bis zu 17,5 atü
- Kurze Bauzeit mit wenig Immissionen
- Preisgünstigkeit

In die engere Wahl gezogen wurden:

- Ein gebohrter Stollen mit Minimalprofil, Ausbruch von 2,6 m Durchmesser mit einbetonierter Panzerrohrleitung und einem Betonstützring gegen Einbeulen und als Rostschutz
- Ein ebenfalls gebohrter, begehbare Minimal-Stollen mit verlegter Rohrleitung, welche an Stelle eines inneren Rostschutzanstriches mit Mörtel ausgeschleudert wird
- Das zur Ausführung gelangte Profil; ein Minimalstollen mit der weiter unten beschriebenen Sandwichauskleidung

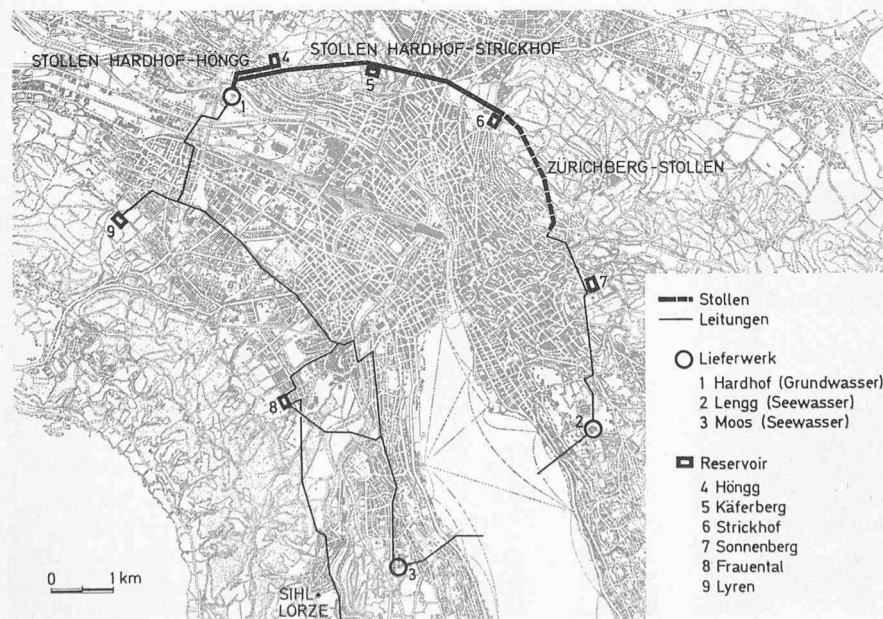


Bild 1. Lageplan der Wassertransportleitungen in Zürich

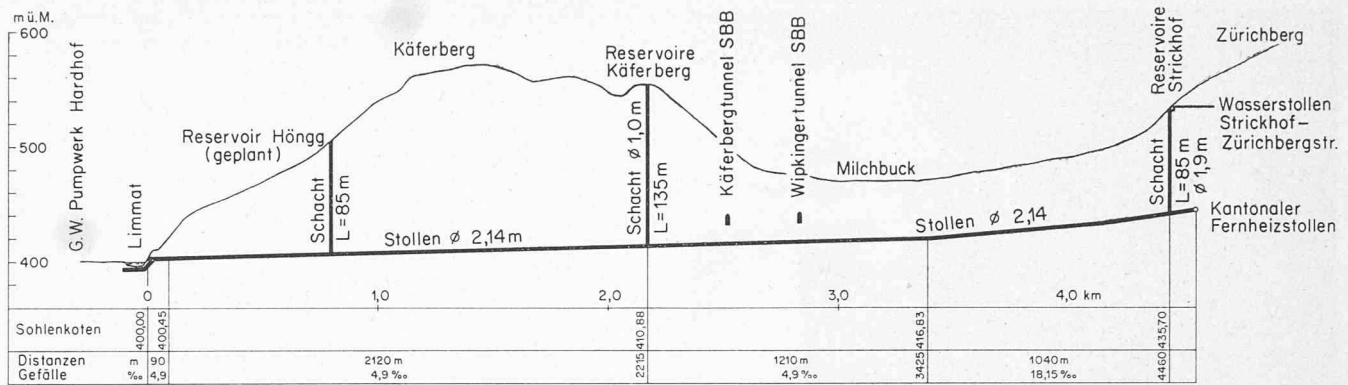


Bild 2. Längenprofil des Stollens Hardhof-Strickhof

Ausschlaggebend für die Wahl der Ausführung mit Sandwichtauskleidung war deren günstiger Preis. Die Kosten für die Ausführung mit Panzerrohr und Betonstützring hätten das 1,5fache und diejenige für den begehbaren Stollen mit verlegter Rohrleitung je nach Rohrdurchmesser das 1,8- bis 2fache der gewählten Ausführungsart betragen.

Unter den Strassen verlegte Rohrleitungen wurden nicht in den Preisvergleich einbezogen. Anlässlich des 1967 erfolgten Baues des Wasserstollens Strickhof – Zürichbergstrasse mit anschliessend erdverlegter Rohrleitung bis zum Reservoir Sonnenberg hat es sich erwiesen, dass für grosse Transportleitungen in städtischen Verhältnissen ein Stollen in der Zürcher Molasse meistens billiger ist als erdverlegte Leitungen. Berücksichtigt man noch die grössere Länge einer in den Strassen verlegten Leitung und die oft erheblichen Schwierigkeiten, überhaupt ein Trasse für eine grosskalibrige Leitung zu finden sowie die beträchtlichen Lärmimmissionen und Verkehrsbehinderungen, so fällt der Entscheid eindeutig zugunsten eines Stollens aus.

Die ausgeführte Sandwichtauskleidung hat den in Bild 3 gezeigten Aufbau. Die Betontübbingauskleidung dient als innerer Stützring gegen das Einbeulen der Blechhaut. Das Injektionsgut wirkt zudem als Rostschutz. Das 4-mm-Stahlblech aus ST 52 dient als wasserdichte «elastische» Haut. Über diese Blechhaut wird der Fels je nach dessen Elastizitätsmodul einen mehr oder weniger grossen Anteil des Innendruckes übernehmen.

Messungen und Vorversuche

Über den E -Modul der Zürcher Molasse waren vorerst nur spärliche und ungenaue Angaben erhältlich. Um diesbezüglich zuverlässigere Werte zu erhalten, wurden während des Vortriebes des Fernheizstollens (Saatenstrasse bis Rämibühl) in den Jahren 1970 und 1971 E -Modul-Bestimmungen in situ gemacht.

Verteilt auf eine Strecke von 3,7 km sind gesamthaft 54 Messungen unmittelbar hinter der frisch aufgefrästen Stollenbrust ausgeführt worden. Für die Bestimmung der E -Moduln wurde jeweils mit hydraulischen Pressen der Fels belastet und für verschiedene spezifische Belastungen die zugehörige Verformung des Felsens gemessen. Die Häufigkeitsverteilung der ermittelten E -Moduln ist auf Bild 4 dargestellt.

Bei 95% aller Messungen liegt der E -Modul über 25000 kp/cm^2 , und rund 80% aller Messungen ergaben einen E -Modul von über 50000 kp/cm^2 . Diese Messergebnisse erlaubten, das Auskleidungsblech nur 4 mm stark zu wählen, was nicht nur vom Kostenstandpunkt her, sondern vor allem für den Bauvorgang wichtig war, da die Bleche für den Transport eingerollt werden mussten.

In Zonen, wo die Felsüberlagerung ungenügend war, sowie an geologisch schlechten Stellen, an welchen der

E -Modul $E_F < 25000 \text{ kp/cm}^2$ betrug, wurden Stahlrohre eingesetzt, die den Innendruck allein zu tragen imstande sind.

Da in der Regel auch derartige Bestimmungen des E -Moduls mittels Pressen nicht immer über jeden Zweifel erhaben sind, wurde vor Ausführung des Stollens ein 6 m langer Versuchsstollen mit der geplanten Sandwichtauskleidung versehen, mit Wasser gefüllt und unter Druck einem umfassenden Messprogramm unterzogen. Bei verschiedenen Innendruck wurde mittels Glötzdosen die Druckbeanspruchung des Felsens gemessen, mit Dehnungsmessstreifen wurden die Dehnungen des Stahlbleches verfolgt, und mit zwei Kreuzen von Huggenberger-Uhren konnte die Verformung des Lichtraumprofils festgestellt werden.

Der aus dieser Versuchsserie berechnete E -Modul liegt tiefer als der vorgängig mit Einzelpressen bestimmte. Im übrigen entsprachen die Messergebnisse ziemlich genau den Erwartungen.

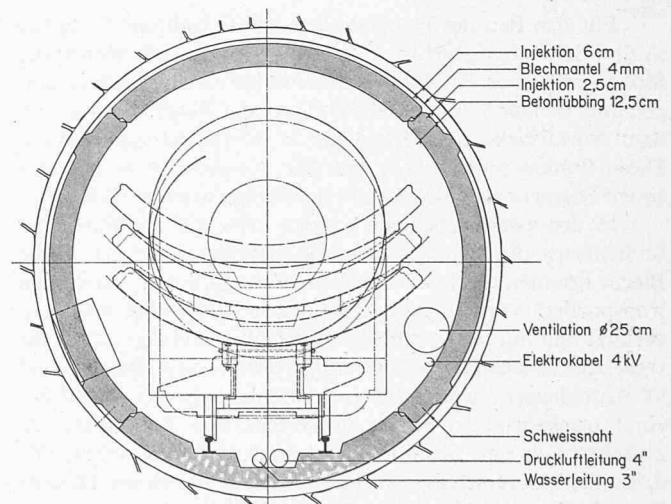


Bild 3. Normalprofil des Stollens

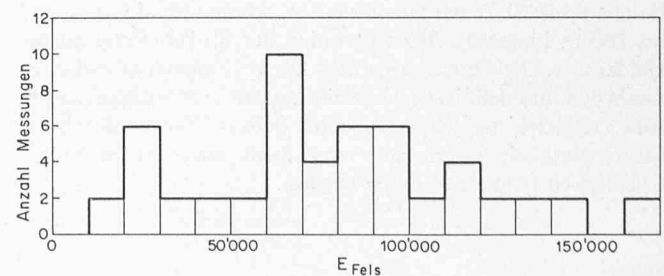


Bild 4. Häufigkeitsdiagramm der E -Moduln

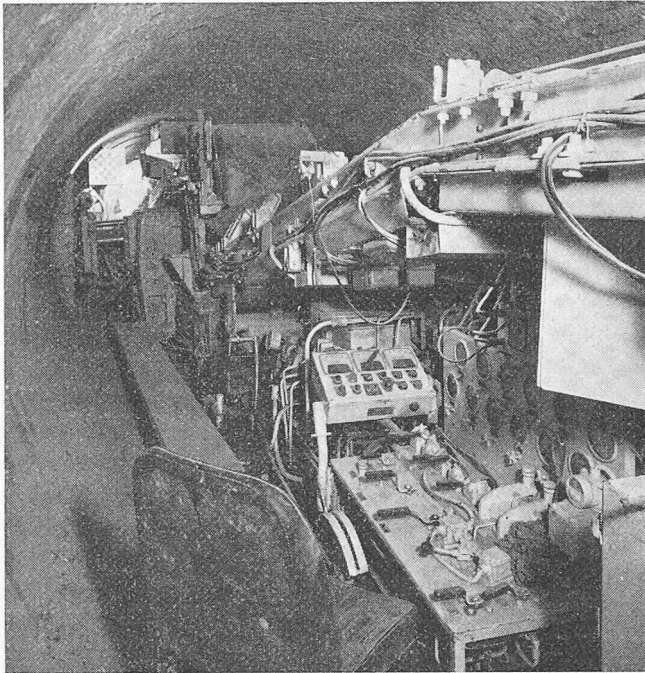


Bild 6. Robbins-Bohrmaschine von 2,56 m Durchmesser

Es steht fest, dass sich der *E*-Modul der Molasse nach dem Auffahren mit der Bohrmaschine mit zunehmender Entlastung sowie durch Feuchtigkeitsaufnahme fortlaufend verschlechtert. Dies war der Grund, weshalb bereits in der Bauausschreibung grosses Gewicht darauf gelegt wurde, dass die offene, unverkleidete Stollenstrecke sehr kurz gehalten wird. Diese Bedingung bestimmte denn auch den Bauvorgang.

Bauvorgang

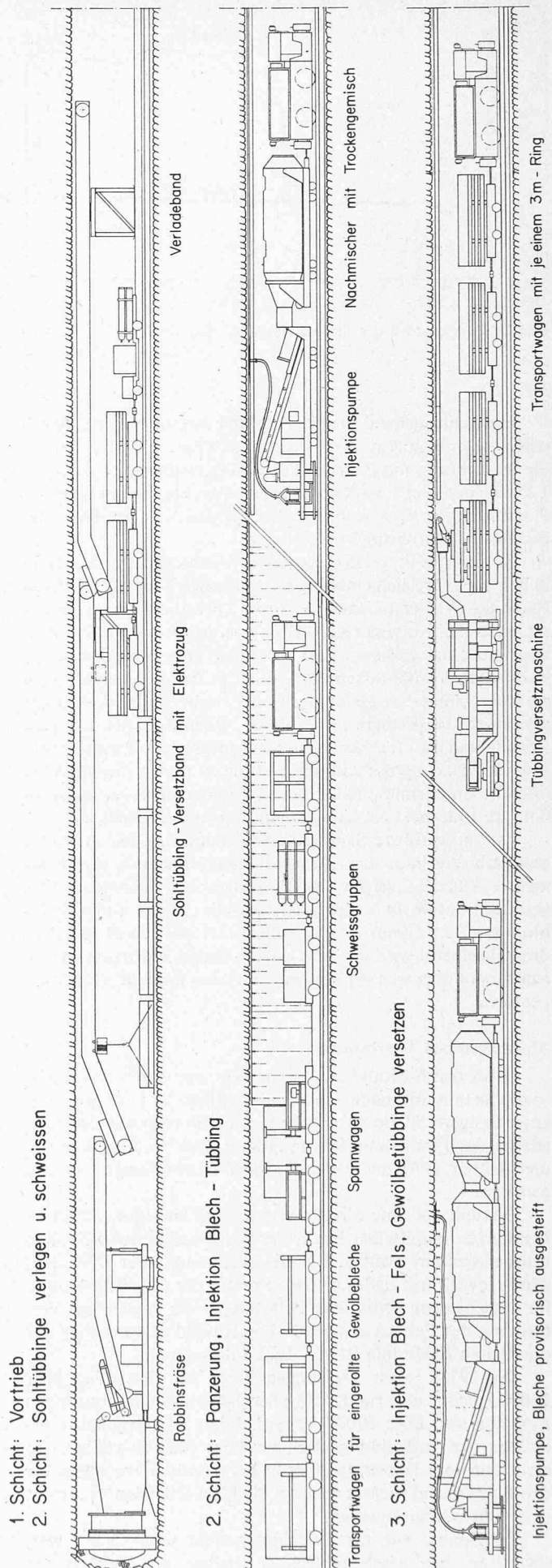
Für den Bau des Hauptstollens wurde während 24 h/Tag in drei Schichten gearbeitet. In der ersten Schicht wurde der Stollen mit einer Robbins-Bohrmaschine sprengungsfrei aufgeföhren (Bilder 5 und 6). Direkt hinter der Bohrmaschine sind dann vorfabrizierte Sohlelemente in Mörtel verlegt worden. Diese Sohlelemente waren auf der Aussenseite bereits mit einem Segment der Blechhautverkleidung versehen (Bild 7).

In der zweiten Schicht wurden etwa 100 m hinter der Stollenbrüst die 4 mm starken Blechschalen montiert. Diese Bleche konnten nur in eingerolltem Zustand durch den Stollen transportiert werden. Am Montageort wurden sie entlastet, versetzt und mit der vorangehenden Röhre und den im voraus versetzten Blechen der Sohlübbinge verschweisst (Bilder 8 und 9). Anschliessend wurde die so entstandene Blechröhre mittels eines transportablen Käfigs ausgesteift und der Hohlraum zwischen Fels und Blech mit Injektionsmörtel ausgefüllt. Die dritte Schicht versetzte etwa 150 bis 200 m hinter der Stollenbrüst die Betontübbinge (Bild 10). Der Zwischenraum zwischen Blech und Tübbingring wurde ebenfalls mit Mörtel ausinjiziert.

Diese Arbeitsweise ermöglichte es, den Felsen nach spätestens 8 bis 10 Tagen zu verkleiden, so dass jeweils rund 150 bis 200 m hinter der Bohrmaschine der Stollen fertig ausgekleidet war. Die Einhaltung dieser kurzen Zeitspanne zwischen Ausbruch und definitiver Verkleidung war sehr wichtig, da der zum Teil stark mergelige Fels nach dem Auffahren durch die Luftfeuchtigkeit im Stollen oder auch durch seine Eigenfeuchtigkeit bald zu zerfallen begann.

Rechts:

Bild 5. Schematische Darstellung des Arbeitsvorganges im Stollen



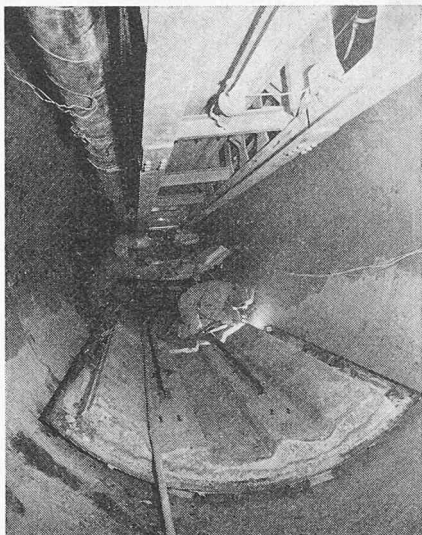


Bild 7. Dicht hinter der Maschine, noch unter dem Beladeband, werden die Sohlübbinge in Mörtel versetzt, die Bleche verschweisst und das Geleise verlegt

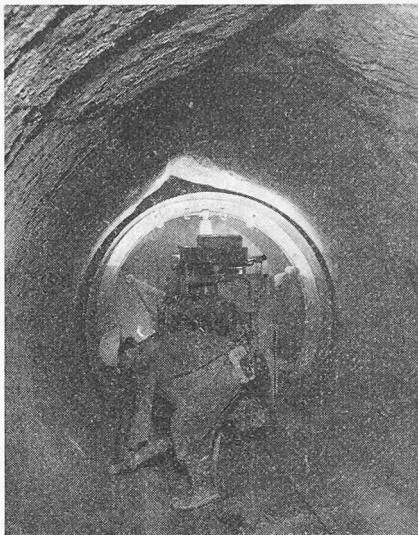


Bild 8. Aufweiten der eingerollten Bleche mit dem Spannwagen und präzises Versetzen zum anschliessenden Anschweissen an die Bleche der Sohlübbinge



Bild 9. Verschweissen der 4 mm starken Bleche

Da alle diese Arbeiten über eine Länge von 4300 m ausgeführt werden mussten, hat die Unternehmung danach getrachtet, jeden Arbeitsgang optimal zu gestalten. Für den maschinellen Bohrvortrieb und das Verlegen der Sohlübbinge konnte auf die Erfahrungen früherer Stollenbauten in der Zürcher Molasse abgestellt werden. Es zeigte sich aber sehr bald, dass das für die Montageschweissung notwendige exakte Einpassen der Bleche ein sehr genaues Bohren des Stollens und ein präzises Verlegen der Sohlübbinge erforderte.

Für die Stahlblechhauskleidung wurden Blechtafeln in einer Fabrikationshalle auf dem Bauplatz abgelängt, zusammengesweisst und zu Rohren gewalzt. Die Sohlstücke der Rohre wurden besonders angefertigt und mit einer leichten Armierung für den Sohlübbing versehen. Der Gewölbeteil wurde für den Transport von 2,44 m auf rund 1,30 m Durchmesser eingerollt und gebunden.

Für die Montage wurde ein besonderer Versetzwagen konstruiert (Bild 8). Die im Stollen ausgeführten Montagenähte wurden unter Schutzgas als Stumpfnähte gegen Laschen

geschweisst. Weitere Rationalisierungsmassnahmen drängten sich bei der Tübbingfabrikation auf. Die dem Bauprogramm zugrunde gelegte mittlere Tagesleistung von 15 m erforderte die Herstellung von täglich zwanzig Tübbing. Eine sehr grosse Anzahl von Schalungen sowie ein Lagerplatz für rund 400 Tübbinge wäre erforderlich gewesen. Auf Vorschlag der Bauunternehmung wurden die Tübbinge einem Schnellhärtungsverfahren nach Franjetic unterzogen.

Stahlschalungen für vier Tübbinge (entsprechend 3 m Stollenverkleidung) wurden auf einem Rütteltisch mit Beton gefüllt und vibriert (Bild 12). Anschliessend wurden die gefüllten Formen in einen Autoklaven eingeführt und folgender Behandlung unterzogen: Vorerst wurde in der Druckkammer ein Überdruck von 2 atü aufgebaut. Danach wurde die Kammer mittels Zuführen von Wasserdampf aufgeheizt. Sobald die Temperatur 120° und der Überdruck 2,5 atü erreicht hatten, wurde dieser Zustand eine Zeit lang gehalten. Anschliessend wurde wieder abgekühlt und nach insgesamt 1½ Stunden die Tübbinge der Druckkammer entnommen. Damit der genau

Bild 10. Einlegen der Tübbinge mit dem Tübbingversetzgerät. Elementgewicht 1,6 t

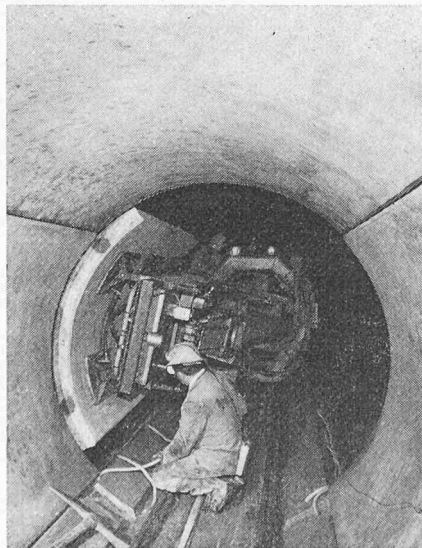
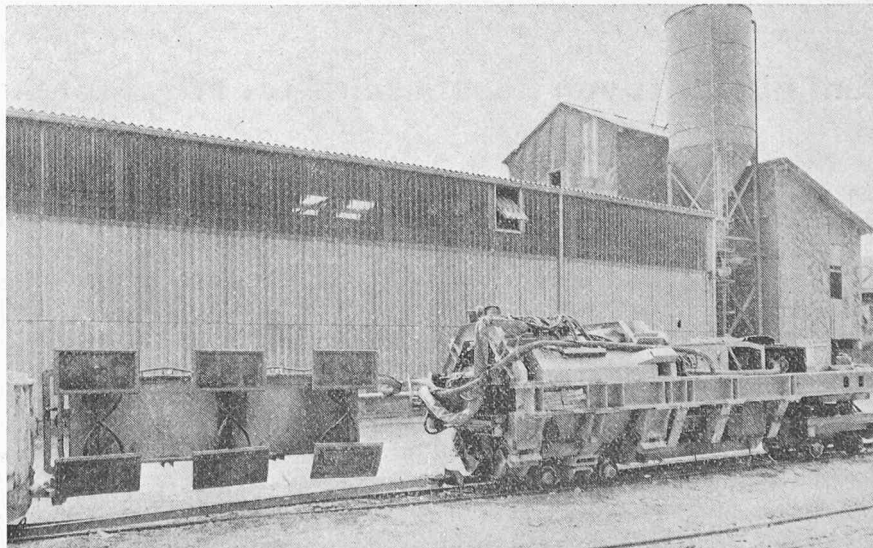


Bild 11. Tübbingversetzgerät. Die Tübbinge werden mit Vakuumtätzen (links) gefasst



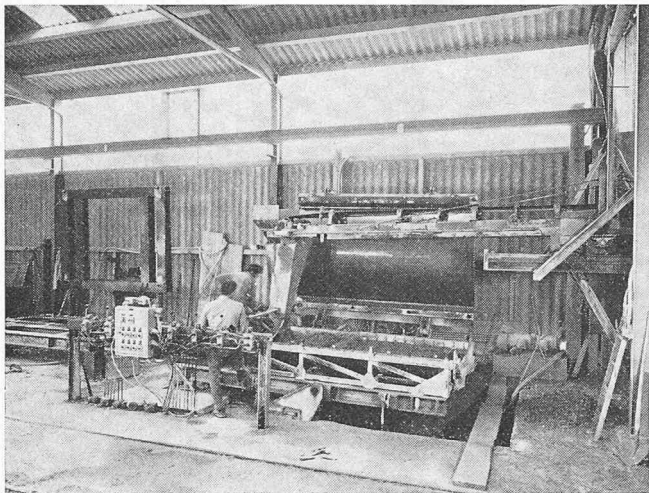


Bild 12. Schwenkbarer Rütteltisch mit den Stahlformen für die Tübbinge

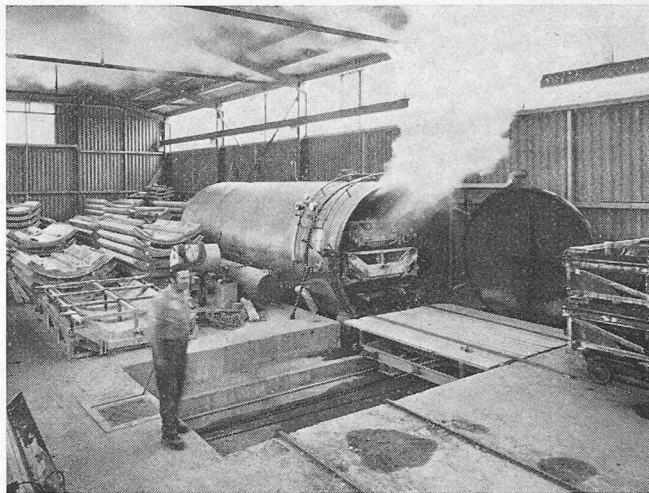


Bild 13. Autoklav für die Schnellhärtung der Tübbinge. Im Hintergrund links das ganze für die Bauzeit erforderliche Tübbinglager

vorgeschriebene Druck-Temperatur-Verlauf nicht durch Fehlmanipulationen gestört werden konnte, wurde der ganze Ablauf vollautomatisch gesteuert (Bild 13).

Die Tübbinge konnten danach sofort ausgeschalt werden. Zur Nachbehandlung wurden sie mit warmem Wasser weiter abgekühlt und anschliessend bis zu deren Verwendung gelagert. Die als Folge dieser Behandlung erzielte hohe Anfangsfestigkeit von im Mittel 250 kg/cm^2 nach 48 h ermöglichte es, die Tübbinge bereits nach zwei Tagen im Stollen einzubauen. Für allfällige Produktionsunterbrüche genügte ein sehr kleines Tübbinglager. Anhand von Vergleichswürfeln konnte festgestellt werden, dass die 28-Tage-Druckfestigkeit der im Autoklaven behandelten Proben nicht unter derjenigen der unbehandelten Proben liegt.

Für den Einbau der Tübbinge im Stollen wurde ebenfalls ein Spezialgerät konstruiert, mit welchem die Tübbinge mit Vakuum-Tatzen vom Transportwagen gehoben, gedreht und versetzt werden konnten (Bild 13). Diese Einrichtungen und Verfahren ermöglichten es, mehrmals Wochenleistungen bis zu 90 m fertigen Stollen zu erbringen (5 Arbeitstage). Im Durchschnitt konnten je Baumonat 230 m fertiger Stollen erstellt werden.

In diesem Zusammenhang mag auch von Interesse sein, dass die Schächte Höngg und Käferberg (siehe Längenprofil, Bild 2) ebenfalls auf äusserst schnelle Weise sprengungsfrei ausgebaut worden sind. Hierzu wurde vorerst von der Gelände-

oberfläche her ein Pilotloch von 30 cm Durchmesser bis zum Stollen abgeteuft. Vom Stollen aus wurde der Pilotbohrkopf gegen einen Robbins-Raise-Drill von 180 cm Durchmesser ausgewechselt. Dieser Bohrkopf wurde unter Drehbewegungen mit dem Bohrgestänge hochgezogen, wobei das Bohrklein in den Stollen fiel und von dort abtransportiert werden konnte. Auf diese Art konnte beispielsweise die 128 m tiefe Felsstrecke des Käferbergschachtes in nur 9 Arbeitstagen aufgebohrt werden, wovon 6 Tage für die Pilotbohrung und 3 Tage für die Ausweitung benötigt worden sind.

Zum Schluss soll noch darauf hingewiesen werden, dass vor Ausschreibung der Bauarbeiten Vorversuche für den Transport und die Montage der Blechrohre im Massstab 1 : 1 durchgeführt worden sind, an welcher die Offertsteller als Beobachter teilnehmen konnten. Aus organisatorischen Gründen wurden die Bau- und Stahlbauarbeiten nicht wie sonst üblich getrennt, sondern als ein Objekt zusammengefasst ausgeschrieben. Die beauftragte Arbeitsgemeinschaft Prader/Locher/Kraftanlagen Heidelberg hat die Aufgabe mit sehr viel Geschick angepackt und zur Zufriedenheit gelöst, obwohl die Profilgrösse des Stollens an der untersten Grenze dessen liegt, was arbeitstechnisch noch als wirtschaftlich ausführbar betrachtet werden darf.

Adresse des Verfassers: G. Peter, Oberingenieur, Ingenieurbüro für bauliche Anlagen der Industriellen Betriebe der Stadt Zürich, Käferholzstrasse 16, 8057 Zürich.

Zum Rücktritt von Baukreisdirektor Fritz Fröhlin

DK 92

Ende April trat Architekt Fritz Fröhlin, Chef der Eidg. Baukreisdirektion III in Bern, nach einem 40jährigen Dienst im Bauwesen des Bundes in den Ruhestand.

Als gebürtiger Zürcher besuchte er die Primar- und Sekundarschulen in Zürich und absolvierte darauf eine Bauzeichnerlehre. Er bildete sich am Technikum Winterthur weiter, wo er das Diplom eines Hochbautechnikers erwarb. Nach mehrjähriger Praxis in Zürich und Luzern trat er am 1. Mai 1934 bei der Direktion der Eidg. Bauten in den Dienst der damaligen Bauinspektion III, welche die meisten Hochbauten des Bundes in den Kantonen Bern (ohne Stadt und nähere Umgebung), Solothurn, Basel sowie neuerdings auch Luzern und Unterwalden betreut. 1960 wurde Fritz Fröhlin zum Adjunkten befördert, und 1965 erfolgte seine

Wahl zum Chef dieses Kreises. In seine Amtszeit fallen die Projektierung und die Ausführung einer Grosszahl von Bauten: etwa 30 PTT-Bauten, worunter die PTT-Gebäude Burgdorf, Langenthal, Delsberg, Laufen, Balsthal, Allschwil, Muttens und Riehen; die TT-Gebäude und -Zentralen Liestal-Altmarkt, Pratteln und Schönenwerd; die Sender Niederhorn, Les Ordon und La Chaux-de-Fonds. Ferner grosse Militärbauten wie der Weiterbau des Waffenplatzes Ajoie, der Ausbau des Waffenplatzes Thun und des Schiessplatzes Gantrisch, die Errichtung des Ausbildungszentrums Lyss; die Neubauten der Eidg. Turnschule in Magglingen, Neubauten für die Pulverfabrik Wimmis und die Flugzeugwerke Emmen. Schliesslich veranlasste Fritz Fröhlin zahlreiche Zollobbauten.