

Bauhilfsmassnahmen im Tunnelbau : Grossrohrschirm und Injektionen im Bereich Hydrovortrieb Weinbergtunnel

Josef Bolliger
Projektleiter
Implenia Bau AG Untertagbau

Guido Meier
Projektleiter
Implenia Special Tunnel Works

Einleitung

Die 9.6 Kilometer lange Durchmesserlinie (DML) bildet künftig einen zentralen Teil der West-Ost-Achse des nationalen Schienenverkehrs. Als Kapazitätssteigerung für den Hauptbahnhof Zürich ermöglicht sie neue Angebotskonzepte im S-Bahn- und im Fernverkehr. Der 4.9 Kilometer lange Weinbergtunnel ist ein Teil der DML und verbindet den unterirdischen Durchgangsbahnhof Löwenstrasse mit dem Bahnhof Oerlikon.

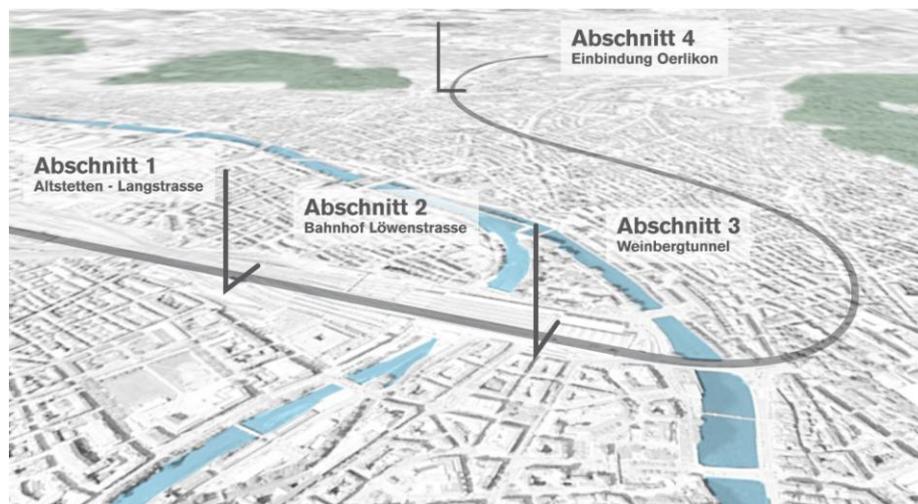


Bild 1 : Gliederung Durchmesserlinie Zürich

Bauhilfsmassnahmen im Bereich Hydrovortrieb Weinbergtunnel

1 Vortriebskonzept für den Weinbergtunnel

Über einen Schacht von 23 m Durchmesser und 42 m Tiefe musste der Zugang zum 4.9 km langen Weinbergtunnel erstellt werden. 110 m Richtung Oerlikon bis zur Losgrenze zum Tagbau Los 4 sowie die Montagekaverne wurden konventionell im Schrämmverfahren erstellt .

Für das Auffahren der 4.4 km langen Tunnelstrecke vom Startschacht Brunnenhof bis zum Schacht Bahnhof wurde eine Mixschild - TBM mit Durchmesser von 11.34 m der Fa . Herrenknecht montiert.Die Maschine begann den 4.13 km als Hartgestein-TBM in der oberen Süswassermolasse ,einer Wechsellagerung von Mergeln und Sandsteinen .Für die restlichen 270 m wurde die TBM auf Hydro-Schild-Betrieb umgebaut.

Im Folgenden beschränken wir uns auf die Erörterung der 270 m langen Lockergesteinsstrecke .

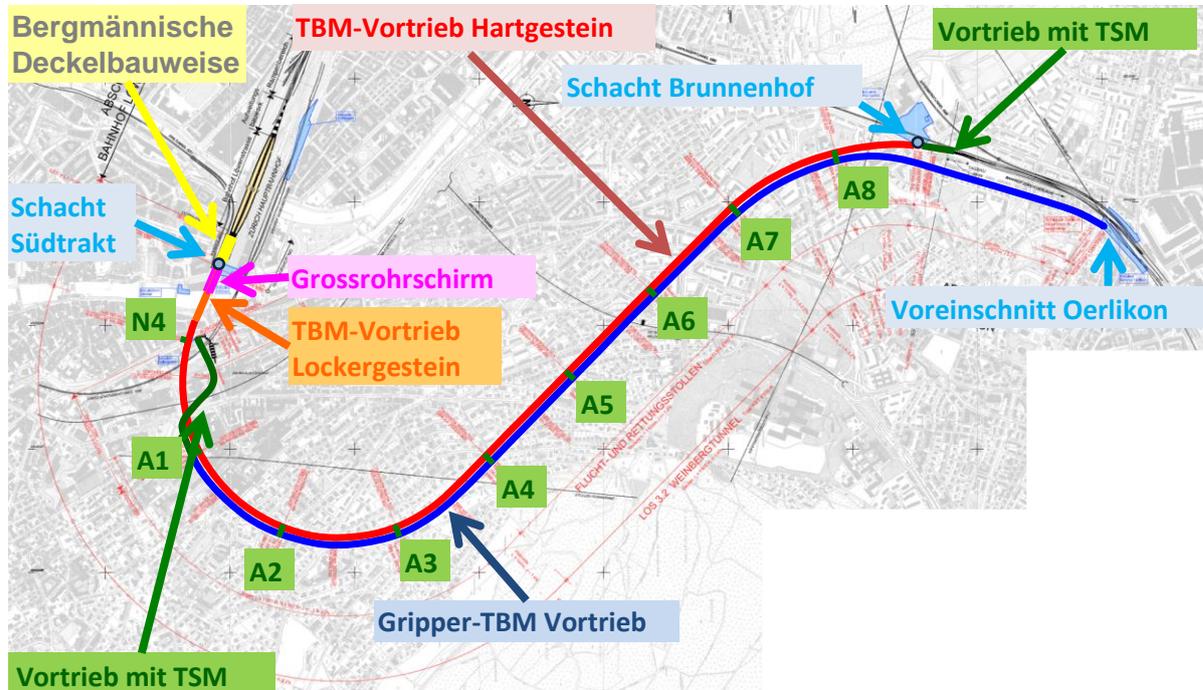


Bild 2 : Übersicht Weinbergtunnel

2 Geologie , Baugrundverhältnisse Bereich Central – Hauptbahnhof mit Limmatquerung

Der Abschnitt vom Central bis zum Schacht Südtrakt beim Hauptbahnhof Zürich stellt im Abschnitt 3 die grössten Herausforderungen an den Tunnelbau. In diesem innerstädtischen Bereich ist die Limmat bergmännisch zu unterqueren und zahlreiche wichtige Verkehrsträger , sowie Versorgungsleitungen und ältere Einbauten im Untergrund sind sicher zu unterfahren. Wie dem geologischen Längensprofil (Bild 3) entnommen werden kann, liegt der Tunnel hier in gemischter Fels- und Lockergesteinsgeologie. In Vortriebsrichtung steigt der First nach der Unterfahrung des Hirschengrabentunnels der S-Bahn mit nur 6 m Vertikalabstand in jüngere Molassegesteine auf, die hier einen hohen Anteil an Sandsteinen aufweisen. Etwa ab dem Central liegt der Tunnel in der Grundmoräne der letzten Eiszeit und tritt dann schleifend in die siltig-sandigen, horizontal geschichteten Seeablagerungen ein, die auf der linken Limmatseite direkt dem Fels aufliegen. Entlang einer erosiven, im Detail schwierig prognostizierbaren Grenze folgen über den Seeablagerungen die Limmattal-Schotter, die eine wechselhafte , aber generell gute Durchlässigkeit aufweisen. Der Vortrieb erfolgt hier im Grundwasser .

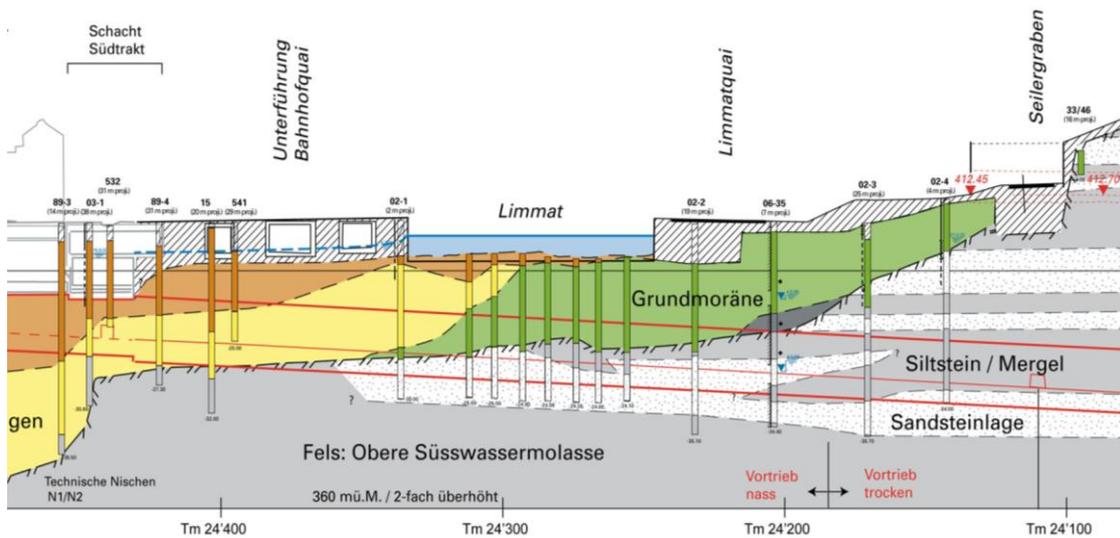


Bild 3 : Geologischer Längsschnitt

3 Sicherheitsmanagement

Die Komplexität erfordert eine detaillierte Risikoanalyse .Kernelement dabei war die konsequente Erarbeitung eines Sicherheitsplanes. Ausgehend von Fakten dient er drei Zielen: dem methodischen Erkennen und visualisieren möglicher unerwünschter Ereignisse, der Beschreibung deren Auslöser und Mechanismen und der Festlegung von Massnahmen .Aus Plänen und Beilagen wird ein Dossier erstellt.Die Erarbeitung eines Sicherheitsplanes erfolgt iterativ bis keine begründeten Einwände mehr vorliegen.

Worts Case „Tagbruch“ - Verminderung Risiko

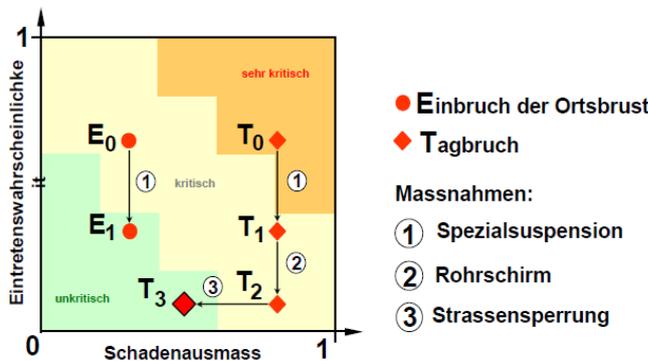


Bild 4 : Massnahmen zur Risikominimierung

4 Wahl der Baumethode

Aufgrund der umfangreichen geologischen Untersuchungen sowie eingehender Risikoanalyse fiel die Wahl auf einen TBM-Hydroschild-Vortrieb .Bestärkt durch den erfolgreichen Vortrieb der Lockergesteinsstrecke des Projektes Zürich-Thalwil.Vorteil des Hydro-Vortriebes ist,dass der nötige Stützdruck sehr fein und zuverlässig gesteuert werden kann.



Bild 5 : TBM – Quer- und Längsverschub in Startkaverne

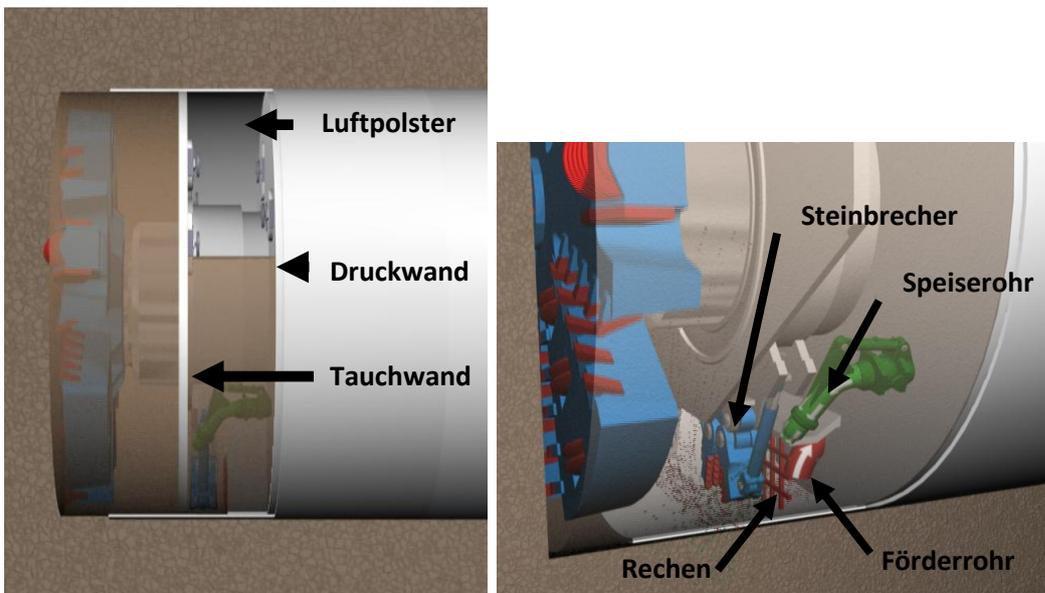


Bild 6 : TBM - Hydroschildvortrieb (Bentonitstützung , Steinbrecher und Förderrohr)



Bild 7 : Separierung mit Kammerfilterpressen

5 Bauhilfsmassnahmen

5.1 Grossrohrschirm

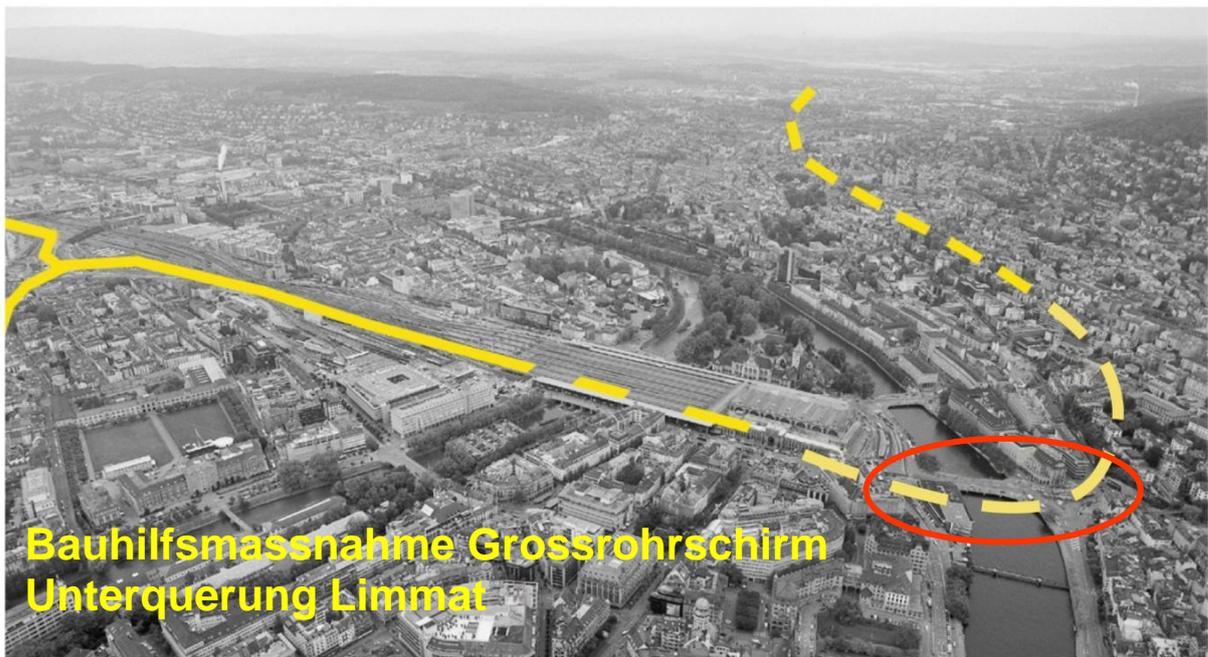


Bild 8 : Bauhilfsmassnahmen Unterquerung Limmat

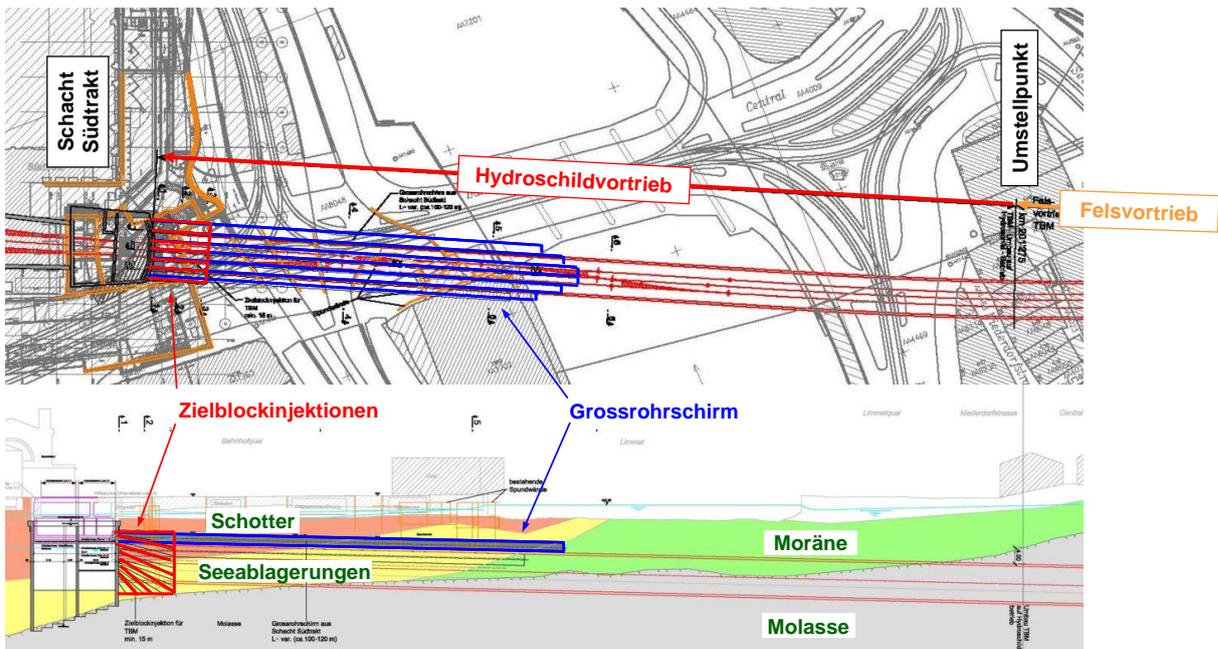


Bild 9 : Bauhilfsmassnahmen Grundriss und Längsschnitt

Um Ausbläser in die Limmat, die mit nur 10 bis 13 m Überdeckung unterfahren wurde, oder Tagbrüche und unzulässige Setzungen im Bereich Bahnhofquai zu vermeiden, wurde vor der TBM-Durchfahrt ein Grossrohrschirm aus dem Schacht Südtrakt bis in die dichte Moräne ,ungefähr Mitte Limmat, ausgeführt.

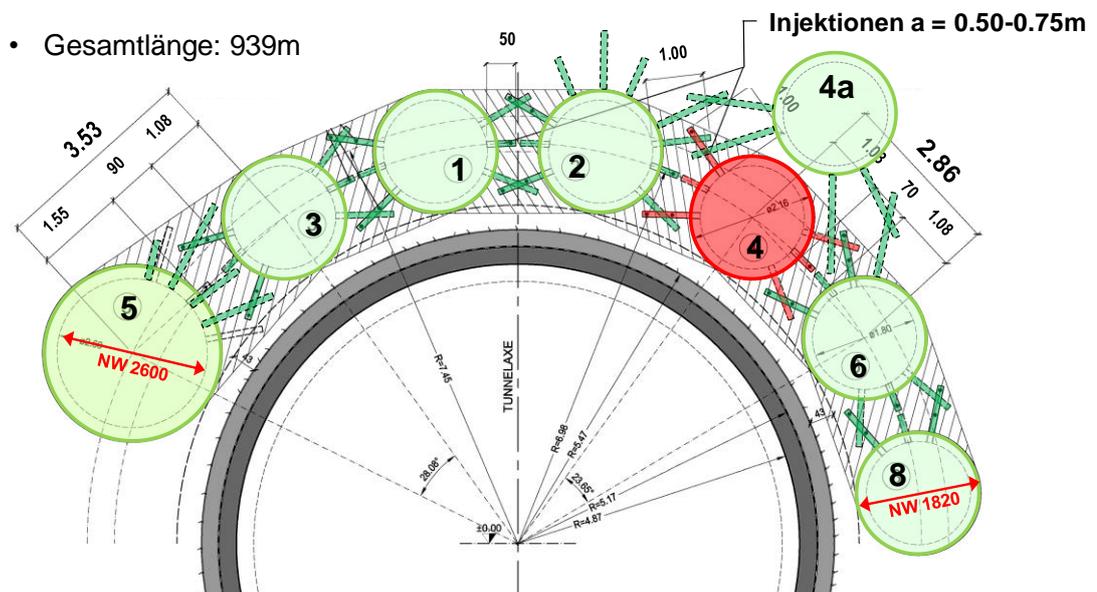


Bild 10 : Querprofil Rohrschirm

Der Rohrschirm besteht aus 6 Rohren mit Aussendurchmesser von 1960 mm und einem Rohr von 3300 mm. Zwischen den Rohren wurde der Baugrund ,um Materialausbrüche und Ausbläser zu verhindern ,mittels Injektionen verfestigt. Anschliessend wurden die kleineren Rohre wie Pfähle armiert und mit SCC-Beton ausbetoniert.

Das grosse Rohr bleibt für Interventionszwecke offen. Infolge der Havarie vom April 2009 musste der Grossrohrquerschnitt angepasst werden . (Rohrstrang 4a)



Bild 11 : Vortriebsinstallation Grossrohrschirm im Schacht Südtrakt



Bild 12 : Armierung Grossrohrschirm

Hindernisse

Mit verschiedenen Vorversuchen konnte gezeigt werden, dass die vorhandenen Spundwände, Rührwandträger und arm. Schlitzwände mit speziell angefertigten Abbauwerkzeugendurchfahren werden kann.

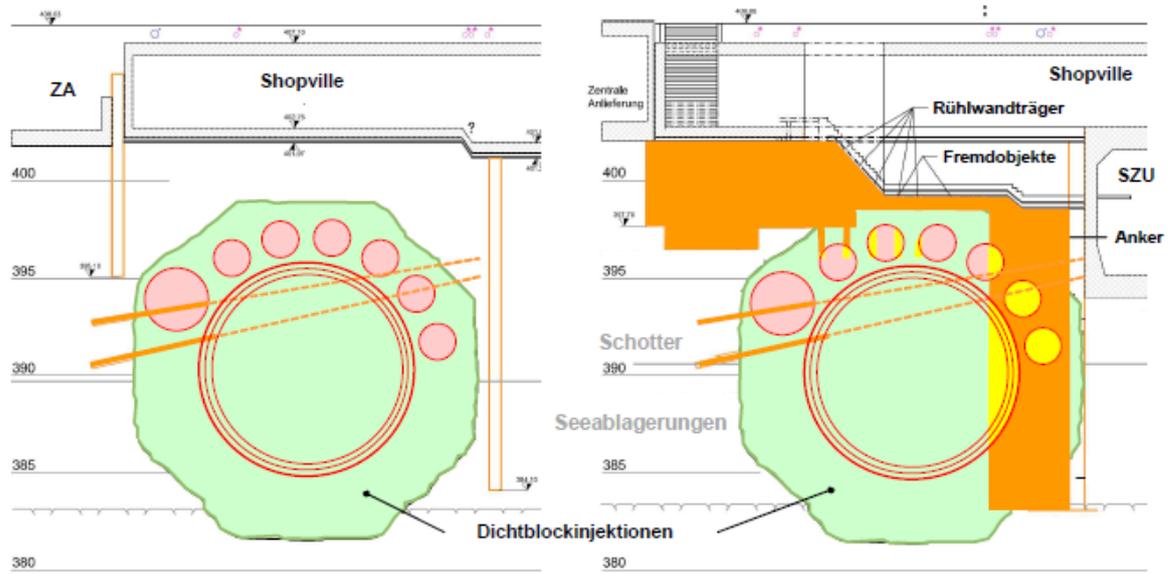


Bild 13 : Hindernisse Grossrohrschirm

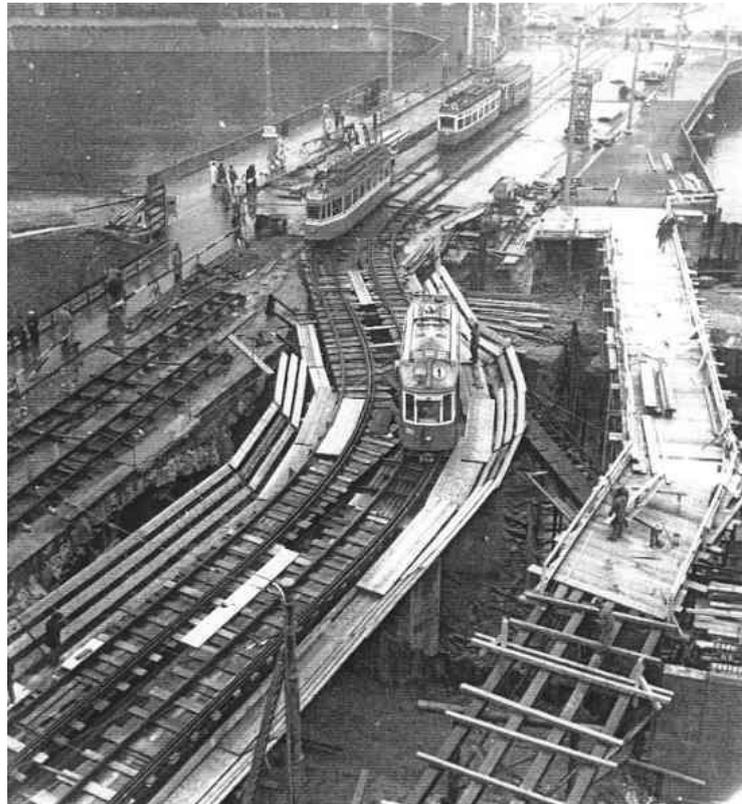


Bild 14 : Baustelle Bahnhofquai 1952



Bild 15 : Bohrkopf mit Spezialabbauwerkzeugen

5.2 Dichtblockinjektionen

Da mit der Schild-TBM nicht in den Schacht Südtrakt ausgefahren werden kann, wird der Schildmantel inkl. Schildschwanz im Bereich des 16m langen Dichtblock abgedichtet und dann bis auf die letzten 30 cm entkernt und auf das Profil des Tübbinginnenradius mit Spritzbeton ergänzt. Für den Dichtblock sind 16 m lange Bohrungen in einem Abstand von 75 cm gebohrt worden in die dann Mannschettenrohre mit Injektionsventilen im Abstand von 33 cm versetzt wurden. Die Injektionen erfolgten Druck- und Volumengesteuert in 3 Phasen, 1. Zement, 2. Feinstzement und 3. Weichgel.



Bild 16 : Ansicht der Injektionsbohrungen des Dichtblockes

6 Angetroffene Hindernisse

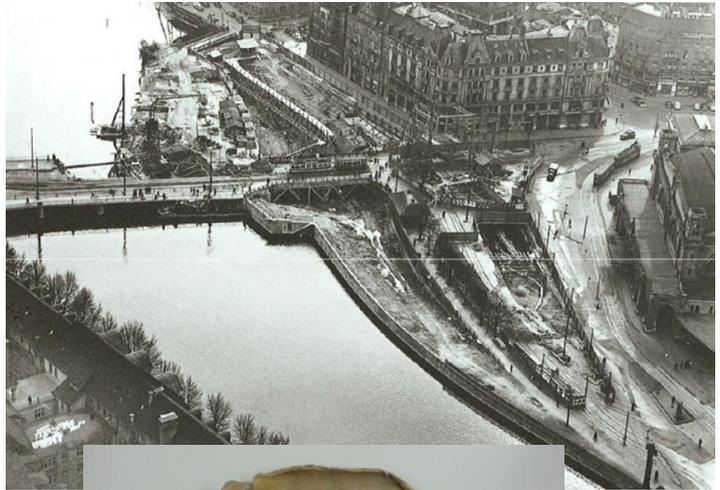


Bild 18 : Baustelle Bahnhofquai 1952 - Holzpfahl mit Stahlschuh / Spundwandteile



Bild 19 : Ausbläser in die Limmat

6 Schlussbemerkung

Beim Hydrovortrieb des Weinbergtunnels unter der Limmat sowie dem Bahnhofquai mit grossem Bohrdurchmesser und bei geringer Überlagerung wurde der Sicherheit gegen Tagbruch und dem Problem schädlicher Oberflächensetzungen grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Dank der guten Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten konnte das Ziel mit Erfolg erreicht werden .



Bild 20 : Durchstich

Am Bau beteiligte : **Bauherrschaft**

SBB AG Infrastruktur, Grossprojekt Durchmesserlinie

Projekt und Bauleitung

IG Zalo : Basler & Hofmann AG, Pöyry Infra AG , SNZ Ingenieure AG

Ausführung

Arge Tunnel Weinberg : Implenia Bau AG , Wayss & Freitag Ingenieurbau AG ,
Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH , Prader Losinger SA

Ausführung Grossrohrschirm

Arge ARL Implenia Special Tunnel Works