

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 127 (2001)  
**Heft:** 35: Abwassersanierung Zürich Nord

**Artikel:** Schliessen von Montage- und Förderschacht  
**Autor:** Pfeiffer, Peter / Schmocker, Karl  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-80198>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

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

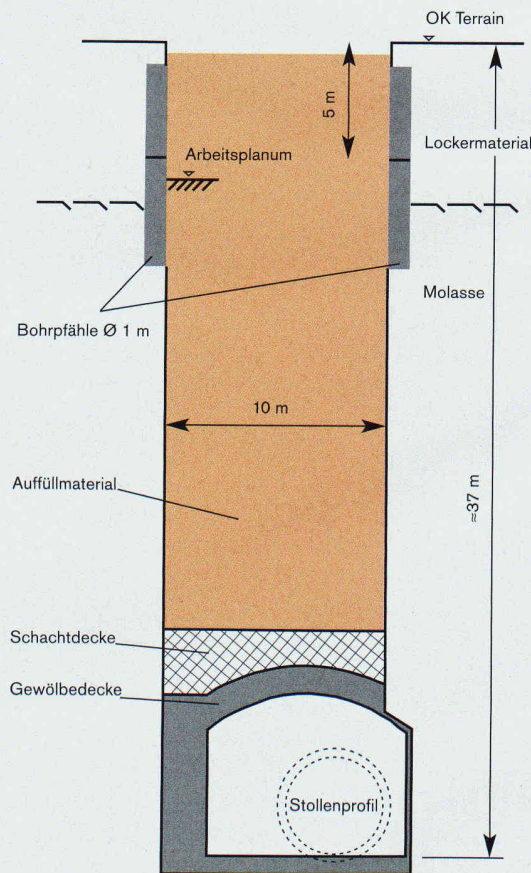
# Schliessen von Montage- und Förderschacht

**Das vertraglich festgelegte Schliessen und Auffüllen des Montage- und des Förderschachts auf dem Areal des Güterbahnhofs Oerlikon stellte eine in bautechnischer Hinsicht nicht zu unterschätzende Aufgabe dar. Der Beitrag beschreibt die statischen Überlegungen, das Vorgehen sowie den Material- und Geräteeinsatz.**

Mit der Eigentümerin des Güterbahnhofs Oerlikon, den SBB, war vereinbart worden, dass nach Beendigung der Bauarbeiten am Stollen die beiden Schächte des Zwischenangriffs aufgefüllt und alle temporären Fundationen und Schachtsicherungen auf den obersten fünf Metern abgebrochen würden, bevor der gesamte Platz mit einer acht Zentimeter starken Heissmischtrag-schicht zu bedecken wäre. Das ursprünglich im Vertrag mit der Arge «Anschluss-Stollen Glatt» enthaltene Schliessen und Auffüllen der Schächte war auf Grund der noch zu erwartenden Nutzungsdauer der Schächte und des Installationsplatzes aus dem Vertrag ausgegliedert und dem Totalunternehmer im Anschluss an den Ausbau der unteren Querschnittshälfte übertragen worden.

## Förderschacht

Der Förderschacht mit seinem Durchmesser von zehn Metern diente nach Abschluss der Stollen-Rohbauarbeiten beim Ausbau der unteren und oberen Querschnittshälfte dem Personal- und Materialtransport. Die zu erstellende Gewölbedecke des Förderschachts hat eine lichte Spannweite von 9,6 m. Beidseits der Schachtdecke sind Paramente mit 4,7 m Länge und einer Deckenstärke von 30 cm bei gleichem Bogenradius und gleicher Stützweite angeordnet, die nur von der Schachtseite her betoniert werden konnten (Bild 1). Bei den gegebenen Abmessungen der Decken und der einseitigen Zugänglichkeit kam nur ein sehr fließfähiger, selbstverdichtender Beton in Frage. Der gewählte Beton floss während der Ausführung ohne jegliches Vibrieren bis zu den entfernten Auflagern und dem gegenüberliegenden Scheitelpunkt. Der selbst verdich-



1  
Vereinfachter Querschnitt  
durch den Förderschacht

tende Beton war bereits bei den Auflagerwänden zu Testzwecken eingesetzt worden, wo er sich bestens bewährt hatte. Er breitete sich langsam fließend über eine Länge von 5 m fast horizontal aus und erreichte früh sehr hohe Festigkeitswerte (7-Tage-Druckfestigkeit im Bereich von 36 bis 51 N/mm<sup>2</sup>, 28-Tage-Werte 45 bis 57 N/mm<sup>2</sup>).

Die Deckenarmierung musste von einer Arbeitsbühne aus über Kopf an in den Spritzbeton gebohrten Hängestangen befestigt werden. Die Gewölbeschalung wurde auf vorgefertigten Knaggen installiert, die einzelnen Schalelemente auf dem Installationsplatz gefertigt und der Gewölbebogen in drei unabhängige Elemente unterteilt. Die Abstützung der Schalung musste den Zugang zum Stollen für das Personal und die Materialtransporte beim Ausbau der oberen Querschnittshälfte jederzeit gewährleisten (Bild 2). Gleichzeitig war das gesamte Schalmaterial der Montageschachtdecke über den Förderschacht zurück zum Installationsplatz zu transportieren. Nachdem die beiden Paramente betoniert waren, wurde die Schalung abgesenkt, jeweils in den Förderschachtbereich verschoben und neu als Schachtdeckenschalung eingesetzt. Die Sichtflächen der Paramentdecken wiesen keine Betonierfehler auf.

Bei der Schachtdecke enthielt die erste von drei Betonieretappen mit einer Scheitelstärke von 30 cm eine Aussparung von 5,5 x 3,0 m, um das gesamte Schalmaterial ausbauen zu können. Die Öffnung wurde mit vorfabrizierten Betonelementen abgedeckt und mit den beiden restlichen Betonieretappen um 2,4 m überbetoniert. Bei allen drei Etappen fand ein Normalbeton B 35/25 Verwendung. Das Verlegen der Armierung gestaltete sich zeitaufwendig und teils problematisch (Einfädeln von langen abgebogenen Eisen im begrenzten Raum des Schachts), so dass der Statiker Lageänderungen einzelner Positionen überprüfen musste. Auf die obere Verzahnung der Schachtdecke mit dem Fels konnte auf Grund der meist wesentlich stärkeren Auflagerwände verzichtet werden.

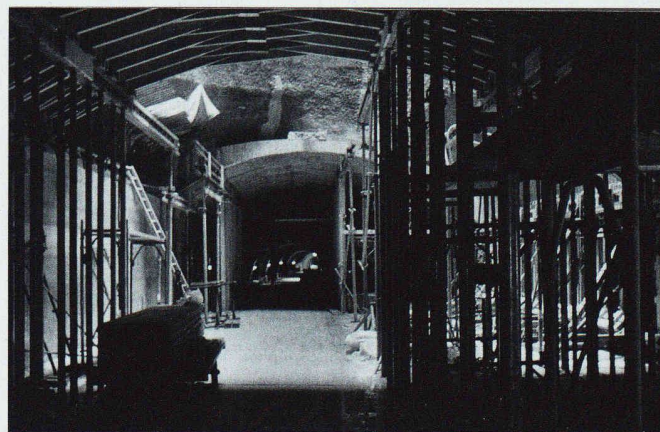
Die Decke war nach dem Betonieren dicht, im Laufe der Zeit jedoch bildeten sich Schwindrisse in den Paramenten, die ebenso zu Wassereinbrüchen führten wie die Betonierfugen zwischen Paramenten und Schachtdecke sowie bei den Anschlussfugen zum Spritzbeton des Schachts und der Kavernendecke. Ein oberer Injektionsring und Rissinjektionen von unten einschliesslich Nachinjektionen sorgten für die notwendige Dichtheit.

### Montageschacht

Der im Durchmesser 6,2 m messende Montageschacht diente während der Arbeiten als Notausstieg und Fluchtweg. Auch zu seiner Schliessung war eine Gewölbedecke vorgesehen, die die Auflast aus Auffüllung und Grundwasser senkrecht auf die beiden vertikalen Auflagerwände hätte abtragen sollen. Die Wände waren bereits durch den Stollenbauunternehmer erstellt. Da jedoch der Felsausbruch und die Spritzbetonauskleidung nicht überall die nötigen Abmessungen aufwies, wurde ein Teil der Anschlussarmierung beim Verlegen in die Gewölbedecke oder später gekürzt bzw. abgeschnitten. Gleichzeitig waren die Wandstärken teil-

2

**Schalungsarbeiten zum Schliessen  
des Förderschachts im Bereich der  
Zwischenkaverne**



weise unterschiedlich ausgeführt.

Zu Beginn der Arbeiten wurde deshalb beschlossen, die Kräfte aus der Deckenauflast (rund 28 m Auffüllung) direkt in den anstehenden Fels abzuleiten und die Wände statisch nur noch untergeordnet einzusetzen. Dadurch erübrigte sich auch die obere Verzahnung der Betondecke mit dem Fels der Schachtwand. Während des Spritzbeton- und Felsausbruchs für die neuen Deckenaufleger wurde die noch vorhandene Anschlussarmierung schwer in Mitleidenschaft gezogen, so dass schliesslich nur noch kurze, verbogene Stummel verblieben.

Die Schalung der Gewölbedecke wurde elementweise in Schachtmitte vor Ort auf vorgefertigten Knaggen zusammengebaut und anschliessend auf den Longarinen in die endgültige Position verschoben. In der Stollenachse musste die Durchfahrt für die Installationsarbeiten an der oberen Querschnittshälfte trotz der massiven Abstützungen gewährleistet bleiben. Nach dem Schliessen der Schalung mussten für das Verlegen der Armierung Arbeitskräfte und Material von oben mit einem Pneukran auf die Schalung abgesenkt werden. Lange, gebogene Eisen, sehr begrenzte Platzverhältnisse und viele Lagen erschwerten das Armieren insbesondere in den Eckbereichen zur runden Schachtwandkante, die jeweils durch den darüber liegenden Fels abgedeckt waren. Es konnten deshalb nur zwei Mann eingesetzt werden. Von Anfang an war klar, dass ein üblicher Beton für die Gewölbedecken unter den geschilderten Umständen die geforderte Wasserdichtheit nicht garantieren konnte. Deshalb wurde auch hier Fließbeton eingesetzt.

In die Decke sind zwei Kunststoffrohre (Ø 300 mm) zur



Entlüftung der Kanalisationsleitungen sowie acht PE-Rohre ( $\varnothing$  100 mm) eingelegt. Die Decke wurde in zwei Etappen betoniert, wobei die erste Etappe im Scheitel eine Betonstärke von rund 50 cm aufweist. Die Ausführung der zweiten Etappe begann vier Tage später, nachdem das auf der Decke liegende Grundwasser über Bohrlöcher in der noch freien Seitenschalung im Scheitelbereich drainiert war. Zehn Tage nach dem Betonieren der ersten Etappe begann das Ausschalen. Auch diese Untersicht wies keine Fehlstellen auf. Die Decke war dicht, obwohl zu diesem Zeitpunkt bereits etwa 80 cm Wasser auf ihr lagen. Mit dem fortschreitenden Schwinden des Betons zeigten sich jedoch nach rund vier Wochen am Spritzbeton im Bereich der Anschlussfugen erste geringfügige Wassereinträge, die sich langsam verstärkten. Die Abdichtung erfolgte auch hier mit einem oberen Injektionsring und lokalen Rissinjektionen von unten.

### Schachtauffüllung

Das Auffüllen der beiden Schächte erfolgte mit Kiessand zweiter Klasse in jeweils 50 cm starken verdichteten Schichten. Um das aus den Schachtwänden ständig zufließende Wasser während des Kiessandeinbaus und der Verdichtung abpumpen zu können, wurden Schachtringe von 80 cm Durchmesser eingebaut, die Schächte über eine Höhe von 8 m mitgeführt und anschliessend mit Rollkies aufgefüllt und verschlossen. Im Montageschacht mussten während der Auffüllung die beiden Lüftungsrohre sowie die acht Elektro-Leerrohre einbetoniert werden. Die eingesetzten PE-Rohre ( $\varnothing$  300 mm) erwiesen sich als zu schwach, um die gewünschten 2,5-m-Etappen betonieren zu können. An ihre Stelle traten dickwandige Rohre. Die obersten zwei Meter wurden mit Wandkies erster Klasse ebenfalls in 50 cm starken Schichten aufgefüllt, auf einen ME-Wert von mindestens 60 000 kN/m<sup>2</sup> verdichtet und jeweils nach fünf Metern Auffüllung mit einer Isotopsonde geprüft. Die Verdichtungsanforderung in der darunter liegenden Schachtfüllung war auf einen ME-Wert von 15 000 kN/m<sup>2</sup> festgelegt.

3

**Abfräsen der Verbundpfahlwand des Förderschachts in einer Tiefe von 5 m unter OK Terrain**

### Selbstverdichtender Beton

Beton B35/25, Typ SCC470/470 (self compacting concrete) mit einem Zementgehalt von 350 kg/m<sup>3</sup>, 1,6% VisoCrete-1, 75 kg/m<sup>3</sup> H.B.L.-Füller (Flugasche) und einer max. Korngrösse des Kies-Sand-Gemischs von 16 mm

### Rückbau der Bohrpfahlwand beim Förderschacht

Während beim Montageschacht die Molasse bis etwa einen Meter unter Terrain reichte und somit keine Probleme für den Abbruch der Schachtsicherungswand schuf, war beim Förderschacht zur Sicherung der Einbau einer in den Sandstein eingebundenen, zehn Meter hohen Pfahlwand mit Pfählen von einem Meter Durchmesser notwendig gewesen. Dieser Bohrpfahlring musste entsprechend den Auflagen aus dem Vertrag mit den SBB auf den obersten fünf Metern unter Terrain abgebrochen werden. Da sich zum Abbruch der Pfähle ein Aushub ausserhalb der Bohrpfahlwand wegen der wasserführenden, sandig-siltigen Seeablagerungen verbot, suchten die Verantwortlichen nach einer anderen Lösung, die das Risiko eines Grundbruchs oder Baugrubeneinsturzes ausschloss. Der Unternehmer füllte den Förderschacht bis 6,20 m unter Terrain auf und fräste alle Bohrpfähle auf einer Höhe von 5 m unter Terrain horizontal ab, wobei die geschnittenen Pfähle unterteilt wurden, um ein Einklemmen der Diamantscheiben zu verhindern (Bild 3). Nachdem alle Pfähle – jeder zweite armiert – abgetrennt waren, wurde der Schacht bis auf Terrainhöhe aufgefüllt: im Zentrum mit verdichtetem Kiessand und entlang der Pfahlwand mit einer zwei Meter starken Schicht aus 16-mm-Rollkies. Ein lokaler Aushub an der Ringinnenseite des Pfahls unmittelbar vor dessen Ausbruch ermöglichte das Wegbrechen nach innen. Ein 70-t-Raupenbagger brach die Pfähle aus der Ringwand und zog sie heraus, wobei der entstandene Hohlraum sofort und zum grossen Teil selbsttätig durch den Rollkiesring aufgefüllt wurde. Die armierten Pfähle liessen sich ganz ziehen, die unarmierten brachen meist in zwei bis drei Teile. Weitere Schwierigkeiten traten nicht auf.

### Instandstellen des Installationsplatzes

Nachdem die Schachtauffüllungen bis zur Terrainhöhe verdichtet waren, wurden die seinerzeit umgelegten Kanalisationsleitungen reinstalliert und neue Einlaufschächte zur Platzentwässerung erstellt. Vor Ausführung der Roh- und Feinplanie waren alte Gebäudefundamente, Kran- und Silofundamente der Arge sowie alte Strassenbeläge und Pflaster zu entfernen und ungeeignetes Koffermaterial durch Kiessand zu ersetzen. Die gesamte Installationsfläche von rund 6500 m<sup>2</sup> wurde anschliessend mit einer Heissmischtragschicht von 8 cm Stärke und einer Platzentwässerung versehen.

Peter Pfeiffer, dipl. Ing. FH, Schulstrasse 2,  
5415 Nussbaumen bei Baden, Karl Schmocker, dipl.  
Ing. FH, Zschokke Locher AG, Untertagbau/Ingenieur-  
tiefbau, Pelikan-Platz 5, 8022 Zürich