

# Flughafentunnel

Autor(en): **Hasenfratz, Jakob**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

Heft 22: **Zur Eröffnung der Flughafenlinie Zürich**

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74127>

## **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.

langen Wandelemente mit einem 100-t-Raupenbagger eingebaut werden (Bild 3). Bis zur Erhärtung des Wandfussbetons wurden die in die richtige Lage gebrachten Wandelemente an den Führungsmauern für den Schlitzauhub fixiert.

Nach Fertigstellung der östlichen Aussenwand und der Trennwand zwischen der Flughafen- und Klotenerlinie konnte die *Decke über der Flughafenlinie* betoniert werden. Als «Deckenschalung» diente der ausplanierte gewachsene Boden. Während dem Bau der westlichen Aussenwand und der Decke über der Station Opfikon an der Klotenerlinie wurde im Bereich der Flughafenlinie bereits mit dem Ausbaggern des Erdreichs von beiden Deckenenden her begonnen.

Die *Decke über dem Bahneinschnitt* ist für eine Nutzlast von  $1,5 \text{ t/m}^2$  bemessen. Im Bereich zwischen den beiden Strassenüberführungen reduzieren eingelegte «Cofratol»-Aussparungsrohre von 70 cm Durchmesser das Eigengewicht der 100 cm starken Decke. Selbst in einem Katastrophenfall, z. B. Ausfall der Mittelwand, würde die Decke nicht einstürzen, sondern den ganzen Bahneinschnitt zwischen West- und Ostwand frei überspannen.

Im Einschnittsbereich ohne Gleisüberdeckung, also dort, wo die Spriesswirkung der Decke fehlt, mussten die Seitenwände mit *Lockergesteinsankern* rückverankert werden. Ein fest eingerichtetes hydraulisches Ankerkraft-Messsystem dient zur periodischen Überwachung dieser Erdanker.

Die Entwässerung des Bahngrabens besteht aus zwei getrennten Systemen, nämlich aus einer etwa 90 cm starken Filterschicht, deren Aufgabe im Brechen der Grundwasserströmung und dem Ableiten des Wassers in Sickerleitungen Richtung Glatt besteht, sowie aus Rinnen, die das anfallende Oberflächenwasser der Glatt zuführen. Die erwähnte Filterschicht wird mittels einer zementstabilisierten und mit Bitumen abgespritzten Deckschicht vom Oberflächenwasser abgeschirmt (Bauvorgang siehe Bild 4).

Peter Zwicky, dipl. Ing. ETH,  
Ingenieurbüro Neukom + Zwicky, Zürich

Gion Letta, dipl. Ing. ETH,  
Sektion Bahnhofserweiterung Zürich,  
Bauabteilung Kreis III

## Flughafentunnel

### Linienführung und Nivelette

Linienführung und Nivelette der 1060 m langen, im *Tagbau* erstellten Tunnelstrecke wurden ebenso, wie die Lage des Flughafenbahnhofes selbst, massgebend bestimmt durch die *Zwänge der bestehenden Überbauung*. Während am südlichen Ende ein schmaler Streifen zwischen Kläranlage Opfikon/Glattbrugg und den bestehenden Industriebauten das Trasse eingrenzte, waren es im Flughafenareal selbst vor allem die Radaranlagen des Flugsicherungssystems («Instrument Landing System», ILS), denen es auszuweichen galt.

Fixpunkt für die Nivelette bildete einerseits die Gleishöhe im Flughafenbahnhof (Kote 413.00). Andererseits musste die Linie in südlicher Richtung notwendigerweise in Tieflage weitergeführt werden, solange sie im Hindernis- und Gefahrenbereich der Landepiste und der Rollwege des Flughafens liegt. Damit mussten gezwungenermassen auch verschiedene Werkkanäle und Vorflutleitungen unterquert werden, die für den tiefsten Punkt der ganzen Neubaustrasse (Kote 411.57) bestimmend wurden. Der nächste Zwangspunkt für die Höhenlage ist die Glatt, die mit einer Brücke überquert wird. Es ergibt sich daraus auf 430 m Länge eine Steilrampe von 22 Promillen Steigung. Die in diesem Bereich liegende Kreuzung zwischen Flughof- und Rohrstrasse musste den neuen Gegebenheiten angepasst und um rund 2,5 m gehoben werden.

### Geologie

Die etwa in Tunnelmitte ändernden geologischen Verhältnisse erforderten für jeden der beiden Tunnelabschnitte einen anderen Bauvorgang und gaben damit auch den Anstoss zur Aufteilung in zwei Baulose.

Im nördlichen, an den Flughafenbahnhof anschliessenden Abschnitt, liegen unter der Terrainoberfläche zunächst bis zu 4 m mächtige *Überschwemmungs- und Verlandungssedimente* aus Sand, tonigem Silt und Torf. Unter der an-

schliessenden 1 bis 2 m starken *Kies-Sand-Schicht* folgen *nicht vorbelastete Seeablagerungen* aus tonigem Silt, lokal mit Sand durchsetzt, die bis in eine Tiefe von 25 m reichen. Diese Seeablagerungen keilen gegen den südlichen Abschnitt aus. Der Grundwasserspiegel liegt knapp unter der Terrainoberfläche.

Im südlichen, bis an die Glatt reichenden Baulos liegt die Tunnelsohle vorwiegend in einer in Lagerung und Aufbau wechselhaften *Wallmoräne*. Sie wird durch eine dünne, weich gelagerte *Deckschicht* aus Kies-Sand und tonigem Silt überlagert. Unter der durchwegs mächtigen Wallmoräne liegt eine Grundmoräne mit Einschlüssen von eiszeitlichen Schottern. Diese bilden

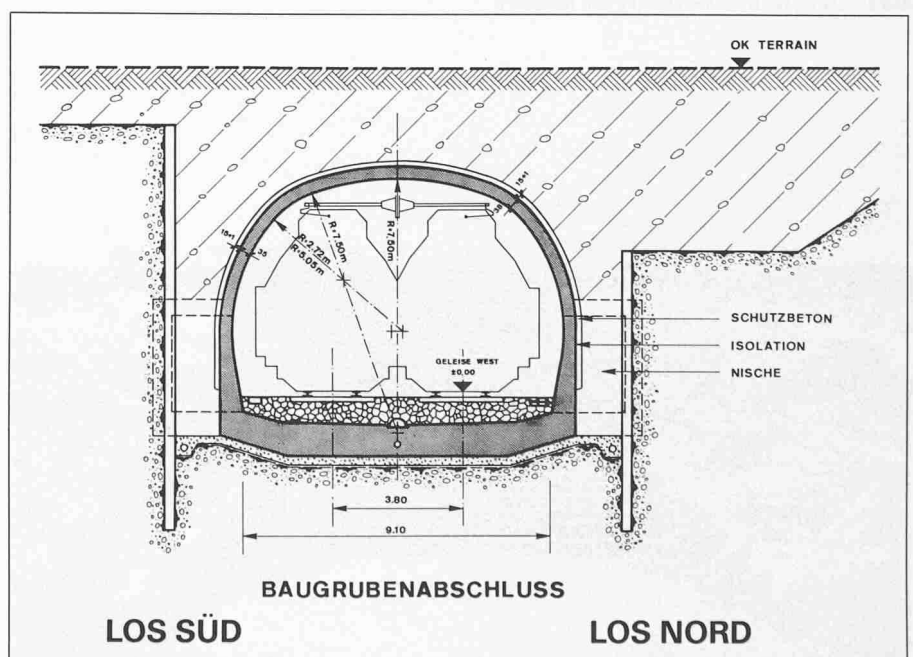


Bild 1. Normalprofil



Bild 2. Los Süd: Flugaufnahme in Richtung Süd-Osten

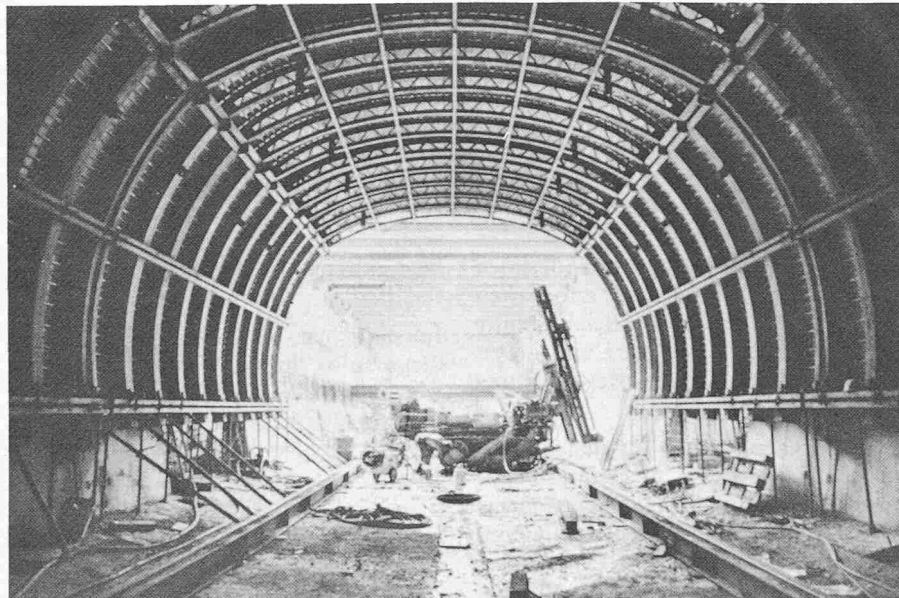


Bild 3. Los Süd: Gewölbeschalung und Baugrube

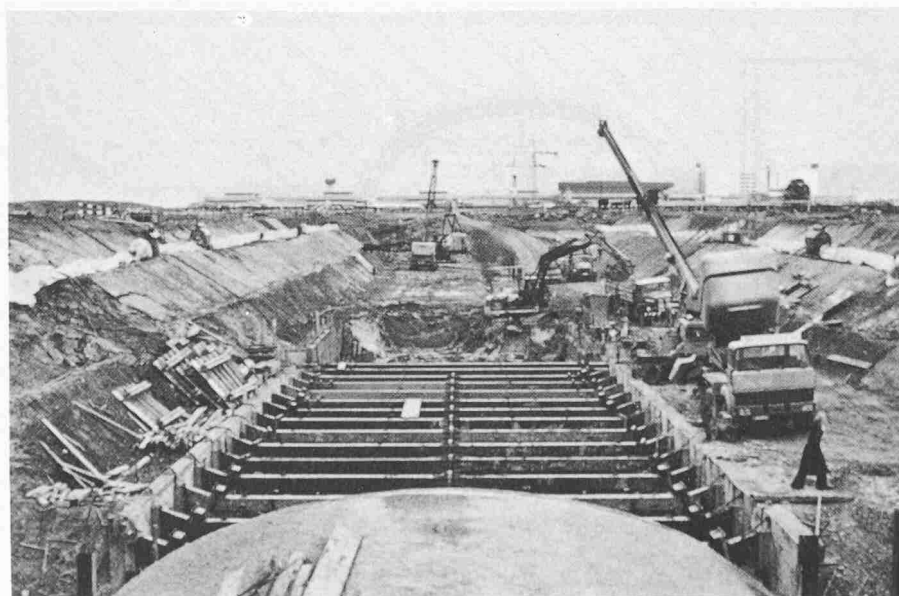


Bild 4. Los Nord: Baugrubenübersicht

einen durch die Überlagerung gespannten Grundwasserträger. Die Wasserführung im Baugrubenbereich beschränkte sich vorwiegend auf die Deckschicht.

## Tunnelkonstruktion

Die konstruktive Gestaltung des Tunnelnormalprofils wurde nicht nur durch die Tiefenlage, die schwierigen Baugrundverhältnisse und den durchgehend fast auf Terrainhöhe liegenden Grundwasserspiegel beeinflusst, sondern massgebend auch durch die Forderung des Flughafenhalters, für die Zukunft die Möglichkeit offen zu halten, *Pistensystem und Rollwege auch im Bereich der Bahnlinie in beliebiger Weise verlegen zu können*. Um im weiteren auch jeder Entwicklung im Flugverkehr und Flugzeugbau gewachsen zu sein, war dabei mit einem *Flugzeuggewicht von 1000 t* zu rechnen (Jumbo-Jet B 747 heute: 365 t).

Der aus einer Unternehmervariante hervorgegangene *Gewölbequerschnitt* entspricht, wie der kritische Beobachter auf den ersten Blick erkennt, *nicht der bekannten Idealform* (Bild 1). Die Oberkante der Tunnelkonstruktion wird bestimmt durch die bestehenden Vorflutleitungen und Werkleitungskanäle. Wenn auch nach unten keine derartigen Randbedingungen bestehen, so erheischen dennoch die progressiv zunehmenden Kosten für die tiefere Baugrube eine Minimalisierung der Konstruktionshöhe.

Durch ein Aneinanderreihen von Bögen mit stark unterschiedlichen Radien konnte der Tunnelscheitel wesentlich abgesenkt und dennoch genügend Raum für die Fahrdrähtaufhängung geschaffen werden. Die Gewölbestärke schwankt zwischen 35 und 38 cm und nimmt im Widerlagerbereich als Übergang zur Bodenplatte auf total 70 cm zu. Die letzte hat eine variable Stärke von 90 bis 100 cm in der Mitte und etwa 70 cm bei den Wandeckpunkten. Alle 40 m sind beidseitig Sicherheitsnischen angeordnet. Der obere Teil des Gewölbes ist zum Schutz der Fahrleitungen mit einer *doppellagigen Bitumengewebeisolation* versehen, die bis über die horizontale Betonierfuge zwischen Wand und Gewölbe hinuntergeführt und dort wasserdicht an den Beton angeschlossen wurde.

Um möglichst wenig Arbeitsfugen im wasserdichten Beton der Bodenplatte zu erhalten, wurden die voutenförmigen Wandansätze in einem Arbeitsgang mit der Bodenplatte betoniert. In Tunnelängsrichtung wurde auf sich in kurzen Abständen folgende Dilatationsfugen verzichtet. Solche wurden nur bei der Losgrenze und beim Wechsel im

statischen Verhalten des Tunnelquerschnittes angeordnet, womit sich im südlichen Abschnitt ein mittlerer Abstand von 80 bis 120 m ergibt. Im setzungsempfindlichen Nordabschnitt sind die Dilatationsfugen identisch mit den alle 120 m angeordneten Schwind- und Setzungsfugen. Das Schliessen dieser 1 m breiten Fugen erfolgte erst nach gleichmässigem Wiedereinfüllen der Baugrube und abgeklungener Setzung.

und bestehende Überbauung, die zwei grundsätzlich verschiedenen Baugrubentypen. Das erste Teilstück von 350 m liegt in der Wallmoräne und das Trasse führt durch offenes Gelände, so dass die bis 12 m tiefe Baugrube mit abgebochten Wänden ausgeführt werden konnte (Bild 2). Aus Platzgründen musste der Tunnel auf etwa 200 m Länge innerhalb einer gespriessenen Baugrube ausgeführt werden. Die 12 m langen

den. Eine offene Baugrube war zwar zulässig, die verfügbare Breite jedoch beschränkt. Auch die Verwendung von Baugeräten unterlag strengen Bestimmungen: Im Sommer durften sie in dieser Zone höchstens um 4 m überragen, während solche Einragungen im Winterhalbjahr mit Rücksicht auf ein absolut störungsfreies Funktionieren der ILS-Anlage überhaupt untersagt waren (Bild 4). Aus diesem Grunde wurde vor-

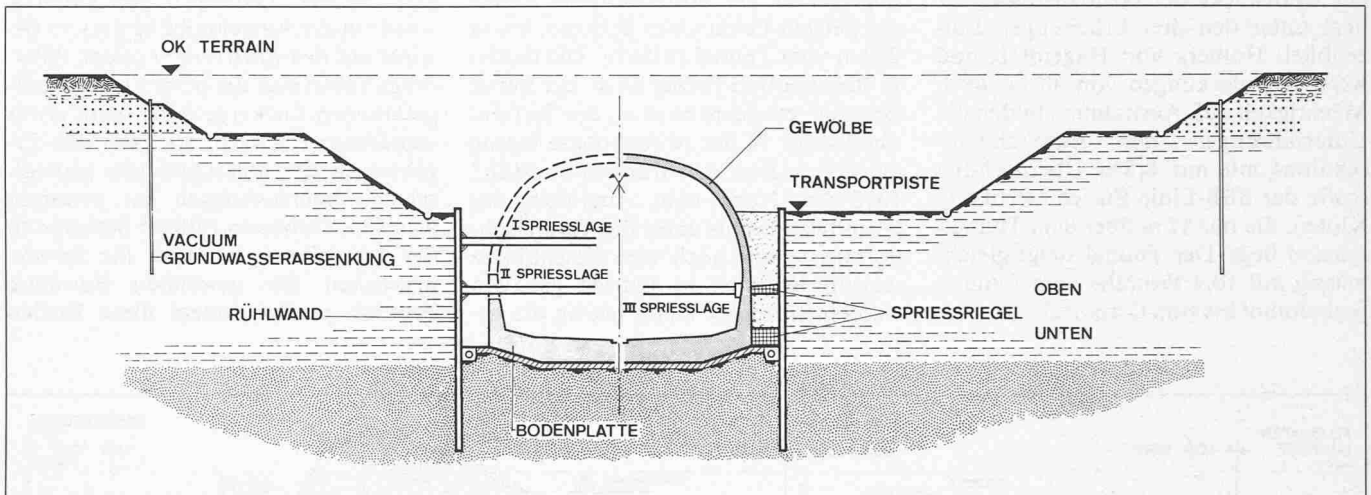


Bild 5. Quersprofil. Darstellung der Arbeitsphasen

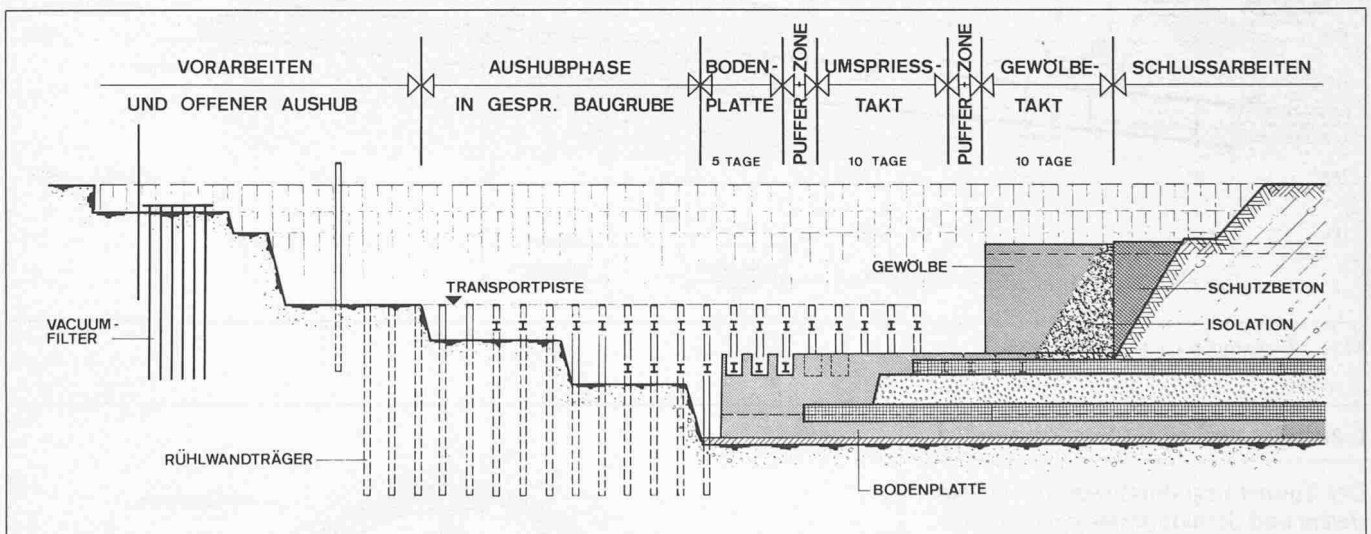


Bild 6. Arbeitstakte, im Längsprofil dargestellt

## Bauausführung

Die Einhaltung einer Vielzahl von Vorschriften, die vom Flugbetrieb und den dafür benötigten Einrichtungen diktiert wurden, ermöglichten es, den das Flughafenareal querenden Tunnel im Tagbau auszuführen. Sowohl aus geologischen wie aus arbeitstechnischen Gründen – eine Hälfte liegt innerhalb der Flughafenumzäunung – wurde der Tunnel in zwei Baulose unterteilt.

Beim südlichen Baulos bestimmten die äusseren Randbedingungen, Baugrund

Rührwandträger HEB 600 (Stahlprofile von 60 cm Höhe) wurden in Bohrlöcher versetzt. Die 13,20 m breite und 10,0 m tiefe Baugrube wurde mit Profilträgern HEB 300 ausgespriess, wobei die obere Spriesslage so hoch gesetzt wurde, dass das Gewölbe darunter erstellt werden konnte (Bild 3).

Das nördliche Baulos kam fast auf seiner ganzen Länge in schwierige Baugrundverhältnisse und in eine für die Instrumentenanlagen des Flugsicherungssystems empfindliche Zone zu liegen. Im Bereich der Antennen durften überhaupt keine Setzungen riskiert wer-

erst ein etwa 6 m tiefer Voraushub erstellt, in dem auch die Baustrasse lag. Darunter folgte die zwischen gespriessenen Rührwänden liegende Tunnelbaugrube. Der Arbeitsablauf erfolgte in einem Taktprogramm, das die Einhaltung der Randbedingungen gewährleistete. (Bilder 5+6) Für die Entwässerung der über den tonigen Silten liegenden Deckschichten wurde eine Vakuum-Grundwasserabsenkung installiert.

Jakob Hasenfratz, dipl. Ing. ETH  
Direktor. Locher & Cie AG, Zürich