

# Hagenholztunnel

Autor(en): **Andraskay, Ede**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

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

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

PDF erstellt am: **18.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74128>

## **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.

# Hagenholtunnel

Der östliche Abschnitt der Flughafenlinie zwischen dem Flughafenbahnhof und der Einmündung in die Klotener Linie bei der Gemeindegrenze Kloten/Bassersdorf umfasst den über 2,8 km langen Hagenholtunnel und rund 600 m offene Strecke. Der *bergmännisch*, in *Schildbauweise* erstellte Tunnel ist eines der Kernstücke der Neubaustrecke. Er liegt unter den drei Erhebungen Butzenbühl, Holberg und Hagenholz und weist Überdeckungen von 30 bis 45 m Mächtigkeit auf. Ausnahmen bilden die Unterführungen des Autobahneinschnittes mit nur 8,5 m Überdeckung sowie der SBB-Linie Zürich Oerlikon-Kloten, die nur 12 m über dem Tunnel-scheitel liegt. Der Tunnel steigt gleichmässig mit 10,4 Promille vom Flughafenbahnhof bis zum Ostportal.

rend des Vortriebes durch die durchlässigen Schotterpartien. Für die Absenkung des Grundwassers in den einzelnen Becken waren total 22 *gebohrte Filterbrunnen* von 90 bzw. 60 cm Aussendurchmesser erforderlich. Ein Teil dieser Brunnen wurde in 9 m Abstand von der Tunnelaxe abgeteuft. Andere lagen dagegen in gut durchlässigem Boden am tiefsten Punkt eines Beckens, bis zu 230 m vom Tunnel entfernt. Die mittlere Brunnentiefe betrug 45 m, der tiefste Brunnen erreichte 65 m ab der Terrainoberfläche. In der Absenkphase betrug die Ergiebigkeit der Brunnen im Mittel 1000 l/m. Nach dem Absenken des Grundwassers bis unter die Tunnelsohle, musste nur noch eine beschränkte Anzahl Brunnen in Betrieb gehalten werden. In dieser Phase betrug die ge-

förderte Wassermenge pro Brunnen in der Regel noch 60 bis 200 l/min.

## Bauweise und Normalprofil

Aufgrund der topographischen, geologischen und hydrologischen Verhältnisse wurde für den Tunnelvortrieb die Schildbauweise gewählt. In Anbetracht der zu unterfahrenden Verkehrsanlagen, Häuser, Leitungen und Öltanks, wurde in der Ausschreibung *grosses Gewicht auf den Brustverbau gelegt*. Allerdings haben sich die beim Vortrieb aufgefahrenden Lockergesteine dann etwas standfester erwiesen, als nach den Ergebnissen der umfangreichen geologischen Untersuchungen zu erwarten war. Das Auftreten rolliger Schotter an der Tunnelbrust hat aber die Zweckmässigkeit der gewählten Bauweise deutlich gezeigt, indem diese Partien

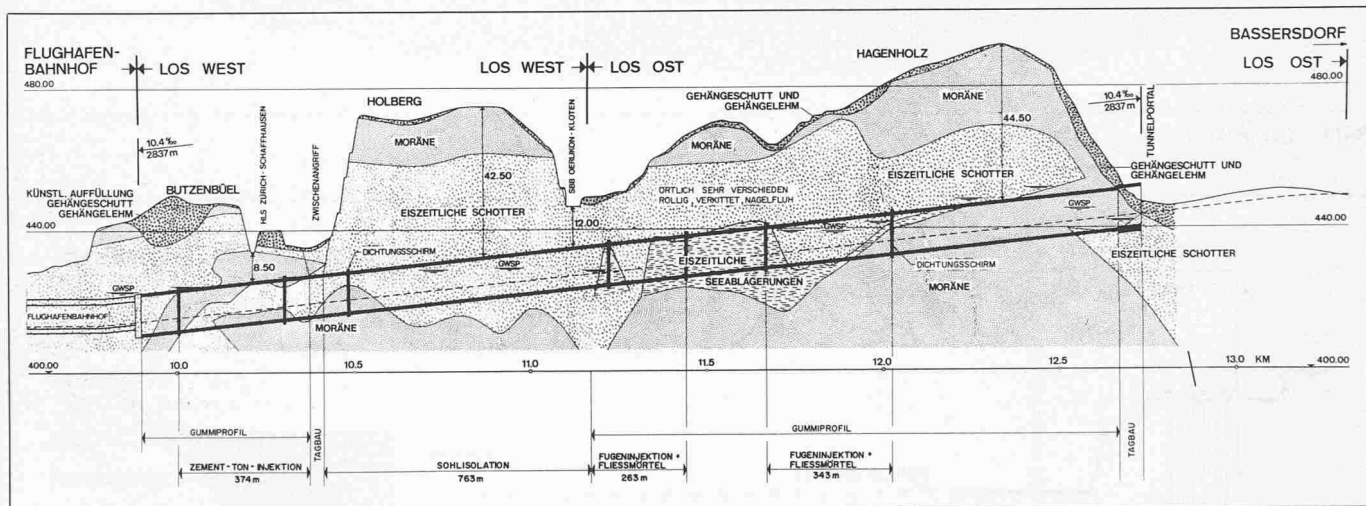


Bild 1. Geologisches Längenprofil

## Geologie und Hydrologie

Der Tunnel liegt durchwegs in *vorbela-stetem* und deshalb *festgelagertem Lockergestein*. Drei typische Lockergesteinsarten mussten durchfahren werden: *eiszeitliche Schotter*, *Moräne* und *eiszeitliche Seeablagerungen*. Eine untere Moräneschicht und die Seeablagerungen sind praktisch undurchlässig und weisen eine unregelmässige, hügelartige Oberfläche auf. Dadurch wird das Grundwasser in den darüber lagernden, wasserführenden Schottern in verschiedene, weitgehend voneinander unabhängige Becken getrennt. Die Grundwasserspiegel der einzelnen Becken liegen etwa 6 bis 14 m über der Tunnelsohle (Bild 1).

## Grundwasserabsenkung

Das *Hauptproblem* des Tunnelbauvorhabens lag bei der *Wasserhaltung* wäh-

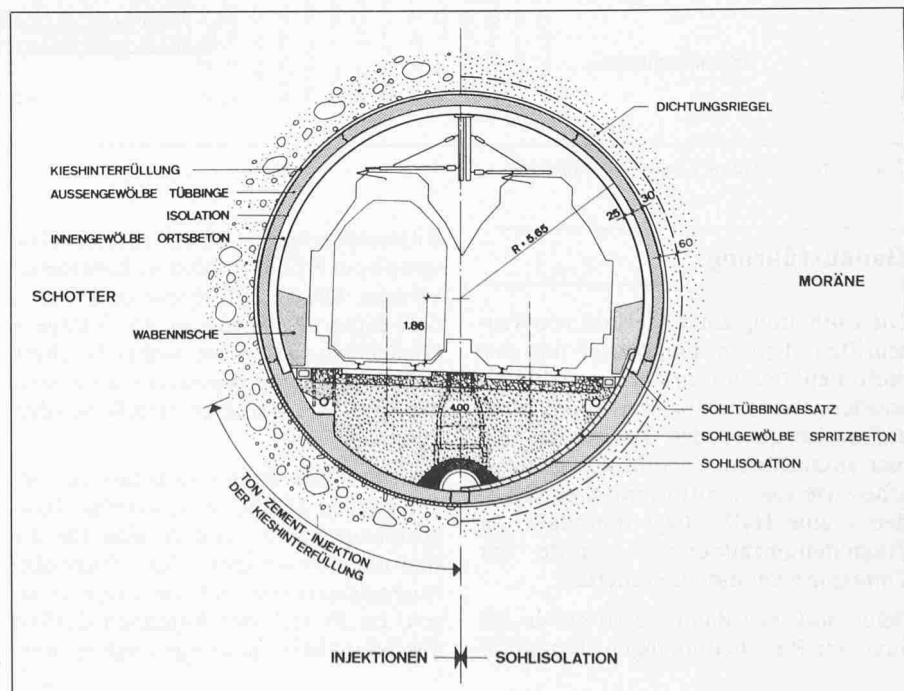


Bild 2. Normalprofil

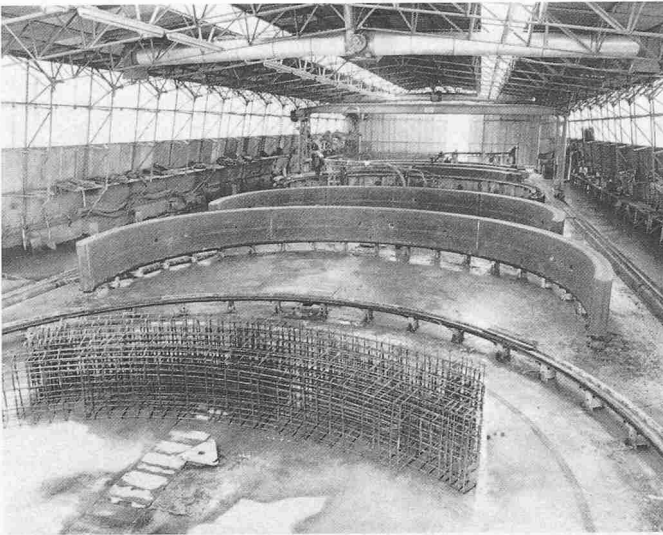


Bild 3. Los West. Fabrikation der Betontübbinge bei der Zwischenangriffsstelle

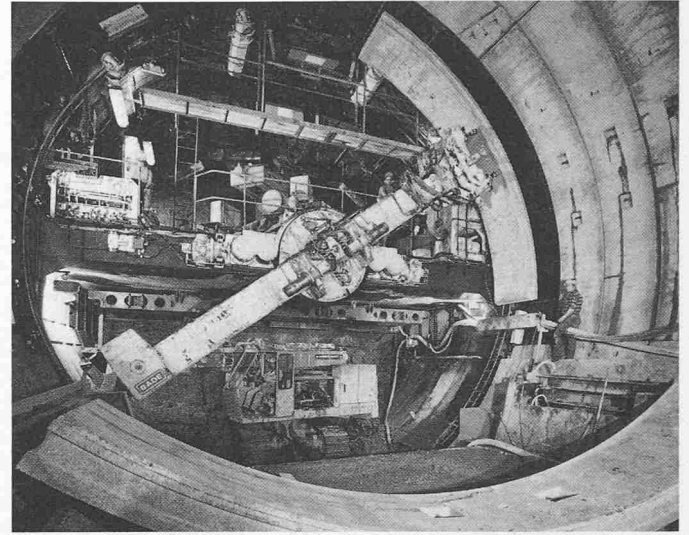


Bild 4. Los Ost. Versetzen eines Tübbingrings im Schutze des Vortriebschildes

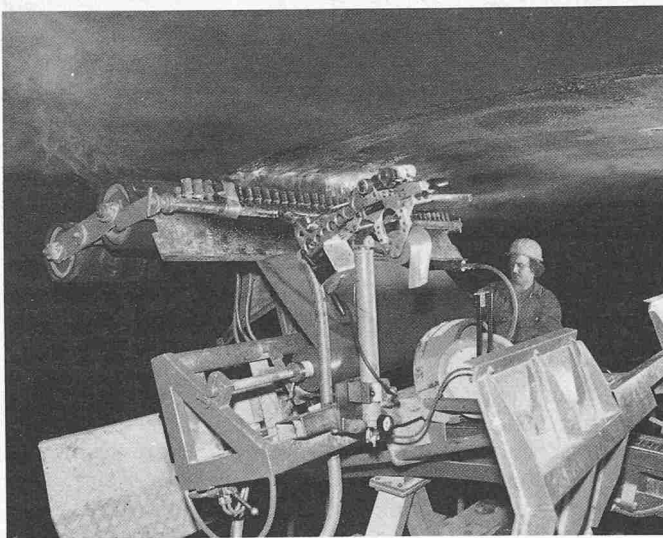


Bild 5. Los West. Aufkleben der Gewölbeisolation auf das Aussengewölbe



Bild 6. Los Ost. Schalwagen zum Betonieren des Innengewölbes nach dem Aufbringen der elastischen Isolation

mit dem Brustverbau gestützt werden konnten.

Dem Normalprofil für den Tunnel (Bild 2) wurde das für die Schildbauweise aus verschiedenen Gründen am besten geeignete Kreisprofil zugrunde gelegt. Der einzige Nachteil dieses Profils, der ungenützte Raum unter dem Bahnkörper, fiel beim Hagenholtunnel nur wenig ins Gewicht, weil die beim Tunnelausbruch angefallenen Schotter sich gut zur Auffüllung dieses Raumes eigneten. Bereits bei der Projektierung wurden für die Festlegung des Tunnelquerschnitts neben dem für Normalspurbahnen vorgeschriebenen Lichtraumprofil auch sämtliche Bauungenauigkeiten mitberücksichtigt: Vermessungsungenauigkeiten, Schildsteuerung, Deformation des Gewölbes usw. Daraus ergab sich für die Tunnelröhre ein Aussendurchmesser von 11,30 m.

Das Aussengewölbe des Tunnels besteht aus *vorfabrizierten Stahlbetonelementen*, sog. *Tübbing* (Bild 3), die im

Schutz des Vortriebsschildes zu einem Tübbingring zusammengesetzt werden (Bild 4). Die aneinandergefügte Tübbingringe bilden das Aussengewölbe und sichern den Tunnelhohlraum. Der zuletzt eingebaute Ring dient zugleich als Widerlager für die hydraulischen Pressen, mit denen der Schild vorgeschoben wird. Um den Fahrraum trocken zu halten, wird auf dem oberen, 30 cm starken Teil des Aussengewölbes eine elastische Isolation aufgebracht (Bild 5). Der Wasserdruck wird mit einem an Ort betonierten, 25 cm starken, unarmierten Innengewölbe aufgenommen (Bild 6).

### Bauausführung

Um die Bauzeit zu verkürzen, wurde der Hagenholtunnel in zwei *Baulose* unterteilt. Die umfangreichen Installationen für das 1280 m lange Los West konnten wegen den bereits laufenden

Arbeiten für den Flughafenbahnhof und das Parkhaus B nicht im Flughafenkopf untergebracht werden. Es wurde daher eine *Zwischenangriffsstelle* beim Autobahneinschnitt am Fusse des Holbergs eingerichtet (Bild 7). Von hier aus erfolgte der Vortrieb vorerst fallend in Richtung Flughafen. Die Baugrube des Bahnhofs wurde nach rund 500 m erreicht und der Schild hier demontiert. Er wurde zum Angriffsschacht zurücktransportiert, wieder montiert und der steigende Vortrieb in Richtung Losgrenze beim Bahneinschnitt von Kloten aufgenommen.

Das Baulos Ost umfasste den östlichen Teil des Hagenholtunnels von 1560 m Länge und rund 600 m offene Strecke bis zur Einmündung der Neubautrecke in die Basislinie bei der Gemeindegrenze Kloten/Bassersdorf. Nach dem Aushub eines Voreinschnittes wurden 65 m Tunnel im *Tagbau* erstellt. Dieses Tunnelstück diente als *Widerlager* für den Schildstart (Bild 8). Der Tunnel wurde fallend bis zur Losgrenze vorgetrieben.

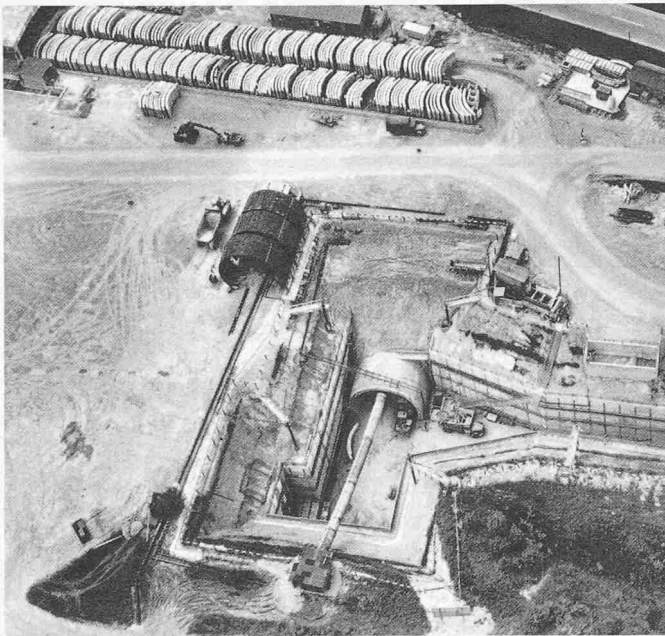


Bild 7. Los West. Zwischenangriffstelle. Der Tunnelvortrieb in Richtung Bahnhof Zürich Flughafen ist bereits im Gange. Am oberen Bildrand: Lagerplatz der Tunnelauskleidelemente (Tübbinge)

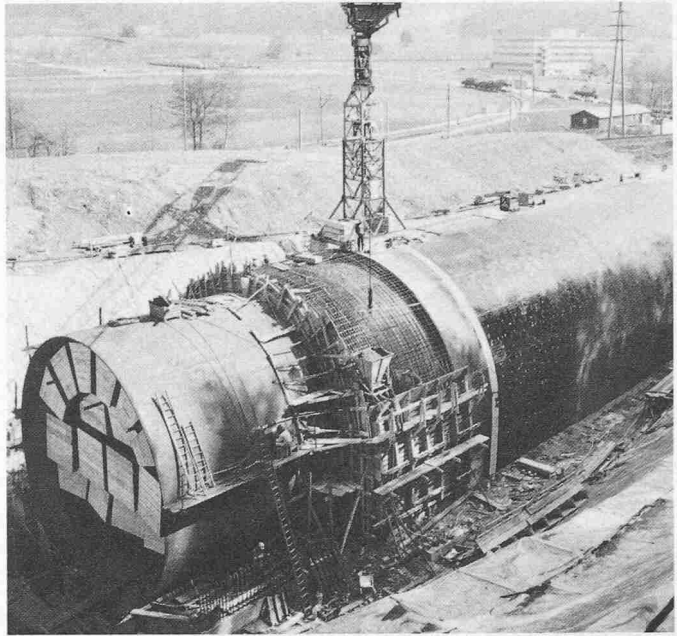


Bild 8. Los Ost. Im Tagbau erstelltes Tunnelstück mit fertig montiertem Vortriebsschild und ausgefahrenem Brustverbau

Der Tunnelvortrieb dauerte bei einer mittleren Vortriebsleistung von 3,5 m/Tag rund 22 Monate. Der Durchbruch des Tunnels erfolgte mit einem Vorsprung von fünf Monaten auf das Bauprogramm.

Massgebend für die Ausführung der *Tunneldichtung* war die Bedingung des Kant. Amtes für Gewässerschutz und Wasserbau, nach dem Bau des Hagenholztunnels den *ursprünglichen Wasserhaushalt wieder herzustellen* und insbesondere eine *Drainagewirkung zu vermeiden*. Um den Längsfluss entlang der Tunnelröhre zu verhindern, mussten die *natürlichen Barrieren* zwischen den einzelnen Grundwasserbecken *wieder hergestellt* werden. Im undurchlässigen Material dieser Barrieren wurden daher sog. *Dichtungsschirme* erstellt. Aufgrund der hydrologischen Verhältnisse waren entlang dem Tunnel sieben solche Dichtungsschirme erforderlich. Für jeden wurden in Abständen von etwa 10 m auf den vollen Umfang des Tunnelquerschnittes zwei konzentrische Schlitzte von etwa 40 cm Breite aus dem Aussengewölbe und bis 60 cm tief ins anstehende Material ausgebrochen und anschliessend ausbetoniert (*Dichtungsriegel*). Diese Massnahme ermöglichte es, den beim Schildvortrieb in den Hohlraum zwischen dem Tübbingring und dem Bergmaterial eingepressten Feinkies zwischen den beiden Dichtungsriegeln mit Zement auszuinjizieren. Die Drainage längs dem Tunnel konnte damit wirkungsvoll unterbunden werden.

Das *Gewölbe* über den Gleisen wurde entsprechend dem Normalprofil im Los West mit einer *Chloroprenfolie* von mindestens 1,5 mm Stärke isoliert (Bild 5). Im Los Ost wurde dazu eine 1,0 mm dicke *Hypalonfolie* verwendet.

Da das Eindringen von geringen Sickerwassermengen in die *Sohle* zulässig war, entschieden Bauherr und Bauleitung, die Tunnelsohle auf einfache und billige Art durch Einlegen von *Gummiprofilen* in die Tübbingfugen abzudichten.

Die während des Baues durchgeführten *Wiederanstiegsversuche* haben gezeigt, dass die Fugenabdichtung in den Sohl-tübbingden den Anforderungen jedoch nicht durchwegs genügte. Durch die hohen Vorschubkräfte beim Schildvortrieb traten *Verkantungen* und *Abplatzungen* bei den Tübbingfugen auf, die zu Wassereintritten führten. Es wurden daher im Bereich der Grundwasserbecken *zusätzliche Abdichtungsmassnahmen* beschlossen. Im grössten und wichtigsten Becken im Bereich des Holberges (Bild 1) wurde deshalb die Tunnelsohle mit einer Chloroprenfolie von 2 mm Stärke voll isoliert und zur Aufnahme des Wasserdruckes ein je nach Druckhöhe 12 oder 16 cm starkes Spritzbetongewölbe eingebaut (Bild 2).

In den übrigen Grundwasserbecken wurden entweder die in den Sohl-tübbingden vorhandenen Injektionskanäle ausinjiziert und die Tübbingfugen zusätzlich mit einem speziellen Fließmör-

tel ausgegossen (Baulos Ost). Im Bereich Butzenbüel des Bauloses West (siehe Bild 1) wurde die 5 bis 10 cm starke Kieshinterfüllung zwischen Tübingaussenkante und Ausbruchprofil mit einem Ton-Zement-Wasser-Gemisch ausinjiziert (Bild 2).

Mit diesen verschiedenen Dichtungsmassnahmen wurde der Wiederanstieg des Grundwassers auf die ursprüngliche Höhe durchwegs erreicht. Eine durchgehende Sohlisolation, wie sie im generellen Projekt vorgesehen war, hätte im Vergleich zur ausgeführten Lösung über 4,8 Mio Franken Mehraufwendungen zur Folge gehabt. Damit hat sich gezeigt, dass eine *stufenweise*, den hydrologischen Verhältnissen angepasste Bestimmung der Isolationsart Kosteneinsparungen ermöglicht.

Dank guter Zusammenarbeit zwischen Bauherrschaft, Bauleitung und Bauunternehmungen konnte der Kostenvoranschlag 1971 von 74,5 Mio Franken für den Hagenholztunnel, ohne Berücksichtigung der Teuerung, eingehalten werden. Die Mehrkosten von rund 11,8 Mio Franken oder 15,8 Prozent gegenüber den veranschlagten Baukosten wurden ausschliesslich durch die Bauteuerung 1972 bis 1979 verursacht.

Ede Andraskay, dipl. Ing. ETH,  
Basler und Hofmann, Ingenieure  
und Planer AG, Zürich