

Ausgewählte Projektierungsprobleme und ihre Lösungen bei der Ausführung des Hagenholztunnels

Autor(en): **Andraskay, Ede / Hagmann, Alfred / Hofmann, Ernst**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 20

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73371>

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.

geologische und hydrologische Untersuchungen brachten *äusserst wechselhafte Verhältnisse* zu Tage. Lockergesteine mit eiszeitlicher Vorbelastung wechseln ab mit solchen ohne Vorbelastung. Die eiszeitlichen Schotter des Hagenholzes, des Holbergs, des Butzenbüels sowie die Schotter und Sande des im Bau befindlichen Flughafenbahnhofs sind ausserdem *Grundwasserträger*. Die Flughafenlinie liegt in diesem Abschnitt teilweise oder ganz im Grundwasser. Lokale, meist voneinander unabhängige Wasserträger mit vorwiegend nur geringer Ergiebigkeit wurden aber auch in sämtlichen übrigen Formationen angetroffen. Die *vorbelasteten und nicht vorbelasteten tonigen Silte* (= *eiszeitliche und nacheiszeitliche Seeablagerungen*) waren *durchsetzt von sandigen wasserführenden Einschaltungen*. Die nicht vorbelasteten Silte waren häufig durchnässt.

Auf der ganzen Strecke, die 1980 in Betrieb kommen wird, sind heute die Arbeiten in vollem Gange. Fast in jedem Baulos wäre über hochinteressante bautechnische Probleme zu berichten. Es fehlt leider der Raum, bei dieser Gelegenheit im einzelnen darauf näher einzutreten. Die nachfolgenden Erläuterungen müssen sich deshalb auf den im Tagbau erstellten Flughafentunnel und den Tunnelbau unter dem Hagenholz beschränken, deren Lose von berufener Seite beschrieben werden. Diesen Ausführungen soll nicht vorgegriffen werden. Seitens der Bauherrschaft sei immerhin dankbar anerkannt, dass die Bauwerke bis zum heutigen Tag in bester Zusammenarbeit zwischen Projektverfassern, Bauleitungen, den beteiligten Arbeitsgemeinschaften und der Bauherrschaft haben gefördert werden dürfen und dass auch einige in der Sache harte Auseinandersetzungen nie in Frage zu stellen vermochten, dass sich hier ein Team, das sich im selben Schiff wusste, das Ziel gesteckt hatte, dieses Schiff gemeinsam und ohne Umwege zum andern Ufer zu steuern. Dafür sei allen Beteiligten auch an dieser Stelle gedankt.

Baukosten und Kostenträger

Die Neubaustrecke der Flughafenlinie (ohne die Anschlussstrecken West und Ost) wurden 1971 auf *285 Mio Franken veranschlagt*. Bevor dieser hohe Kredit freigegeben wurde, wurden seitens der SBB eingehende Wirtschaftlichkeitsberechnungen angestellt. Diese haben ergeben, dass die Flughafenlinie in den ersten Betriebsjahren, vor allem auch als Folge der hohen Bauzinsen noch nicht kostentragend sein wird und daher von den SBB nicht allein finanziert werden kann. Andererseits dient eine gute Erschliessung des Flughafens Zürich fast allen Landesteilen und insbesondere auch dem Kanton Zürich, nachdem die Strassenverbindungen zum Flughafen zum Teil heute schon überlastet sind. Die Bedeutung der Flughafenlinie rechtfertigt somit einen *einmaligen Beitrag der öffentlichen Hand von rund 40 Prozent der Investitionskosten*. Ende 1974 haben denn auch die *Eidg. Räte* einen Beitrag an die Flughafenlinie von *95 Mio Franken* und der *Zürcher Kantonsrat* einen solchen von *18 Mio Franken* bewilligt. Die SBB haben somit von den Gesamtkosten von rund 285 Mio Franken noch 172 Mio Franken selbst zu tragen.

Erfreulich ist vor allem die Feststellung, dass trotz des Preisstandes 1971 und trotz einiger notwendiger Projektergänzungen der *Kostenvoranschlag kaum um mehr als 8 Prozent überschritten werden wird* und dies bei einer *Bauzeit von 9 Jahren!* Selbstverständlich sind hier die Auswirkungen der Rezession – ausnahmsweise einmal positiv – deutlich zu spüren.

Mindestens ebenso erfreulich ist, dass das ursprüngliche Bauprogramm um ein Jahr gekürzt werden konnte. So wird der Flughafen Zürich-Kloten bereits ab Juni 1980 mit der Bahn erreicht werden können. Der Tag der Inbetriebnahme der neuen Linie wird für die SBB und den Flughafen Zürich in gleicher Weise ein bedeutungsvoller Schritt in die Zukunft sein.

Adresse des Verfassers: *H. R. Wächter*, dipl. Ing. ETH, Oberingenieur SBB, Kreis III, Kasernenstrasse 97, 8021 Zürich.

Ausgewählte Projektierungsprobleme und ihre Lösungen bei der Ausführung des Hagenholztunnels

Von *Ede Andraskay, Alfred Hagmann* und *Ernst Hofmann*, Zürich

Der 2,8 km lange, bergmännisch erstellte Hagenholztunnel bildet eines der Kernstücke der Flughafenlinie Zürich-Kloten, die den grössten Flughafen der Schweiz an das Schnellzugnetz der Schweizerischen Bundesbahnen anschliesst.

Bei seiner Planung wurde angestrebt, *möglichst wenig bebauten Gebiet in möglichst grosser Tiefe zu unterfahren*. Die gewählte Linienführung (Bild 1) unter den drei Erhebungen Butzenbüel, Holberg und Hagenholz ergibt Überdeckungen von 30 bis 45 m Mächtigkeit. Ausnahmen bilden die Unterführungen des Autobahneinschnittes, wo die Überlagerung nur 8,5 m beträgt, sowie der bestehenden SBB Linie Zürich-Kloten, die nur 12 m über dem Tunnelscheitel liegt (Bild 2).

Nach gründlicher Abklärung aller Gegebenheiten wurden die wesentlichen Bauprobleme wie Bauweise, Wasserhaltung, Bauvorgang usw. mit Varianten bis ins Detail bearbeitet. Zur Ausschreibung gelangte aber nur eine Lösung. Dagegen wurden die Unternehmer aufgefordert, entsprechend ihren Erfahrungen und vorhandenen Mitteln, eigene Varianten einzureichen. Zu diesem Zweck wurden ihnen die notwendigen Randbedingungen formuliert und sämtliche geologischen und hydrologischen Unterlagen zur Verfügung gestellt. In den «Gedanken des Projektverfassers» waren die Hintergründe der Entscheidungen zusammengefasst, die zur gewählten

Lösung geführt hatten. Somit konnten sich die Unternehmer bei der Suche nach eigenen Varianten auch auf die Vorarbeit des Projektverfassers stützen.

Die Projektierungsarbeiten für den Hagenholztunnel sind Ende 1970 angelaufen. Im April 1974 wurden die Bauarbeiten aufgenommen und drei Jahre später, im April 1977, erfolgte der Durchschlag des Tunnels. Die Flughafenlinie kann im Mai 1980 in Betrieb genommen werden.

Geologie, Hydrologie und Bauweise

Der Tunnel durchfährt *drei typische Lockergesteinsarten*, die *alle vorbelastet* und damit *dicht bis sehr dicht gelagert* sind: *eiszeitliche Schotter, Moräne* und *eiszeitliche Seeablagerungen*. Den *grössten Anteil* bilden die *eiszeitlichen Schotter*. Gerade sie lassen sich aber mit Bezug auf die Standfestigkeit beim Vortrieb von den drei Gesteinsarten am schlechtesten beurteilen, denn es ist nicht möglich, aus den Bohrlöchern ungestörte Proben zu entnehmen. Die Erfahrungen beim Heitersbergtunnel hatten gezeigt, dass sich auch vorbelastete Schotter beim Abbau dann rollig verhalten, wenn ihre Kornverteilung nicht ausgewogen ist, d.h. wenn eine Korngrösse stark überwiegt. Obschon die Bohruntersuchungen zeigten, dass die Schotter dort,

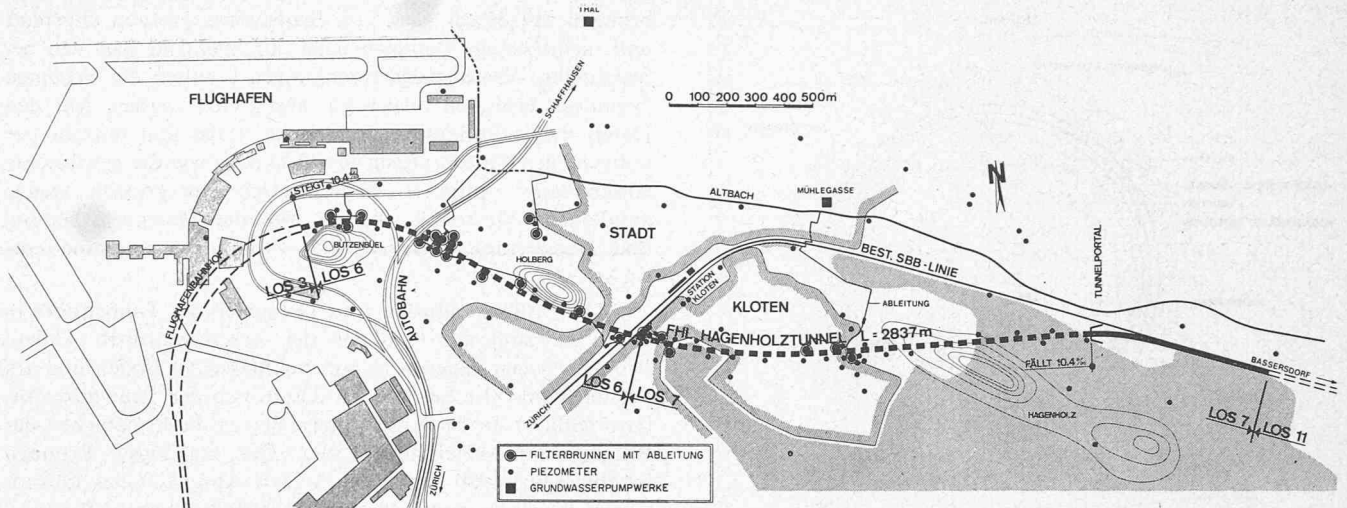


Bild 1. Situation mit Filterbrunnen und Piezometern für die Grundwasserabsenkung

wo die Moränenüberdeckung fehlt (Bild 2), teilweise verkittet sind, wurde ihre Standfestigkeit gesamthaft vorsichtig beurteilt.

Der Grundwasserspiegel liegt zwischen 6 m (min.) und 14 m (max.) über der projektierten Tunnelsohle. Pumpversuche zeigten Durchlässigkeiten von $k = 10^{-4}$ bis 10^{-3} m/s im Schotter und 10^{-6} m/s in der Moräne. Die Seeablagerungen sind praktisch undurchlässig. Das Hauptproblem dieses Tunnelbauvorhabens lag daher bei der Wasserhaltung während des Vortriebes durch die durchlässigen Schotterpartien. Überschlagsrechnungen ergaben, dass bei einem Tunnelvortrieb mit 30 bis 80 l/s Wasseranfall zu rechnen gewesen wäre, wodurch die Tunnelbauarbeiten ohne spezielle Wasserhaltungsmassnahmen praktisch zum Erliegen gekommen wären.

Aufgrund der topographischen, geologischen und hydrologischen Verhältnisse wurde die Schildbauweise gewählt. In Anbetracht der zu unterfahrenden Verkehrsträger, Häuser, verschiedenen Leitungen und Öltanks lag in der Ausschreibung grosses Gewicht auf dem notwendigen Brustverbau. Die aufgefahrenen Lockergesteine haben sich beim Vortrieb doch standfester verhalten als es die Projektverfasser aufgrund der geotechnischen Untersuchungsergebnisse erwartet hatten. Plötzliche Einbrüche rolliger Schotter haben aber die Zweckmässigkeit der Schildbauweise deutlich gezeigt. Besonders augenfällig haben sich ihre Vorteile dort erwiesen, wo rollige Schichten mit dem Brustverbau gestützt, währenddem gleichzeitig harte Bänke gesprengt werden mussten.

Um die Bauzeit zu verkürzen, wurde der Tunnel in zwei Lose aufgeteilt. Der Vortrieb erfolgte im Los 7 fallend von der Ostseite her. Eine Zwischenangriffsstelle im Los 6 bei

km 119,5 ermöglichte eine Entflechtung der Tunnelbaustelle von der intensiven Bautätigkeit im anschliessenden Flughafenbahnhof und dem damit verbundenen Mangel an Installationsplätzen.

Grundwasserabsenkung

Der Hagenholztunnel liegt im Grundwasserbecken Hard, das ungefähr 300 m nördlich des Tunnels an das Grundwasserbecken Kloten angrenzt. Die beiden Becken werden hydrogeologisch durch eine etwa SE-NW verlaufende Barriere aus Moränenmaterial und eiszeitlichen Seeablagerungen weitgehend getrennt. Da die Stadt Kloten ihr Grundwasser nutzt, stellte sich natürlich die entscheidende Frage, wie undurchlässig diese Barriere wirklich ist. Nach eingehenden Untersuchungen kam der Geologe zum Schluss, es sei nicht wahrscheinlich, dass sich eine vorübergehende Grundwasserabsenkung entlang des Hagenholztunnels auf die Ergiebigkeit der Grundwasserfassungen der Stadt Kloten auswirken würde.

Auf dieser Grundlage wurden folgende Wasserhaltungsmassnahmen studiert [1]:

- Vortrieb des Haupttunnels unter Druckluft,
- Absenkung des Grundwassers mit vertikalen Filterbrunnen und
- Absenkung des Grundwassers mit einem horizontalen Entwässerungstollen.

Der Vortrieb des Tunnels unter Druckluft erschien sehr problematisch wegen des grossen Überdruckes von 1 atü im Tunnelscheitel. Der deswegen zu erwartende Luftverlust und

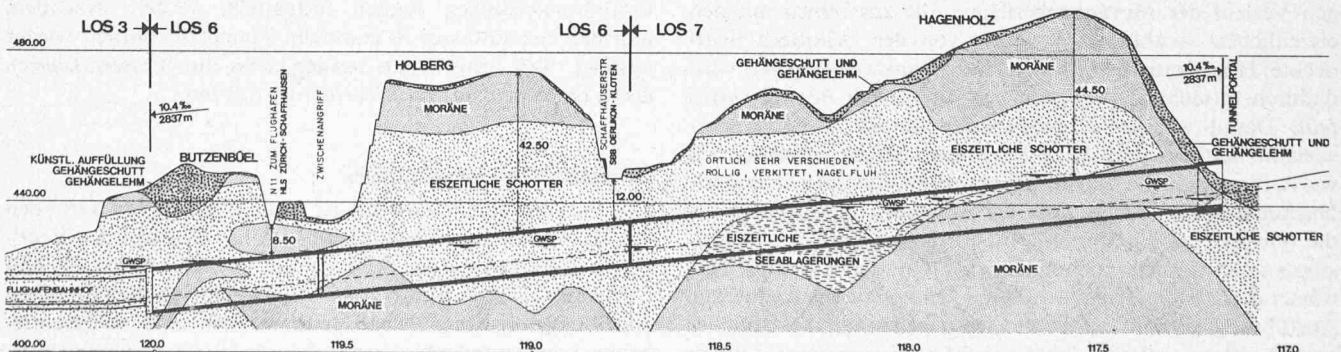


Bild 2. Geologisches Längensprofil

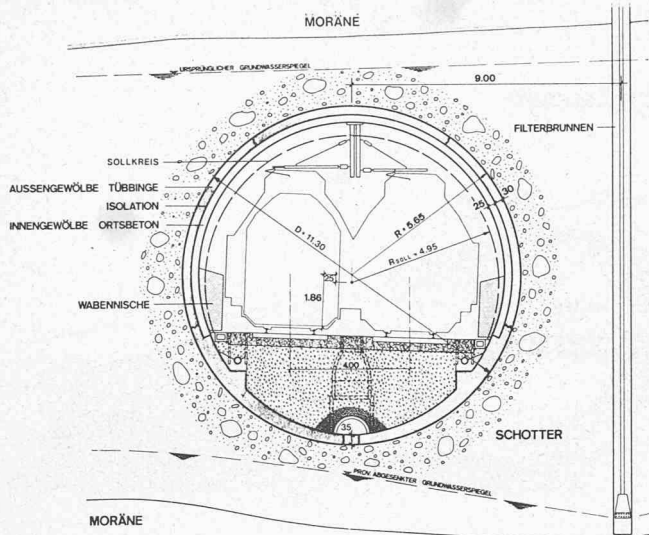


Bild 3. Normalprofil

das Risiko eines plötzlichen Ausblasens wurden im Bereich der porösen Schotter mit geringer Überlagerungshöhe als zu gross beurteilt. Die zweite Lösung wurde aus Kostengründen ausgeschieden, da man aufgrund der damaligen Kenntnisse über die Hydrogeologie des Gebietes mit paarweise angeordneten Kleinfilterbrunnen im Abstand von 20 bis 30 m entlang der ganzen Schotterstrecke rechnete. Zur Ausschreibung gelangte schliesslich ein vorgängig zu erstellender Entwässerungsstollen mit einem Querschnitt von 6 m². Der Vortrieb dieses lotrecht unter dem Bahntunnel angeordneten Stöllens war mit Druckluft vorgesehen.

Zur Überraschung des Projektverfassers und der Bauherrschaft wurde die Absenkung des Grundwassers mit vertikalen Grossfilterbrunnen als eine preislich ausserordentlich günstige Unternehmervariante angeboten. Aufgrund seiner durch Wasserhaltungserfahrungen im Flughafengebiet gewonnenen hydrologischen Kenntnisse, stützte der Unternehmer seinen Vorschlag auf die Annahme, dass der Grundwasserträger aus einzelnen, unabhängigen Becken bestehe. Durch Anordnen von Filterbrunnengruppen an den tiefsten Punkten würde es möglich sein, diese Becken bis unter die Tunnelsohle zu entleeren. Dabei rechnete er also mit einem instationären Absenkvorgang, d.h. mit abnehmenden Wassermengen während der Entleerung der Becken und nachfolgend mit geringen Entnahmemengen, um den Wasserspiegel im abgesenkten Zustand halten zu können. Er wies dazu einen Bedarf von ca. 40 grosskalibrigen Filterbrunnen von 90 bzw. 60 cm Aussen Durchmesser aus.

Während der Zeit der Ausschreibung und des Offertvergleiches wurden die geologischen und hydrologischen Untersuchungen weitergeführt. Sie zeigten einen sehr unregelmässigen Verlauf der Moränenoberfläche, die zusammen mit den eiszeitlichen Seeablagerungen eine von den Schottern überdeckte Hügellandschaft bildet. Der Grundwasserträger wird dadurch tatsächlich gegliedert und in einzelne Becken aufgeteilt. Damit war die Voraussetzung für die Unternehmervariante bestätigt. Die Anzahl der notwendigen Filterbrunnen wurde für verschiedene hydrogeologische Annahmen berechnet. Nachdem es sich zeigte, dass die zu erwartenden Kosten für die offerierte Absenkung mit Filterbrunnen auch bei ungünstigsten Annahmen noch unter den Offerten für den Entwässerungsstollen lagen, wurde die Unternehmervariante zur Ausführung gewählt. Um mit einem Minimum an Brunnen auszukommen, ist man dabei wie folgt vorgegangen: Zeitlich gestaffelt wurden an ausgesuchten Stellen einzelne Filter-

brunnen mit einem Netz von Beobachtungsrohren abgeteufelt und mehrwöchige Pumpversuche durchgeführt. Aus den beobachteten Wasserspiegelabsenkungen konnten die einzelnen Grundwasserbecken relativ gut abgegrenzt werden. Mit den Daten dieser Pumpversuche wurden Lage und Anzahl der notwendigen Filterbrunnen pro Becken sowie die gewünschte Absenkdauer optimiert. In Anbetracht der grossen Menge anfallender Messdaten wurden für die Datenverarbeitung und Auswertung entsprechende Computerprogramme entwickelt.

Die Brunnen wurden zum Teil neben der Tunnelröhre in einem Abstand von 9 m von der Axe angeordnet. Andere Brunnen liegen dagegen in gut durchlässigem Boden und am tiefsten Punkt des Beckens bis 230 m von der Tunnelaxe entfernt (Bild 1). In der Absenkphase betrug die Ergiebigkeit der Brunnen im Mittel 1000 l/min. Der ergiebigste Brunnen brachte über 4000 l/min. Nach dem Absenken des Grundwasserspiegels musste nur eine beschränkte Anzahl Brunnen in Betrieb gehalten werden. In dieser Phase betrug die geförderte Wassermenge pro Brunnen in der Regel 60 bis 200 l/min.

Wie erfolgreich diese Absenkung war, zeigte sich beim Auffahren des Tunnels: Im Los 6 wurde beim Vortrieb entweder kein Wasser, oder dann nur unbedeutende Mengen angetroffen, welche die Tunnelbauarbeiten in keiner Weise behinderten. Im Los 7 wurde die Moränenstrecke ohne vorgängige Absenkungsmassnahmen aufgefahren. Durch den fallenden Tunnelvortrieb mussten nur gelegentlich kleine Behinderungen in Kauf genommen werden. Die total anfallende Wassermenge vorne im Schild betrug an 86% der Vortriebstage weniger als 5 l/s und an 13% der Vortriebstage zwischen 5 und 15 l/s. In den Schotterstrecken wurden zwei grössere Pumpensümpfe von der Tunnelsohle aus auf ca. 2 m Tiefe abgeteufelt. Der einzige grössere Wasserandrang trat in einem zu spät entdeckten und damit zu wenig entwässerten Schottereinschluss auf. An dieser Stelle betrug die Wassermenge während einigen Tagen zwischen 25 bis 30 l/s.

Der zeitlich gestaffelte Bau der Filterbrunnen erwies sich als sehr kostensparend. Das 1300 m lange Los 6 konnte auf diese Weise mit nur 16 Brunnen entwässert werden. Der Grundwasserspiegel der Schotterstrecke im Los 7 wurde mit 6 Brunnen abgesenkt. Von den vorgesehenen 40 Brunnen mussten nur 20 gebaut werden; 2 Brunnen, die für frühere Pumpversuche erstellt worden waren, wurden reaktiviert. Die mittlere Brunnenlänge betrug 45 m, der längste Brunnen ist 65 m tief. Mit dem beschriebenen Vorgehen konnten Einsparungen an Wasserhaltungskosten von ca. 1,0 Mio. Franken oder von ca. 30% der Vertragssumme erzielt werden.

Ein Netz von rund 130 Piezometern (Bild 1) diente zur Kontrolle der erzielten Absenkung entlang des Tunnelvortriebes sowie der grossräumigen Überwachung des Grundwasserverhaltens. Damit konnten das natürliche Feldverhalten, Fremdeinflüsse und mögliche Auswirkungen auf das Grundwasserbecken Kloten festgestellt werden. Nachdem nun das Grundwasser in einzelnen Tunnelabschnitten wieder ansteigt, darf festgehalten werden, dass die Wasserfassungen durch die Absenkung nicht beeinflusst wurden.

Gestaltung des Normalprofils

Für die Schildbauweise ist aus verschiedenen Gründen das Kreisprofil zweckmässig. Der einzige Nachteil des Kreisprofils: der ungenützte Raum unter der Gleisebene fiel hier wenig ins Gewicht, weil sich die abgebauten Schotter zu dessen Auffüllung eigneten. Neben dem von den SBB vorgeschriebenen Lichtraumprofil wurden bereits in der Projektierungsphase sämtliche Bauungenauigkeiten wie Vermessungsfehler

Schildsteuerung, Deformationen des Gewölbes usw. berücksichtigt [2]. Dies ergab einen Aussendurchmesser der Tunnelröhre von 11,30 m (Bild 3).

Das *Aussengewölbe* besteht aus *vorfabrizierten Betonelementen*. Die 5 (Los 6) bzw. 6 (Los 7) Elemente bilden mit dem Schlussstein zusammen den sogenannten *Tübbingring*. Er *sichert den Hohlraum* und dient zugleich als *Widerlager beim Vorschieben des Schildes*. Die Stärke des Ringes von 30 cm war nötig, um die grossen Vorschubkräfte von 5000 bis 7500 t aufnehmen zu können. Bei solch grossen Schildkräften ist die konstruktive *Gestaltung der Ringfugen* ein ganz besonderes Problem [3]. Den unterschiedlichen Überlagerungen wurde mit entsprechend verschiedenen Armierungsgehalten Rechnung getragen.

Um den Fahrraum trocken zu halten, ist der *obere Teil des Tunnels isoliert*. Im Los 6 kam eine *Chloroprenfolie*, im Los 7 eine *Hypalonfolie* zur Anwendung. Der Wasserdruck kann mit dem 25 cm starken, unarmierten Innengewölbe aufgenommen werden. Im Bereich der Sohle wurden spezielle Fugendichtungen angebracht. Eine vollflächige Sohlisolation wird nur im Schotterbereich des Hohlberges ausgeführt.

Zum Schutze des für die Streckenkontrolle und den Unterhalt zuständigen Bahnpersonals wurden seitliche Sicherheitsräume – sogenannte *Wabennischen* – angebracht. Damit entfallen die für die Schildbauweise ungeeigneten seitlichen Nischen, die in Eisenbahntunnels üblicherweise alle 30 m angeordnet werden.

Unterfahren von Verkehrsträgern bei geringer Überlagerung

Im Zuge des Tunnelvortriebes mussten *drei Autobahnäste*, darunter der Zubringer zum Flughafen, *drei weitere Strassen in der Stadt Kloten*, sowie *vier Gleise beim Bahnhof Kloten* unterfahren werden. Die geringste Überdeckung vom Tunnelscheitel bis zum Strassenbelag betrug nur 8,5 m und vom Tunnelscheitel zu den Gleisen 12 m (Bild 2), also ungefähr die Grösse des Tunneldurchmessers. Im Strassenkörper befanden sich meistens noch verschiedene Wasser-, Hochspannungs- und Kanalisationsleitungen. Da der Verkehr sowohl auf der Strasse wie auf der Schiene nur im äussersten Notfall umgeleitet werden konnte, wurden vor Inangriffnahme der Unterfahrungen verschiedene Stufen von Massnahmen definiert. Als Kriterien zur Auslösung der jeweiligen Massnahme dienten beispielsweise die Grösse der gemessenen Setzungen, das Verhalten der Tunnelbrust, die Grösse der Niederbrüche usw. Vorkehrungen wurden im Tunnel wie an der Geländeoberfläche getroffen. So wurde zum Beispiel bei den Autobahnen die Signalisation für die Umleitungen aufgestellt und zugedeckt. Damit wäre es im Notfall möglich gewesen, die Umleitung in weniger als einer Stunde in Betrieb zu nehmen. Vor der Unterquerung der Gleise wurden Fahrpläne für Umleitungen ausgearbeitet. Im Tunnel waren die notwendigen Zusatzgeräte bereitgestellt, die Belegschaft wurde eingehend über die geplanten Massnahmen und ihre Auslösung orientiert und die Vortriebsarbeiten genau überwacht.

Für die *Unterfahrungen* wurde der *Brustverbau* verwendet. Vereinzelt mussten die rolligen Partien mit zusätzlichen Brustinjektionen verfestigt werden. Dank dem sorgfältigen Vorgehen und den relativ guten Gesteinsverhältnissen sind bei allen sieben Unterfahrungen an der Geländeoberfläche *keine Setzungen über 2 mm* aufgetreten. Damit erübrigten sich Umleitungen. Eine nachträgliche Kontrolle der verschiedenen Leitungen ergab, dass die *Unterfahrung der Verkehrsträger ohne Schaden* gelungen ist.

Kosten

Im Jahre 1971 wurde für den Rohbau des Hagenholztunnels 80 Mio. Franken voranschlagt. Ähnlich wie beim Heitersbergtunnel der SBB werden die Endkosten ohne Teuerung innerhalb des Kostenvoranschlages liegen. Die teuerungsbedingten Mehrkosten werden für die Periode von 1971 bis zum Abschluss der Rohbauarbeiten im Jahre 1978 rund 18% betragen.

Um auch bei Untertagebauten den Kostenvoranschlag einhalten zu können, sind nach Auffassung des Projektverfassers folgende Voraussetzungen wesentlich: Es lohnt sich nicht, bei den für die geotechnischen Untersuchungen notwendigen Krediten zu sparen. Es lohnt sich dagegen sehr, die Submissionsunterlagen so sorgfältig wie nur möglich vorzubereiten und die dazu bereits notwendigen Detailprojektierungsarbeiten nicht zu scheuen. Es macht sich bezahlt, dem Unternehmer vernünftige Vertragsbedingungen zu stellen, dann aber bei der Ausführung mit der notwendigen Härte dafür zu sorgen, dass sie tatsächlich auch eingehalten werden. Sowohl die Unternehmung als auch die Bauleitung müssen mit den vorgesehenen Ausführungsmethoden – sei es durch frühere Erfahrungen oder durch gründliches Vorstudium – vertraut sein.

Das Projektierungsteam

Das generelle Projekt der Flughafenlinie wurde von der Firma Locher & Co. AG, Zürich, bearbeitet. Die daran anschliessenden Projektierungsarbeiten für den Hagenholztunnel lagen in den Händen folgender Büros:

Basler & Hofmann AG, Ingenieure und Planer, Zürich	Bauprojekt, Detailprojekt und örtliche Bauleitung
Dr. A. von Moos, Geotechnisches Büro, Zürich	Geologische Untersuchungen und geologische Beratung
Studienbüro Werner, Burgdorf	Hydrologische Untersuchungen und hydrologische Beratung
Vermessungsbüro Kasper, Kloten	Tunnelvermessung

Literaturverzeichnis

- [1] Hofmann, E.: «Wasserhaltungsprobleme beim Hagenholztunnel». Vortrag, Mai 1974, an der Frühjahrstagung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik.
- [2] Andraskay, E.: «Vermessung im modernen Tunnelvortrieb. Bauungenauigkeiten beim Schild- bzw. Fräsvortrieb», Vortrag, Oktober 1976, VII. Internationaler Kurs für Ingenieurmessungen hoher Präzision, Darmstadt. Erscheint demnächst in Schweiz. Bauzeitung.
- [3] Andraskay, E., Hofmann, E., Jemelka, P.: «Berechnung der Stahlbetontübbinge für den Heitersbergtunnel Los West». Schweiz. Bauzeitung, Heft 36, 1972.

Adresse des Verfassers: E. Andraskay, dipl. Ing. ETH, Dr. A. Hagmann, dipl. Ing. ETH, E. Hofmann, dipl. Ing. ETH, in Firma Basler & Hofmann AG, Ingenieure und Planer, Forchstrasse 395, 8029 Zürich.