

# Bauausführung des Gubristtunnels

Autor(en): **Ritz, Willy / Schmid, Leonhard R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 23

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75804>

## **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.

lagen, zusätzlich alle 50 m batteriebetriebene Glühlampen.

## Bauprogramm und Kosten

Die Ausschreibung der ersten Vorarbeiten begann im April 1977. 1978 wurde der Voreinschnitt Regensdorf erstellt. Der grösste Bauauftrag, die Untertagebaustrecke, konnte im Januar 1979 ver-

geben werden. Der Tunnelvortrieb begann im Februar 1980, und der Durchschlag der zweiten Röhre erfolgte im Oktober 1982. Das Schwergewicht der Bauarbeiten verlagerte sich nun auf die Tagbaustrecken, die Lüftungszentralen und den Innenausbau. 1984 und Anfang 1985 folgten die umfangreichen elektromechanischen Anlagen. Die gesamten Anlagekosten einschliesslich Landerwerb sowie Projekt- und Bauleitung werden rund 260 Mio. Franken betragen.

Es ist sicher erwähnenswert, dass im Falle des Gubristtunnels dank dem Einsatz und dem Ideenreichtum aller Beteiligten die Kostenvoranschläge und Termine nicht nur eingehalten, sondern teilweise auch deutlich unterschritten werden konnten.

Adresse des Verfassers: A. Schmid, dipl. Bauing. ETH, c/o Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8022 Zürich.

# Bauausführung des Gubristtunnels

Von Willy Ritz und Leonhard R. Schmid, Zürich

Die Geologie der oberen Süsswassermolasse und ihr bautechnisches Verhalten ist im Raume Zürich aus zahlreichen Bauten hinreichend bekannt. Sie ist für Untertagebauer als Gebräch mit Variationen einzustufen. Die Erfahrungen beim Vortrieb des Heitersbergtunnels lehrten, dass eine Tunnelbohrmaschine ohne mechanisierten Einbau der Gebirgsstützung in Tunnels dieser Grössenordnung nicht ihrer möglichen Abbauleistung entsprechend eingesetzt werden kann. Diese Erkenntnis führte zu einer totalen Mechanisierung aller Tätigkeiten einschliesslich der Gebirgssicherung. Die Konstruktion einer Schildvortriebsmaschine mit Betontübbing war die konsequente Folgerung dieser Erfahrung. Die Richtigkeit dieses Gedankens zeigte sich im Laufe des Vortriebes mit aller Deutlichkeit.

## Randbedingungen

Kreisförmige Tunnelprofile haben geometrisch bedingt gegenüber den Hufeisen- oder Maulprofilen eine sehr schmale Basis als mögliche Verkehrsebene. Der hohe Mechanisierungsgrad der Vortriebsausrüstung ermöglicht Leistungen, die sich nur auf einer optimalen Verkehrsebene bewerkstelligen liessen. Die mittleren Fahrzeugbewegungen im beliebigen Messquerschnitt betragen 50 bis 60 Grosslastwageneinheiten.

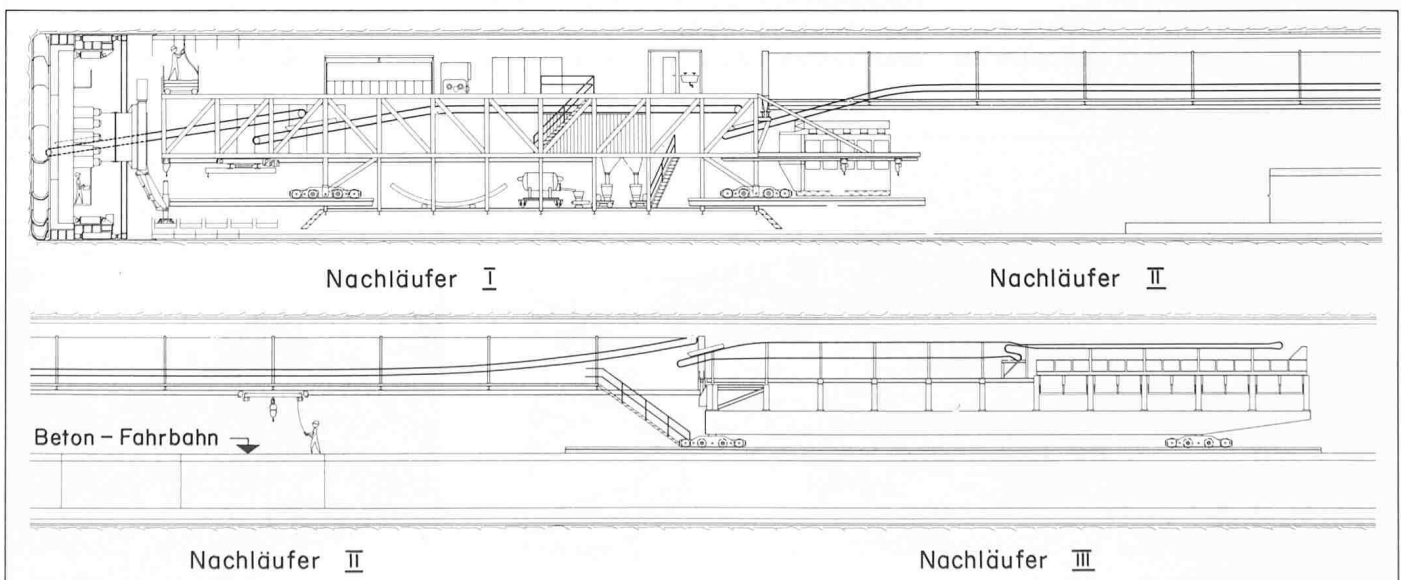
Diese für Tunnelbauten hohe Verkehrsdichte brachte eine entsprechende Belastung der Tunnelatmosphäre mit motorischen Schadstoffen mit sich, die mit einer maximalen Frischluftmenge von 100 m<sup>3</sup>/s zu verdünnen war. Für solche Luftmengen sind Luttenstränge wenig geeignet, vielmehr bieten sich dafür die Luftkanäle des endgültigen Bauwerkes an. Aus diesen Gründen entschloss sich die Arbeitsgemeinschaft, die Arbeitsabläufe Ausbruch und Felsicherung einerseits und die Erstellung der Fahrbahn im Vortriebsbereich andererseits zu verflechten. Damit wurde

die kombinierte Betriebsweise – Ausbruch und Sicherung mit rückgestaffelter Fahrbahn, SOS-Nischen, Abdichtung und Innengewölbe – sichergestellt.

## Ausbruch und Sicherung

Das Kreisprofil mit einem Ausbruchdurchmesser von 11,50 m und einer Ausbruchfläche von 103,87 m<sup>2</sup> wurde mit einer Vollschnittfräse, Typ Robbins Modell 352-128, ausgebrochen. Es handelte sich dabei um die gleiche Maschine, welche in den Jahren 1970 bis 1972 das Ostlos des SBB-Heitersbergtunnels mit einem Ausbruchdurchmesser von 10,60 m aufgefahren hatte. Allerdings kam im Gubristtunnel erstmalig in der Schweiz eine Vollschnittfräse in Kombination mit einem Schild zum Einsatz. Unseres Wissens auch erstmals in der Geschichte des Tunnelbaus wurde die definitive Betonfahrbahn in einem kreisrunden Profil bis in den Vortriebsbereich mitgezogen. Die Verknüpfung der Arbeitsvorgänge Ausbruch, Siche-

Bild 1. Längsschnitt des Vortriebs



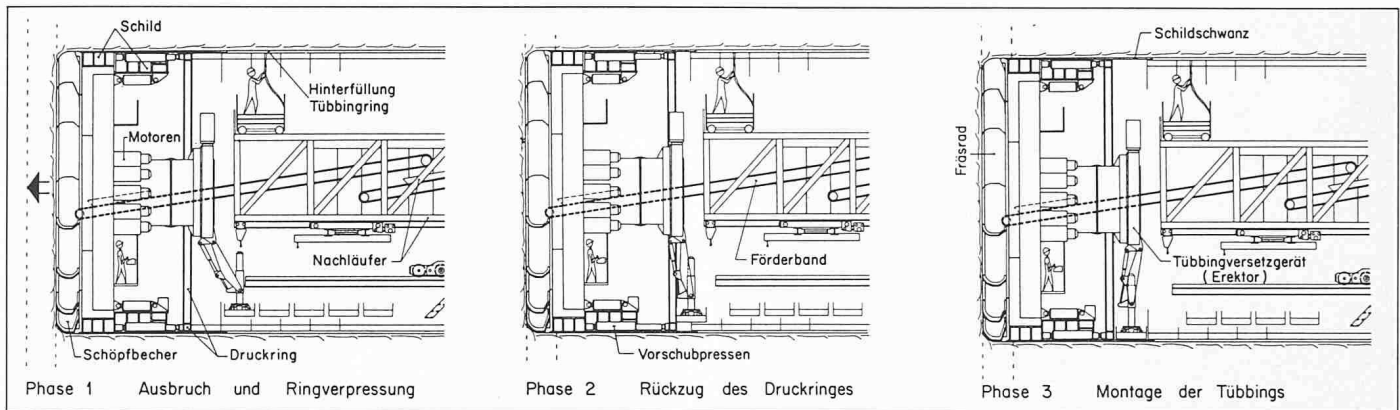


Bild 2. Bauvorgänge im Vortrieb

zung mit einem Tübbinginnenring und Betonierung der Fahrbahn führte zu einer Vortriebseinrichtung mit einer Gesamtlänge von ungefähr 150 m (Bild 1). Die Hauptelemente dieser Einrichtung waren die Vollschnittfräse, die Schildkonstruktion mit der Lagerung der Fräse einschliesslich der Vorschubzylinder und eines Druckrings, die Versetzeinrichtung für Tübbings (Erektor) und die dreiteilige Nachlaufkonstruktion.

Für das Anfahren der jeweiligen Tunnelröhre wurde sowohl im Voreinschnitt Seite Regensdorf wie in jenem Seite Weiningen ein massiver Startbock benötigt. Dieser musste so bemessen und verankert sein, dass er die horizontalen Vorschubkräfte von 1500 bis 2000 t aufzunehmen in der Lage war. Auf der Weingerseite konnte dieser Startbock in die Portalkonstruktion integriert werden, während er auf der Regensdorferseite später wieder abgebrochen wurde.

Der Ausbruch und der Einbau der Felsicherung lassen sich in drei Phasen gliedern (Bild 2).

### Phase 1: Ausbruch und Ringverpressung

Das im Schild gelagerte Fräsrads wurde

von zehn Elektromotoren mit je 100 PS Leistung angetrieben und drehte mit ungefähr zwei Umdrehungen pro Minute. Die 72 auf diesem Fräsrads montierten Rollenmeissel mit einem Durchmesser von 13" rollten durch die Rotation auf dem anstehenden Fels ab (Bild 3).

Den ständigen Anpressdruck auf diese Meissel erzeugten vier zwischen Schild und Fräskopf angebrachte hydraulische Pressen. Um das Hauptlager vor unkontrollierbaren Drücken zu schützen, waren diese auf eine Presskraft von 605 t abgesichert. Der theoretische mittlere Anpressdruck pro Rolle betrug somit 8,4 t, wobei Spitzenbelastungen pro Rolle ein Vielfaches dieses Wertes ausmachen konnten. 25 im Schild montierte hydraulische Pressen stützten sich über einen Druckring gegen die eingebaute Tübbingröhre ab und drückten den Schild und mit diesem auch das Fräsrads nach vorne. Sie konnten eine Vorschubkraft von 3000 t erzeugen.

Das durch die Rollenmeissel gelöste Gebirge wurde von den an der Peripherie des Fräsrades befestigten Schöpfbechern aufgenommen, über Förderbänder rund 140 m rückwärts in Pneufahrzeuge gefördert und mit diesen abtransportiert. Bei einer Penetration (Ein-

dringtiefe des Rollenmeissels) von 12 mm pro Umdrehung ergab dies einen Materialanfall von über 200 m<sup>3</sup> (lose) pro Stunde. Während dieser Ausbruchphase glitt der Schild um eine Vorschublänge von 1,20 m nach vorne. Der sich vorwärtsbewegende Schildschwanz gab dabei den Raum zwischen dem eingebauten Tübbingring und dem Gebirge frei. Um Setzungen des Gebirges und Verschiebungen des Tübbingrings zu vermeiden, wurde dieser Hohlraum kontinuierlich im Sohlenteil mit Mörtel, seitlich und oben mit Perlkies (Körnung 4 bis 8 mm) verfüllt.

### Phase 2: Rückzug des Druckrings

Nach Abschluss des Vortriebs um eine Tübbingringlänge von 1,20 m wurden Vorschubpressen und Druckring eingezogen; im Schildschwanz wurde der Raum für den neu einzubauenden Tübbingring frei.

### Phase 3: Montage der Tübbings

Die sechsteiligen Tübbingringe mit Schlussstein bilden gleichzeitig die Felsicherung und die äussere Verkleidung. Im Schutz des Schildmantels wurden die einzelnen Betonelemente mit einem Versetzgerät präzise zu einem Ring eingebaut (Bilder 4 und 5). Die

Bild 3. Fräsrads von vorne beim Durchschlag der ersten Tunnelröhre am 15. Juli 1981

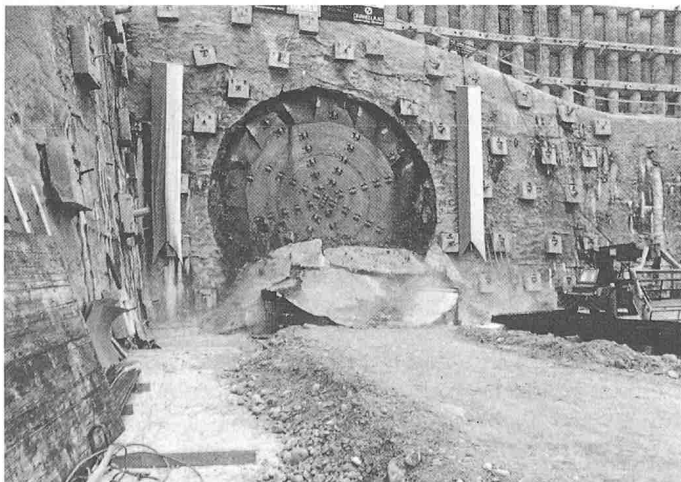
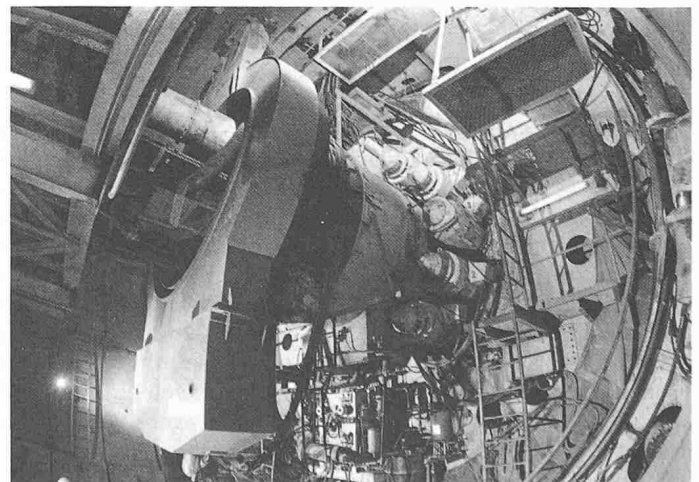


Bild 4. Ansicht der Fräse mit Tübbingerektor im Schild



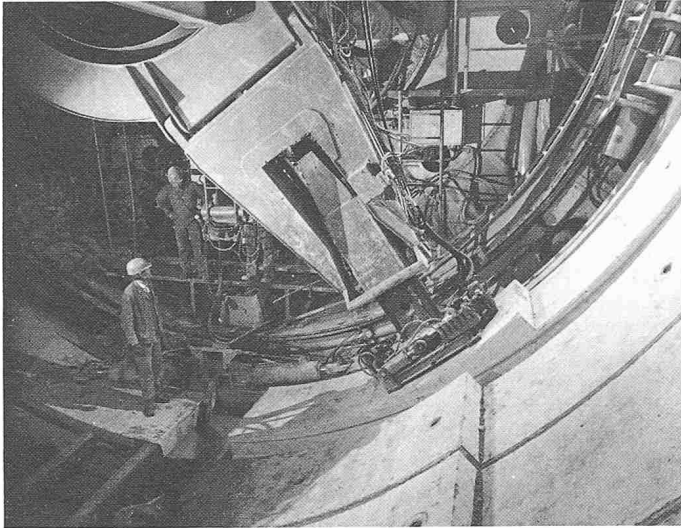


Bild 5. Versetzen eines Tübbingrings

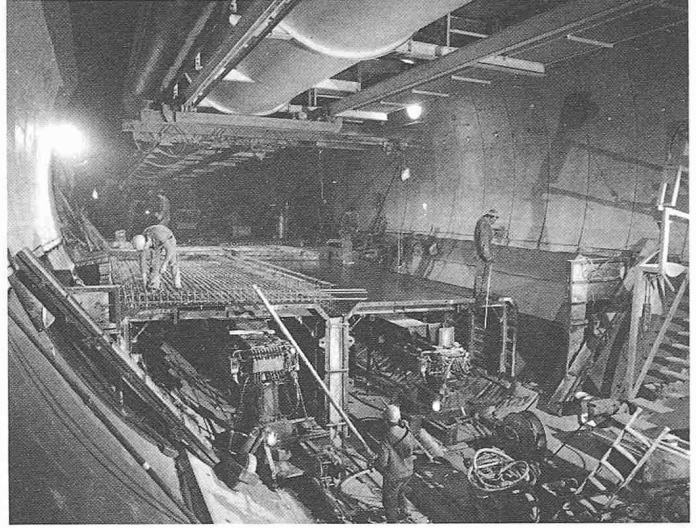
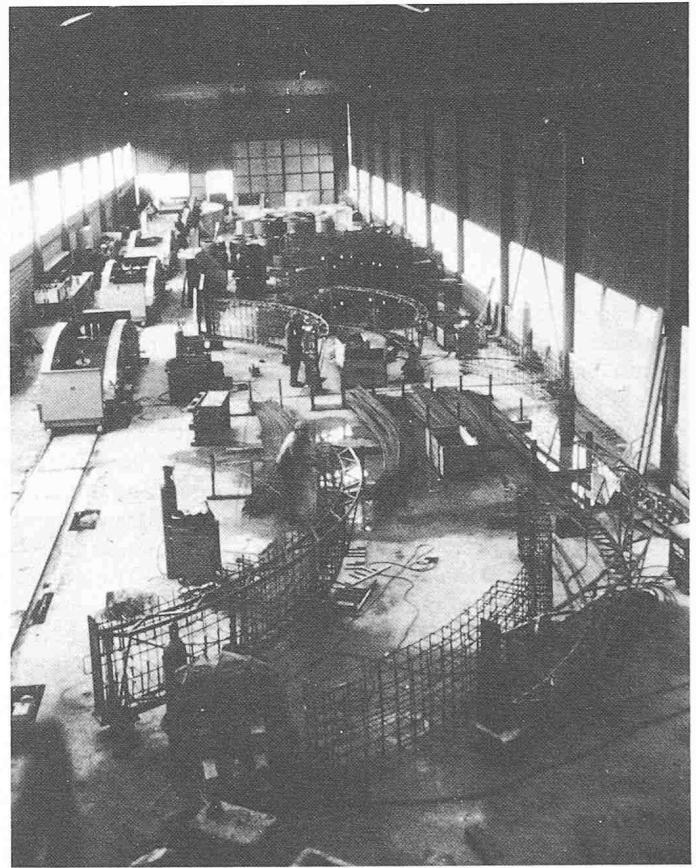
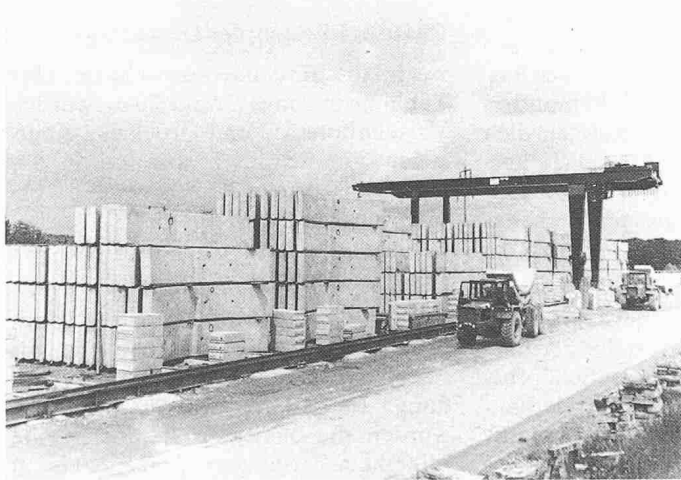


Bild 6 (oben rechts). Einbau der Fahrbahn unter dem Nachläufer II

Bild 8 (rechts). Tübbingfabrikationshalle mit umlaufenden Schalungswagen und ortsfesten Arbeitsplätzen

Bild 7. Tübbinglager mit allen 5 verschiedenen Tübbingringsorten



Felsoberfläche lag dabei nirgends frei und ungesichert da; sie war entweder durch den Schild oder die eingebaute Tübbingverkleidung geschützt, wodurch ein sehr hohes Mass an Sicherheit für Belegschaft und Einrichtung gewährleistet war. Zur Vermessung und Steuerung der Vortriebseinrichtung kamen einerseits Laser und andererseits Korrekturtübbings zum Einsatz. Die in Gruppen unterteilten hydraulischen Vorschubpressen, die unter sich sowohl variable Drücke als auch variable Vorschublängen zulassen, sowie die Korrekturtübbings, die auf der zuzusteuern Seite um 4 cm kürzer waren, gestatteten das Fahren von Kurven in jeder beliebigen Richtung. Ein im Projekt vorgegebener und vertraglich zuge-

sicherter Toleranzkreis mit einem Radius von 12 cm konnte eingehalten werden.

Die dreiteilige Nachlaufinstallation diente erstens der Versorgung; Transformator, Hydraulikaggregate sowie Steuerungseinheiten für Fräse, Schild und Erektor waren auf dem Nachläufer I untergebracht. Zweitens diente sie als Überbrückung der Baustelle für die Fahrbahnkonstruktion; ein Stahlrohr mit einem Durchmesser von 3,00 m war auf einer Länge von 72 m als Träger ohne Zwischenstützen ausgebildet (Nachläufer II). Über diesen Brückenträger wurde das Ausbruchmaterial ab- und Tübbingelemente zugeführt, ohne dass die Bauarbeiten an der Fahrbahn-

konstruktion beeinträchtigt waren. Die Betonierung von 8,00 m bzw. 16,00 m unterhalb des Brückenträgers (Bild 6) war zwangsläufig und ohne grossen gegenseitigen Spielraum mit dem Vortrieb verknüpft und konnte, wie der Vortrieb, leistungsbestimmend sein.

Drittens diente die Nachlaufinstallation dem Materialumschlag: Das Ausbruchmaterial wurde im Bereich des Nachläufers III auf Grossdumper umgeschlagen, die Tübbingelemente und das Hinterfüllmaterial von Lastwagen auf den Transportkran umgeladen. Hinter der Nachlaufinstallation stand für sämtliche Zu- und Abtransporte eine Fahrbahn von 8 m Breite zur Ver-



fügung, was eine reibungslose Ver- und Entsorgung gewährleistete.

Die mittlere Vortriebsleistung in der ersten Tunnelröhre betrug 9,80 m pro Arbeitstag und konnte in der zweiten Röhre auf 11,90 m pro Arbeitstag gesteigert werden. Bei dieser Tunnelröhre fand der Durchschlag praktisch ein Jahr vor dem vertraglich festgelegten Termin statt.

### Herstellen der Tübbings

Um die hohe Vortriebsgeschwindigkeit sicherzustellen, mussten im Tübbinglager jederzeit Ringe aller Typen greifbar sein (Bild 7). Diese Produktion war nur möglich mit ortsfesten Arbeitsplätzen und umlaufenden Schalungswagen (Bild 8). Bei etwa 60 Einzelementen pro Arbeitstag von 18 Stunden blieb pro Element noch eine Bearbeitungszeit an jeder Station von rund 20 Minuten. Um die Anzahl der Schalungen nicht ins Unermessliche steigen zu lassen, musste eine den Ausschalvorgang ermöglichende Frühfestigkeit erreicht werden.

Die Dampfkanäle wurden gerade soweit aufgeheizt, dass ein Wärmeabfluss – von der Hydratation herrührend – des jungen Betons nicht mehr möglich war. Es fand somit keine eigentliche Dampf-

erhärtung mit ihren teilweise negativen Folgen Anwendung. Das Verfahren mit einer Frischbetontemperatur von etwa 37 °C und einer Dampftemperatur im Dampfkanal von 50–55 °C kann als Wärmerückstauverfahren bezeichnet werden.

### Fahrbahnbetonierung

Die unter dem Nachläufer (Bilder 1 und 6) in Ort beton zu erstellende Fahrbahnkonstruktion musste in maximal 2 bis 3 Tagen mit Achslasten von 14 Tonnen und Wagengewichten von 42 Tonnen befahren werden können.

Für die Betonierung ergaben sich nachstehende Aufgaben:

- hohe Früh- und grosse Endfestigkeit,
- Frosttausalzbeständigkeit,
- Einbringart Pumpbeton.

Bekannterweise verhalten sich diese Anforderungen zum Teil gegenläufig. Mit Versuchen gelang es, einen für alle Beteiligten tragfähigen Kompromiss zu erreichen. Die resultierenden Werte entsprachen denn auch den Vorstellungen des Bauherrn.

Die für die Frosttausalzbeständigkeit notwendige Luft wurde mit Luftporenbildner eingeführt. Mit einem geringen

Zusatz an Betonverflüssiger liess sich bei einem vernünftigen W/Z-Faktor von etwa 0,52 eine Pumpmischung erzielen, die durch eine Rohrleitung von 70 m Länge gefördert werden konnte und trotzdem steifplastisch blieb. Die Frühfestigkeit wurde mit dem Wärmerückstau und einem HPE-Gehalt von 325 kg/m<sup>3</sup> erreicht. Voraussetzung war eine minimale Frischbetontemperatur von 20 °C und ein sofortiges Abdecken der abgezogenen Betonoberflächen mit Isoliermatten. Die erzielten Resultate waren:

- |                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| - Frühfestigkeit  | 24 N/mm <sup>2</sup>    |
|                   | (3 Tage)                |
| - Druckfestigkeit | 35–42 N/mm <sup>2</sup> |
| 28 Tage           | (28 Tage)               |
| - Frostausalz-    |                         |
| beständigkeit     | gut                     |

Vom ersten Gedanken der totalen Mechanisierung bis zur glücklichen Realisierung dauerte es mehrere Jahre. Solche Fortschritte in der Technik sind nur möglich, wenn Bauherren willens sind, mit der Bauleitung und der Unternehmung gemeinsam neue Wege zu beschreiten.

Adresse der Verfasser: W. Ritz, Ing. HTL, Prader AG, Zürich, und L. R. Schmid, dipl. Ing. ETH/SIA, Locher & Cie AG, Zürich.

## Die Lüftung des Gubristtunnels

Von Marco Berner, Zürich

Der Gubristtunnel ist mit einem in seiner Art erstmals angewandten Lüftungssystem versehen, das unter dem Aspekt der Umweltverträglichkeit entworfen wurde. Bemerkenswert ist die neuartige Brandlüftung mit grossen, dicht schliessenden Brandklappen in der Fahrraumdecke. Ferner sind unkonventionelle Ventilatoranwendungen anzutreffen, so vertikale Montage und wahlweise Umschaltung eines Ventilators auf zwei verschiedene Luftkanäle.

### Anforderungen an die Tunnellüftung

Die Tunnellüftung hat die Schadstoffemissionen des Verkehrs soweit zu verdünnen, dass deren Konzentration für die Tunnelbenutzer unschädlich wird. Weiter hat die Lüftung im Brandfall die Rauchgase abzusaugen und Frischluft einzublasen, um die Überlebenschancen der Tunnelbenutzer zu erhöhen.

Der Lüftungsbetrieb soll aber auch keine Belästigung der Anwohner verursachen. Insbesondere sind die Lärmmissionen der Ventilatoren zu begrenzen sowie die Abluftmissionen so gering wie möglich zu halten.

Diese Aufgaben sind unter der Nebenbedingung der Wirtschaftlichkeit zu lösen: Die Anlagekosten sowie die jährlich wiederkehrenden Betriebs- und Unterhaltskosten sollen möglichst klein bleiben.

Aufgrund dieser Anforderungen wurde ein Zweischacht-Projekt mit Querlüftung und alternativ dazu ein Einschacht-Projekt mit Längs- und Halbquerlüftung ausgearbeitet. In beiden Projekten war ein Ausströmenlassen von Tunnelabluft aus den Portalen mittels punktförmiger Absaugung zu vermeiden. Aus Gründen des Umweltschutzes wurde das Einschacht-Projekt realisiert. Dieses ist nachfolgend kurz beschrieben.

### Aufbau des Lüftungssystems

Der Gubristtunnel besitzt ein aufwendiges Lüftungssystem (Bild 1). Jede Röhre enthält zwei Lüftungsabschnitte, die mit Halbquerlüftung ausgerüstet sind. In Tunnelmitte sowie an den Austrittsportalen kann die Abluft punktförmig aus dem Verkehrsraum abgesaugt werden.

In der unterirdischen Lüftungszentrale sind pro Röhre je zwei parallel arbeitende Abluftventilatoren eingebaut, welche mit dem mittleren Kanal des dreigeteilten Schachtes verbunden sind.

In der oberirdischen Lüftungszentrale befinden sich zwei weitere Abluftventilatoren. Diese sind an je einem der beiden äusseren Schachtkanäle angeschlossen. Die gesamte Tunnelabluft wird durch den Kamin der oberirdischen Lüftungszentrale vertikal in die Höhe geblasen.

Die Zuluft wird oberhalb der Portale angesaugt und von je einem Ventilator pro Portalstation in den Zuluftkanal unterhalb der Fahrbahnplatte eingebla-