Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 95 (1977)
Heft: 6: SIA-Heft, 1/1977: Tunnelbau

Artikel: Das Baulos Huttegg des Seelisbergtunnels
Autor: Aeschlimann, Ulrich / Herrenknecht, Martin / Banholzer, Hans
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73330

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.10.2025

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

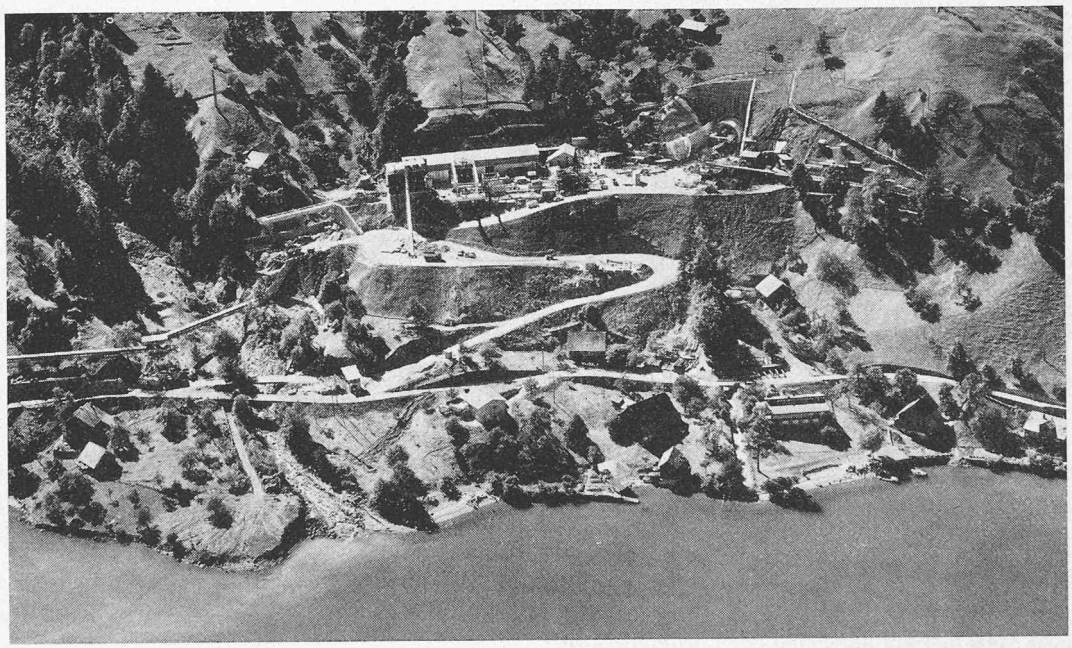
95. Jahrgang Heft 6 SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG 10. Februar 1977

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

SIA-Heft 1, 1977

Das Baulos Huttegg des Seelisbergtunnels

Von **Ulrich Aeschlimann**, Bauen, **Martin Herrenknecht**, Bauen und **Hans Banholzer**, Luzern



Installationsplatz der Baustelle «Huttegg». Das Bild wurde während der Erstmontage des «Big-John» aufgenommen. Es zeigt beim Lüftungsstollenportal das Vorziehen des Schildes in Startposition und auf dem Tübbinglagerplatz die Montage des Baggers und des Nachläufers

Anlage des Gesamtprojektes

Als integrierender Bestandteil der N2 stellt der Seelisbergtunnel die *Verbindung zwischen Beckenried (NW) und Seedorf (UR)* her. Er besteht aus zwei parallel verlaufenden Röhren von je 9,25 km Länge, die, um die Verkehrssicherheit zu gewährleisten, alle 300 m durch Querstollen verbunden sind, wobei jeder dritte «Querschlag» befahrbar ist (Bild 1).

Das geologische Längenprofil durch die Tunnelachse (Bild 2) zeigt deutlich *drei Abschnitte*, die auch die Losaufteilung ergaben. Im Norden und Süden herrschen *Kalksteinformationen* vor, die tunnelbautechnisch günstig zu taxieren sind und auch mit den konventionellen Mitteln der Sprengtechnik aufgefahren werden können. Beide Baulose weisen daher hufeisenförmige Profile auf (Bild 3). Der Mittelabschnitt dagegen besteht aus einer *Mergelformation*, die erfahrungsgemäss bei den *grossen vorhandenen Überlagerungen zu Druckerscheinungen im Gebirge* neigen, wobei die *Standfestigkeit wenige Stunden bis wenige Tage* beträgt. Aufgrund dieser Voraussetzungen hat man sich für einen *kreisförmigen Tunnelquerschnitt* und für einen *Schildvortrieb mit Tübbingeinbau* entschieden (Bild 4).

Das Baulos Huttegg

Bauherr dieses Abschnittes ist der Kanton Uri. Die Projektierung obliegt der Elektro-Watt Ingenieurunternehmung, Zürich, die auch die örtliche Bauleitung hat. Ausgeführt wird das Bauwerk durch die Arbeitsgemeinschaft Huttegg, zu der sich folgende Unternehmungen zusammengeschlossen haben:

- Murer AG, Erstfeld: Federführung
- Losinger AG, Bern: Technische Leitung
- Emil Baumann AG, Altdorf: Kaufmännische Leitung

Erschliessung der Baustelle

In geologischer und topographischer Hinsicht bot sich der Ort *Bauen* im Kanton Uri für einen Zwischenangriff von der Tunnelmitte aus an. Für die Erschliessung der Baustelle standen zwei Varianten zur Verfügung: Transport sämtlicher Baustoffe und Bauteile auf dem Wasserweg von Flüelen nach Bauen oder auf der sehr schlechten Strasse von Seedorf nach Bauen. Das kantonale Bauamt Uri entschloss sich dann, die Mehrkosten des Schiffstransportes, bedingt durch den zusätzlichen Umschlag der Güter, in den Ausbau dieses Kantonsstrassen-Abschnittes, der letztlich eine Erschliessung der Region von bleibendem Wert darstellt, zu investieren.

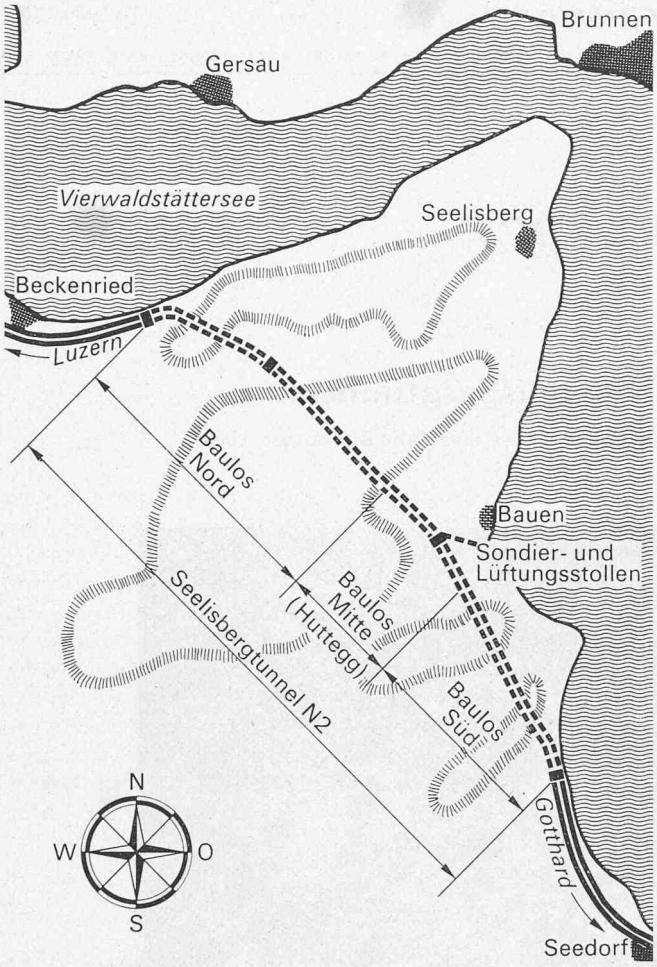


Bild 1. Schematische Darstellung der Linienführung des Seelisbergtunnels

Baustelleninstallation

Die Baustelleninstallationen mussten auf engstem Raum (nutzbare Fläche 6000 m²) auf der Höhe des Lüftungsstollenportals plaziert werden (vgl. Titelbild, S. 59). Von der Kantonsstrasse her ist die Baustelle durch die Zufahrtsstrasse (in Bildmitte) erschlossen. Die Betonzuschlagsstoffe werden per LKW bis zum Aufgabetrichter, der sich in der zweiten Kurve der Zufahrt befindet, transportiert und von dort mittels Steilförderband in die Silos der Betonanlage (oberhalb der zweiten Kurve) aufgegeben. Der fertige Beton kann sowohl in Pneufahrzeuge wie in Schienenmischer abgefüllt werden, da ein Ausweichgeleise unter die Anlage führt. Rechts hinter der Aufbereitungsanlage steht die Stahlhalle, welche die Werkstätte, den Kompressorenraum und das Magazin beherbergt. Vor dem Werkstattgebäude ist der Tübbinglagerplatz mit einem 22-t-Portalkran angelegt. Hier werden während des «Big-John»-Vortriebes die Tübbinge von den Lastwagen gehoben, für den Einbau vorbereitet und auf die «Mine-Cars» aufgeladen.

Das Lüftungsstollenportal mit der mittels VSL-Spannankern rückverankerten Winkelstützmauer ist rechts oben im Bild zu erkennen. Der gefräste Erschliessungsstollen mündet links vor dem Tunnelportal. Auf seinem Mündungsbauwerk ist der dem allgemeinen Materialumschlag dienende Turmdrehkran installiert.

Rechts der Winkelstützmauer beginnt der Parallelstollen, der letztlich das ganze Pilotstollensystem und die Zentrale Huttegg vor und während des «Big-John»-Vortriebes im Lüftungsstollen erschloss.

Das Schuttergeleise für den mechanischen Vortrieb führt vom Lüftungsstollen her zwischen Werkstätte und Tübbinglagerplatz hindurch auf die Stahlbrücke, auf der die «Mine-Cars» gekippt werden. Das Ausbruchmaterial wird vom darunterliegenden Umschlagplatz aus mittels Pneulader in den Brecher aufgegeben und gelangt anschliessend über vier Transportbänder (Bildmitte links) in den See.

Gasvorkommen – Sicherheitssystem

Beim Fräsen des ursprünglich projektierten Erschliessungsstollens der Zentrale Huttegg stiess man überraschend auf Methangas (CH_4). Das Vorhandensein des Grubengases erforderte ein ganzes System von Pilotstollen, um während des Ausbruchs der Zentrale sowie während des «Big-John»-Vortriebes sowohl gegen Norden wie gegen Süden Umluftsysteme aufrechterhalten zu können. Die Pilotstollen mit einem Querschnitt von 8,8 m² wurden konventionell mit allen erdenklichen Sicherheitsvorkehren, wie absolutes Rauchverbot, schlagwettersichere Elektroinstallationen, Strömungswächtern und Methangaskonzentrationsmessern, die mit einer zentralen Alarmanlage, welche mit optischen und akustischen Signalen die gefährdeten Orte anzeigte, aufgefahren. Ferner musste jeder beim Betreten des Stollens gegen seine persönliche Kontrollnummer eine schlagwettersichere Helmlampe und ein Sauerstoffgerät an sich nehmen. Das Sicherheitskonzept wurde von einer, im Auftrag des Bauherrn handelnden, durch

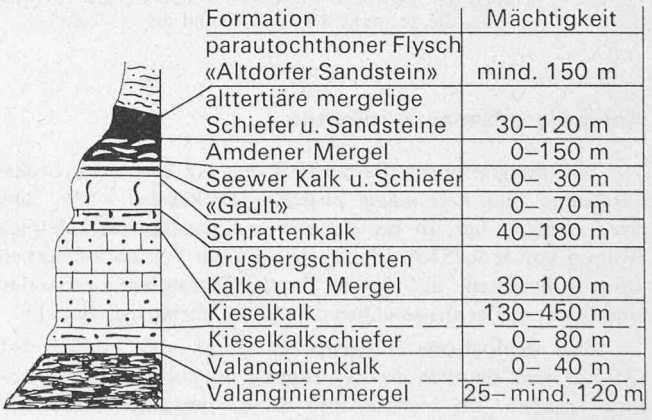
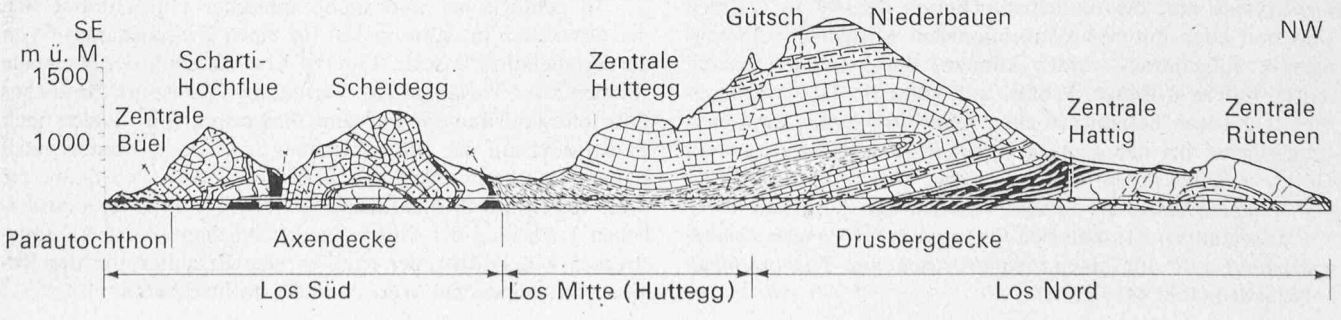


Bild 2. Geologisches Längenprofil durch die Tunnelachse mit Schichtprofil (R. T. Schneider, Uerikon)



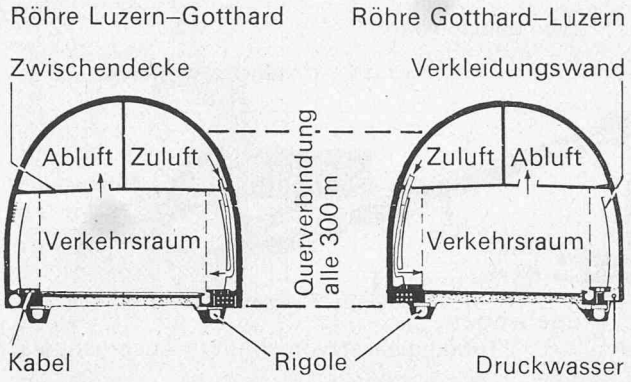


Bild 3. Hufeisenförmige Tunnelquerschnitte Baulos Nord und Baulos Süd

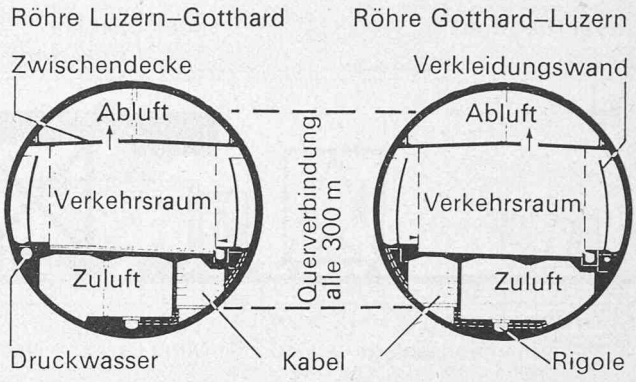


Bild 4. Kreisförmige Tunnelquerschnitte Baulos «Huttegg»

den Regierungsrat des Kantons Uri eingesetzten Sicherheitskommission, unter dem Vorsitz von *Rudolf Amberg* (Sargans) ausgearbeitet. Die Linienführung der Pilotstollen (Bild 5) wurde so projektiert, dass sowohl während der Erstmontage der Tunnelbauausrüstung «Big-John» vor dem Lüftungsstollenportal, wie auch während des «Big-John»-Vortriebes im Lüftungsstollen die Pilotstollen, die Querschläge und die Zentrale Huttegg erschlossen und ausgebrochen werden konnten. All diese Erschwernisse und zusätzlichen Arbeiten ergaben eine *Verzögerung des Endtermins von zirka zwei Jahren* auf das ursprüngliche Bauprogramm.

Die Lüftungszentrale

Die Lüftungszentrale Huttegg besteht aus zwei zu den Fahrbahnachsen parallelen Kavernen von je 52,7 m Länge, 18,6 m Höhe und einem Ausbruchvolumen von zusammen 29000 m³. Die beiden Kavernen sind untereinander durch eine Querkaverne mit einem Ausbruchvolumen von 19900 m³ verbunden.

Ausbruchsystem und Felssicherung. Um während des Zentralenausbruchs stets im Frischluftstrom arbeiten zu können, wurde der Lüftungspilotstollen mittels Schrägschacht in die Zentralenkalotte geführt und wiederum mit einem Schrägschacht mit dem Erschliessungsstollen verbunden. Von hier aus konnten nun Kalotte und Strosse etappenweise abgebaut werden. Die ausgebrochenen Felspartien mussten sofort mittels Gunit, Armierungsnetzen und 4 m langen Perfo-Felsankern in einem Raster von zirka 1,12 m primär gesichert werden. Die sekundäre Sicherung erfolgte fortlaufend mit 16–18 m langen, in einem Raster von 4,5 m versetzten Litzenankern vom System VSL. Diese Spannanker vom Typ ER6–12 sind im Durchschnitt auf 165 t geprüft und auf 80 t vorgespannt. Es wurden in der ganzen Kaverne total 10800 Stück Primäranker, 14000 m² Armierungsnetze, 634 Stück Spannanker versetzt und 4200 m³ Gunit gespritzt.

Innenausbau. Sohlen-, Wand- und Gewölbebeton erfordern 661 t Armierungsstahl und 12500 m³ Beton. Die Tatsache, dass der ganze Verkleidungsbeton gleichzeitig zum «Big-John»-Vortrieb in den Bergröhren eingebracht werden muss, stellt *besondere Probleme in organisatorischer und technischer Hinsicht*, denn der ganze Schienenverkehr wickelt sich über die Zentrale ab, da dieser Knotenpunkt aller Baustellen unter Tag ist. So mussten z. B. die Gewölbeschalungen als freitragende Dreigelenk-Fachwerkbogen mit Spannweiten von 10,5 und 15,4 m ausgebildet werden, worauf später von H. Banholzer im Detail eingegangen wird.

Fahrbahnplatte und Zwischendecke in den Hauptröhren

Ist jeweils in einem Tunnelast der «Big-John»-Vortrieb und die darauf folgende Schild-Demontage beendet, so kann mit dem Betonieren von Fahrplanplatte und Zwischendecke begonnen werden. Für die Formgebung der letzten wurden hydraulisch teleskopierbare Stahlschalungen konzipiert, die sowohl seitlich wie auch in der Höhe entsprechend den Einbautoleranzen der Tübbingröhre angepasst werden können. Die Schalwagen des Fahrbahnplattenmittelkanals bewegen sich auf dem vom Vortrieb her stammenden SBB-Geleise, jene der Seitenkanäle stützen sich auf Gummiräder an den Tübbingen und auf den schon vorhandenen Nachläufergeleisen ab. Der Beton der Fahrbahn wird mit Truckmixern antransportiert und mit einer Förderband-Betoniereinrichtung eingebracht (Bild 6). Der Beton der Zwischendecke wird von der Fahrbahn her gepumpt. Die Schalungen sind für eine Tagesleistung von 16 m ausgelegt.

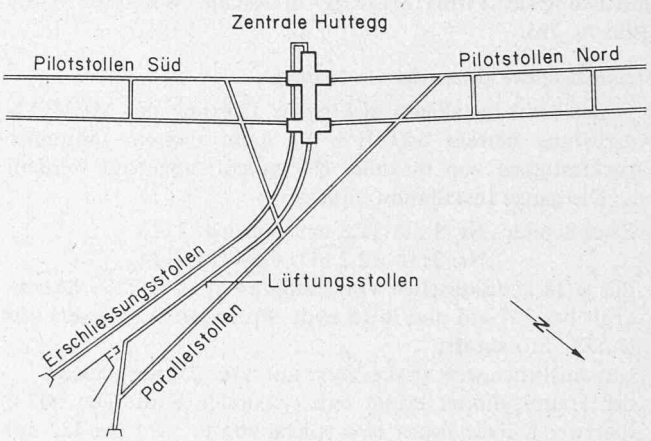
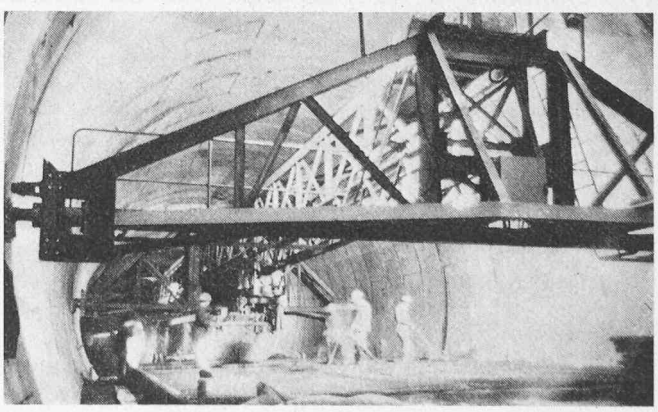


Bild 5. Pilotstollennetz des Bauloses «Huttegg»

Bild 6. Betoniereinrichtung für die Fahrbahnplatte. Der Fachwerkträger des Hauptbandes stützt sich auf einen Nachläufer und zwei Querträger ab, die mittels Hydraulikzylinder an der Tübbingröhre verspannt werden. Mit dem Verteilerband in Bildmitte ist es möglich, jeden Ort einer 16 m langen Betonieretappe zu bestreichen



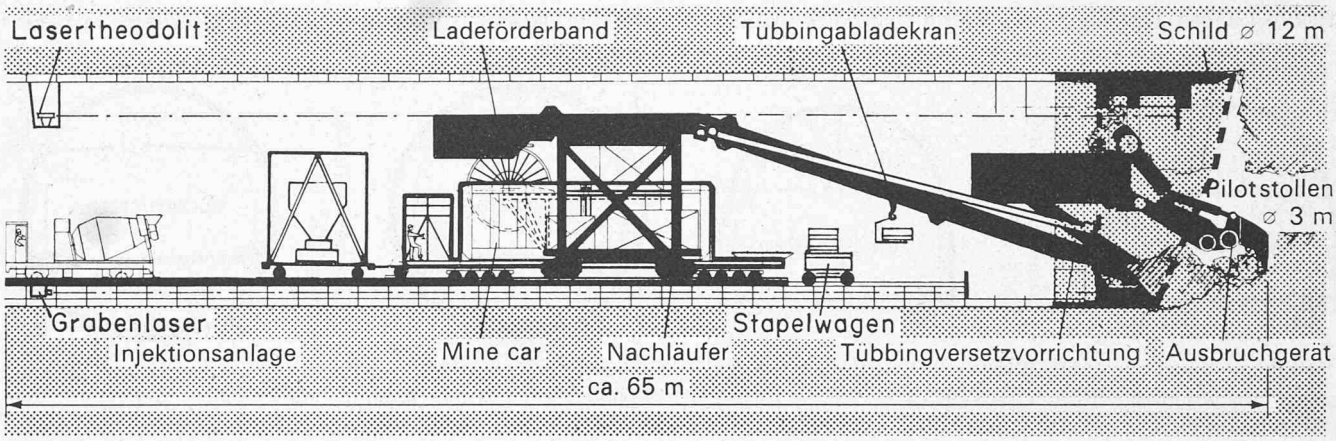
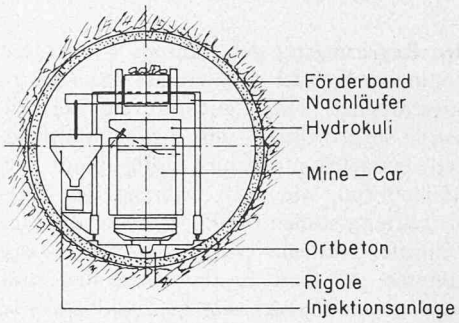


Bild 7a (oben). Längsschnitt durch die Vortriebsinstallation «Big-John»

Bild 7b (rechts). Querschnitt durch die Vortriebsinstallation



Die Tunnelbauausrüstung «Big-John»

Im ersten Teil des Artikels ist über die Lage, das Konzept und die konventionellen Baumethoden des Bauloses Huttegg berichtet worden. Im folgenden Teil soll über die wichtigsten Daten und die Arbeitsweise des *erstmals in der Schweiz* eingesetzten Vortriebsystems «Big-John» berichtet werden.

Nach Prüfung der bestehenden Möglichkeiten – ein Schildvortrieb mit Tübbingeinbau war bereits in den Ausschreibungsunterlagen vorgesehen –, entschloss sich die Arbeitsgemeinschaft Huttegg zum Ankauf einer Tunnelbauausrüstung der Firma MEMCO in Racine, Wisconsin, USA (Bild 7a, 7b).

Hauptsächliche Daten der Ausrüstung

Die total installierte elektrische Leistung der MEMCO-Ausrüstung beträgt 6400 PS. Es kann Gestein mit einer Druckfestigkeit von maximal 600 kp/cm² abgebaut werden.

Die ganze Installation umfasst:

- Zwei Schilde Nr. 1: ⌀ 11,8 m Gewicht 377 t
  Nr. 2: ⌀ 12,2 m Gewicht 412 t
  mit je 38 hydraulischen Vorschubpressen zu je 227 t Druckkraft bei 307 atü und je 12 hydr. Pressplatten (Messer) mit je 272 t Stosskraft;
- Ein Ausbruchgerät (Excavator) mit zwei Ripperzähnen; der Hauptzylinder bringt eine maximale Kraft von 907 t, die zwei Kübelzylinder eine solche von je 362 t bei 422 atü auf; Gewicht 271 t;
- Ladeförderband mit einer Gurtbreite von 1,83 m und hydraulischem Antrieb;
- Nachläufer als Abstützung des Förderbandes und Träger der elektrischen Ausrüstung, Gewicht inkl. Förderband 129 t;
- Injektionsnachläufer mit Zwischensilo und Gunitpumpe, Gewicht 30 t;
- Tübbingladekran hydraulisch, Gewicht 16 t;
- Tübbingstapelwagen
- Tübbingversetzvorrichtung für eine Tübbinggrösse von 6,5 × 1,5 × 0,4–0,5 m und Tübbinggewicht von 11 t, Gesamtgewicht 90 t;
- Zwei «Mine-Cars» mit je 140 m³ Boxeninhalt, mit je zwei 350-PS-Dieselmotoren und hydrostatischen Antrieben. Die Spur entspricht jener der SBB-Normalspur von 1435 mm; Totalgewicht leer je 130 t.

Arbeitsweise

Das Besondere an der MEMCO-Vortriebseinrichtung besteht im *Abbauen des Gesteins mittels Ripperzähnen*. Es können somit grössere Einheiten aus den Trennflächen herausgelöst werden, was einen raschen, rationellen und energiesparenden Abbau gewährleistet. Da jedoch die Felsfestigkeiten des Valanginienmergels grösser als erwartet sind, müssen *vom Pilotstollen her Lockerungssprengungen* vorgenommen werden. Der Excavator, der sich in zwei U-förmigen Führungen, die fest mit dem Schild verschweisst sind, verschieben kann, baut nun den Fels bis zum Schildprofil ab. Die Bewegungsmöglichkeiten, Rotation um die Hauptachse, Heben und Senken des Baggerarmes und Schliessen und Öffnen der Baggerschaufel ermöglichen den *Felsabbau im ganzen Kreisprofil*. Das abgebaute Felsmaterial wird mit dem Excavator nach hinten gezogen und über den Einlauftrichter dem Band übergeben, das den Ausbruch seinerseits in den darunter stehenden «Mine-Car» fördert. Das Fassungsvermögen eines «Mine-Cars» entspricht der losen Kubatur von 0,75 m Stollenlänge; für den Vortrieb eines Ringes sind somit zwei Fahrten notwendig. Die «Mine-Cars» transportieren auf ihrem Drehtisch beim Hereinfahren je eine Hälfte des einzubauenden Tübbingringes und in einem speziellen Hydrokuli das entsprechende Volumen Hinterfüllgut zur Vortriebsstelle.

Das *Kreuzungsmanöver* der beiden «Mine-Cars» wird auf den *zwei Ausweichgeleisen in der Querkaverne* abgewickelt. In der seewärts wie in der bergwärts liegenden Kaverne ist je eine hydrostatisch betriebene Drehscheibe mit einem Durchmesser von 16 m und einer, dem Totalgewicht eines beladenen «Mine-Cars» entsprechenden Tragkraft von 370 t, installiert. Die Drehbewegungen werden von Hand oder vollautomatisch gesteuert. Die mit vorfabrizierten Durchlaufplatten abgedeckten Scheiben können zudem mit vollbeladenen Dreiachslastwagen befahren werden.

Während des Felsabbaues wird im Schutz des Schildschwanzes ein Tübbingring eingebaut (Bild 8). Ist der Felsausbruch beendet und der Tübbingring fertig versetzt, wird der Schild mit seinen Stosszylindern um 1,5 m vorgestossen, wobei die Schneidzähne des Schildes das verbleibende Felsunterprofil abstechen.

Tübbingverkleidung

Die Tübbinge werden im Unterakkord für die ARGE Huttegg vom Konsortium SIB (Stüssi AG, Dällikon; Igeco, Lyssach; Befag, Flüelen) in einer *Feldfabrik in Flüelen* hergestellt. Wir unterscheiden *drei Typen von Tübbingringen:*

1. Normalring mit 1,5 m Breite, 40 bzw. 50 cm Dicke und parallelen Stirnflächen;
2. Korrekturring mit 1,44 m mittlerer Breite, 40 bzw. 50 cm Dicke und 6 cm konischen Stirnflächen zum Auffahren grosser Radien und zur Korrektur von Steuerungenauigkeiten;
3. Spezialring mit 1,37 m mittlerer Breite, 40 cm Dicke und 13 cm konischen Stirnflächen zum Auffahren einer Kurve mit einem mittleren Radius von 150 m (Lüftungsstollen).

Zudem mussten für die Anschlüsse der Querschläge an die Hauptröhren ausbaubare und mehrmals wiederverwendbare Tübbinge hergestellt werden.

Ein *Normalring* besteht aus vier Normalelementen, zwei Anschlusselementen, einem keilförmigen Schlussstein und einer Rigole (Bild 9). In Längsrichtung werden die Ringe mittels doppelkonischen teerölimprägnierten Buchenholzzapfen miteinander verdübelt. Zwischen die Längsstirnflächen der Tübbinge kommt ein 1,65 m langer, einfach konischer Zapfen zu liegen, der als Drehgelenk dient *und* den Ring (diese fünf Zapfen werden nach Versetzen des Schlusssteines um 15 cm eingepresst) in tangentialer Richtung verspannt. Die Dichtung der radialen Ringfugen wird mit ebenfalls teerölimprägnierten Buchenholzleisten hergestellt. Die Lage des Schlusssteines wird, um eine gute Stabilität der Röhre zu erzielen, abwechslungsweise links oder rechts oben eingebaut. Die Wahl der *Korrekturringe* und deren Verdrehung ergibt sich aus der Bedingung, dass die Röhre stets dem Schild folgen muss.

Der Hohlraum zwischen Felsausbruch, der im allgemeinen genau dem Schildschneideprofil entspricht, und der Aussenfläche der Tübbingröhre, wird mit magerem, feinkörnigem Blasbeton, der als Trockengemisch antransportiert wird, hinterfüllt. Dieses *Hinterfüllgut* genügt den geforderten *Eigenschaften:*

- sofortige Stützwirkung der eingebauten Röhre durch dichtestgepackte Kornstruktur und steilen Böschungswinkel noch im unabgebundenen Zustand
- störungsfreie Pumpbarkeit mit Druckluftpumpe
- gute Fliesseigenschaften im kleinen Zwischenraum Tübbing–Fels.

Dank Zapfenverdübelung von Ring zu Ring, guter Stützwirkung des Hinterfüllgutes und Zwangseinbau im Schildschwanz ist es möglich, die elliptischen Deformationen der Röhre durch Eigengewicht in Grenzen von 2 cm zu halten.

Schildsteuerung

Die Schildsteuerung erfolgt mit verschiedenen Kombinationen der Stosszylinder, die bei jedem Vorschub entsprechend der Korrektur, die auszuführen ist, und den jeweiligen vorhandenen Felseigenschaften zu wählen sind. Die Vorschubkräfte werden direkt auf die radiale Stirnfläche des zuletzt eingebauten Ringes abgegeben. Die Steuerbarkeit des Schildes ist innerhalb seines eigenen Überschnittes bis zu einem Röhrenradius von 700 m gewährleistet. Müssen kleinere Radien aufgefahren werden, wie dies im Lüftungsstollen (Bild 10) der Fall war, ist ein entsprechender, mit Hilfe der Schildfahrt-Theorien zu berechnender *Überschnitt* zu baggern. Besondere Aufmerksamkeit ist der Steuergenauigkeit zu schenken. Die Bedingung, dass die radialen Abweichungen der fertigen Tübbingröhre ±10 cm nicht überschreiten darf, führt unter

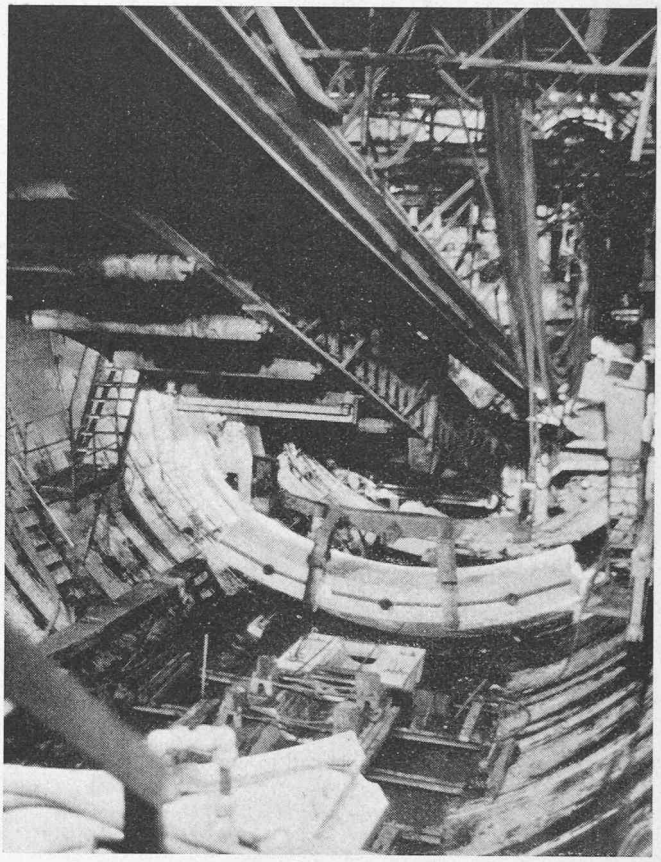


Bild 8. Das Bild zeigt aus der Sicht des Tübbingladekran-Führers, wie ein Tübbing nach vorne unter das Versetzgerät gefahren wird. In Bildmitte unten eine soeben versetzte Rigole. Die Förderbandkonstruktion und ein Monorail des Tübbingkranes sind ebenfalls zu erkennen.

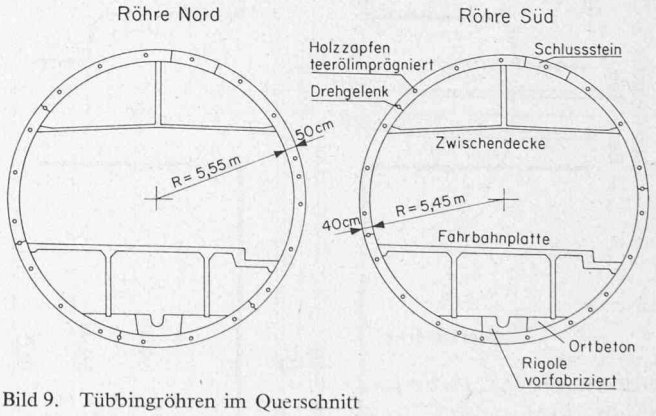


Bild 9. Tübbingröhren im Querschnitt

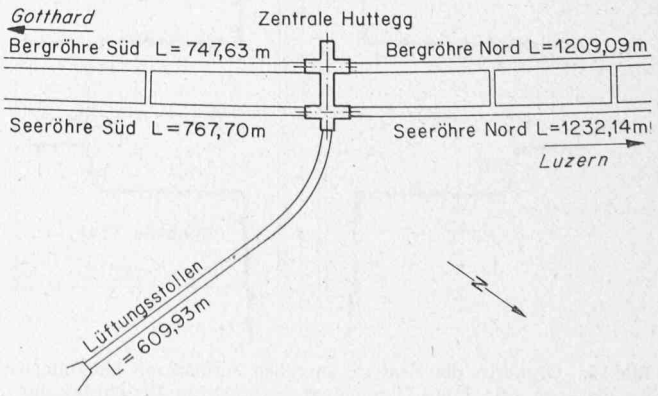


Bild 10. Grundrissskizze des Bauloses Huttegg mit Lüftungsstollen, Lüftungszentrale, Seeröhre und Bergröhre

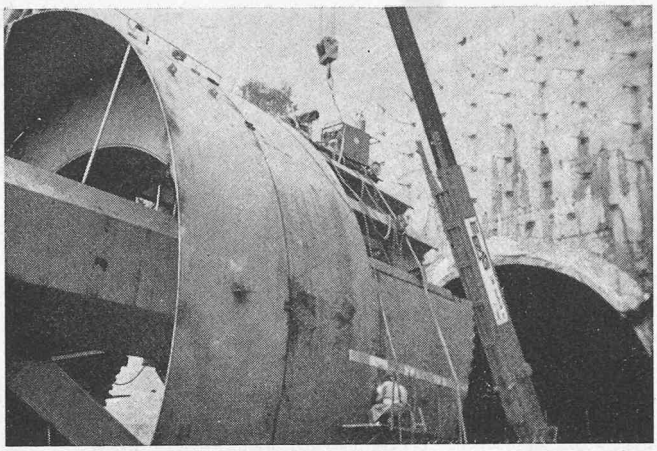


Bild 11. Zusammenbau des Schildes Nr. 1 vor dem Lüftungsstollenportal im August 1973

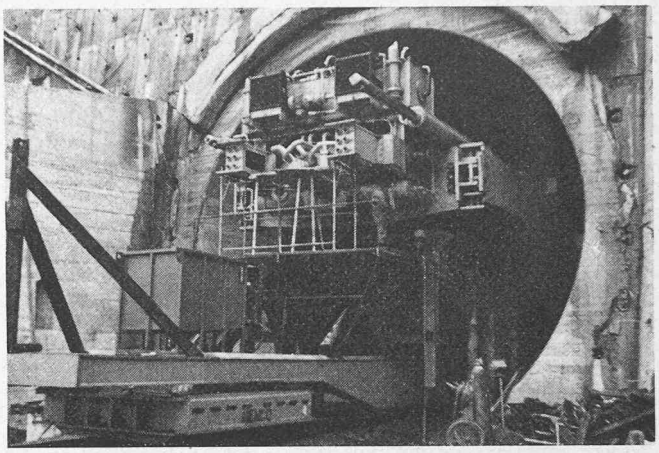


Bild 12. Einschieben des über 270 t schweren Excavators in seine Führungen unter Zuhilfenahme eines Mine-Car-Chassis

Berücksichtigung der Röhrendeformation, der Röhrensetzung und des ausnützbaren Schilschwanzspieles zu einer *Steuergenauigkeit*, die *in einem Toleranzkreis mit Radius 3 cm* liegen muss.

Die *engen Steuertoleranzen* erfordern eine äusserst *zuverlässige und genaue Absteckung mittels Sekundentheodolit mit Laserokular*, der auf einem Gestell in der Kalotte eingerichtet wird. Die *Distanzmessung erfolgt elektronisch*. Der Laserstrahl wird auf zwei *Fahrdiagramme* projiziert, die ihrerseits auf am Schild befestigten Zieltafeln angebracht sind. Die Fahrdiagramme werden mittels Tischcomputer berechnet und von Hand auf Papierstreifen übertragen. Die Mittelachsen der Zieltafeln müssen stets – unabhängig von der Schildverrollung – in der Vertikalebene der Schildachse liegen. Ebenfalls mittels Laserstrahl und Zieltafel werden die Rigolen versetzt. Ein sehr genaues Arbeiten ist hier notwendig, da auf der Rigole das Vortriebsgeleise, das Achslasten von ca. 50 t standzuhalten hat, befestigt wird.

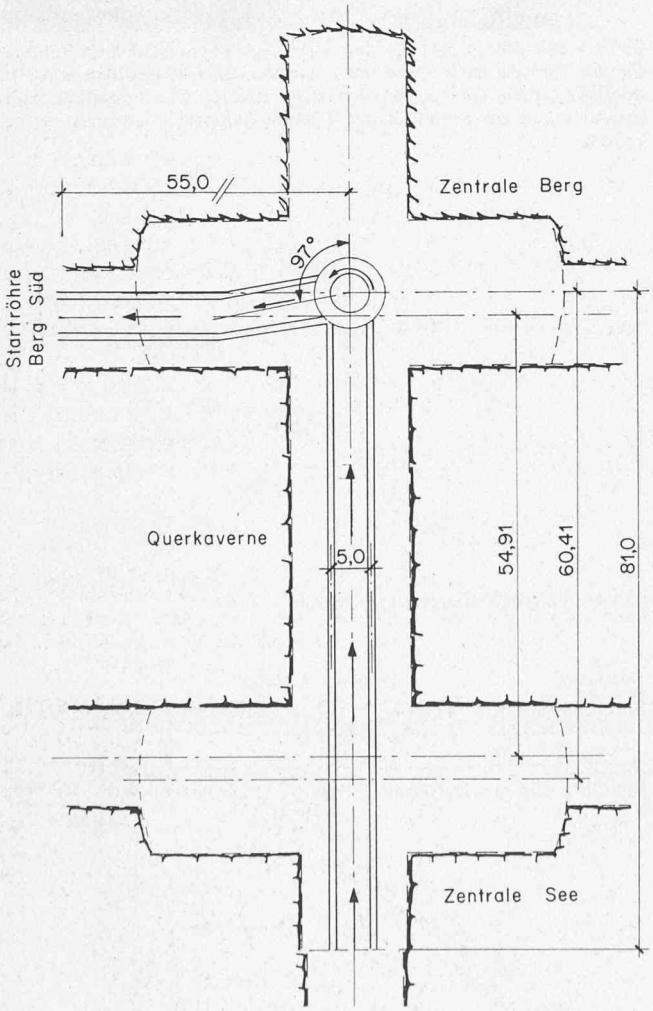


Bild 13. Grundriss der Zentrale im rohen Ausbau mit Situation der für die erste «Big John»-Ummontage notwendigen Verschiebebahnen in der Quer- und Bergzentrale sowie des Drehtisches in der Zentrale Berg

Erst- und Ummontagen, programmlicher Fortschritt

Die *Erstmontage* des Schildes Nr. 1, eines «Mine-Cars» und des Nachläufers konnte im *Juli 1973* vor dem Lüftungsstollenportal begonnen werden. Der Zusammenbau der schweren Schildteile (Bild 11) erfolgte auf einem Schlitten, der auf Verschiebebahnen ruhte. Nach beendeter Montage wurde der ganze Schild auf den Verschiebebahnen in Startposition gezogen (diese Spezialarbeiten führte die VSL-Hebetechnik aus). Anschliessend wurde die Startröhre, welche die Vorschubkräfte beim Start des «Big-John» aufzunehmen hatte, betoniert. Nach Entfernen der Startröhrenschalung konnte der Bagger in seine Führung eingeschoben werden (Bild 12). Der *Vortrieb im Lüftungsstollen* wurde dann im *Februar 1974* aufgenommen, wobei genügend Pufferzeit zur Verfügung stand, um umfangreiche Verbesserungen an Hydraulik und Verstärkungen am Schild vorzunehmen. Die *Pufferzeit* ergab sich daraus, dass die erste Ummontage des Schildes Nr. 1 von Ende Lüftungsstollen in die Startröhre Berg-Süd von der Fertigstellung des Zentralenausbruchs abhängig war und somit erst im April 1975 begonnen werden konnte.

Bei der ersten Ummontage des Schildes Nr. 1 ging es darum, den Schild mit Erector und Excavator als Einheit (mit einem gesamten Gewicht von ca. 800 t) durch die ganze Querzentrale zu verschieben, in der Zentrale Berg um 97° zu drehen, vor der Startröhre um 7° zu schwenken und endlich in Startposition zu ziehen (Bild 13).

Dabei musste der Schild nach Ankunft in der Zentrale (Bild 14) auf Bankette gestossen werden. Hernach wurde von vorne der *Stahlschlitten*, auf dem die ganze Einheit durch die Querzentrale gezogen wurde, unterschoben. Um den nötigen freien Raum zwischen Schild und Banketten herzustellen, wurde dieser samt Schlitten um 5 cm gehoben, worauf die Messinggleitschuhe unterbaut werden konnten. Als Verschiebebahnen wurden auf dem zum Teil sehr schlechten Felsuntergrund zwei armierte Streifenfundamente mit einem Ax-

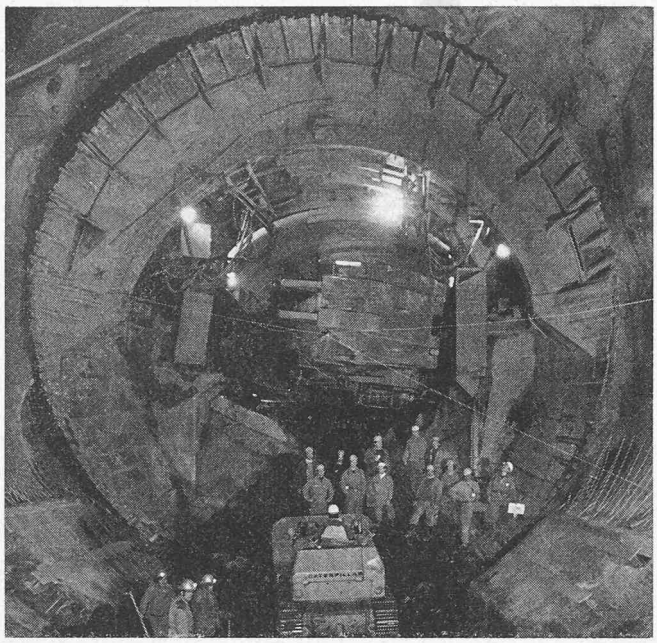


Bild 14 (links). Schild und Excavator nach Ankunft in der Zentrale. Unten links und rechts sind die Bankette sichtbar, auf die der Schild in der ersten Phase der Ummontage geschoben werden musste, damit der Stahlschlitten, auf dem die ganze Einheit von etwa 800 t verschoben und gedreht wurde, von vorne her untergeschoben werden konnte (Photostudio Z, Altdorf). – Bild 18 (rechts). Rückblick in die fertig eingebaute Tunnelröhre

abstand von 5 m betoniert. Momenten- und Querkraftbeanspruchungen wurden mit dem RASPAN-Rahmenprogramm ermittelt, wobei die elastisch gebetteten Fundamente als Durchlaufträger mit Federabstützungen jeden Meter berechnet wurden. Für die Berechnung der *Federsteifigkeiten* konnte auf die Felsuntersuchungen der Firma Terrexpert AG in Bern zurückgegriffen werden. Als Gleitflächen auf den Betonfundamenten dienten Breitflachbleche, die, um ein Festfahren der Gleitschuhe zu verhindern, in ± 2-mm-Genauigkeit verlegt und mit Fliessmörtel lunkerfrei untergossen werden mussten. Schlaudern in einem Abstand von 1 m sicherten die Bleche gegen Knicken (Horizontalschub).

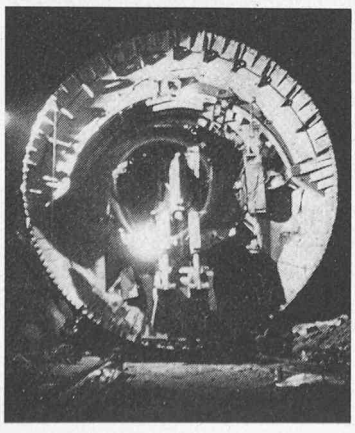
Verschoben und gedreht (Bild 15, 16, 17) wurde der Schild wiederum durch VSL-Hebetechnik, wobei sich die Baustelle schon bei der Projektierung dieser heiklen Bauphase auf die reichen Erfahrungen dieser Spezialabteilung innerhalb der Losinger-Gruppe stützen konnte.

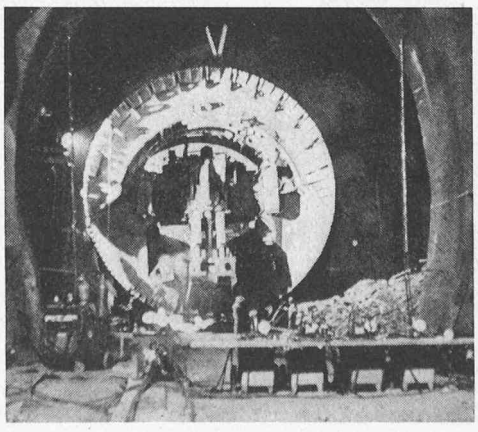
Diese schwierige Bauphase mit ihrem komplexen Ineinandergreifen verschiedener Bauvorgänge wie Zentralenausbruch, Zentralenausbau und Ummontagevorbereitungen auf mechanischer und baulicher Seite sowie Drehscheiben und Geleiseinstallationen wurden sehr sorgfältig und bis ins letzte Detail schon während des Vortriebes im Lüftungsstollen in der Form von Netzplänen, die mit Hilfe des IBM-Netzplanprogramms aufgestellt wurden, geplant.

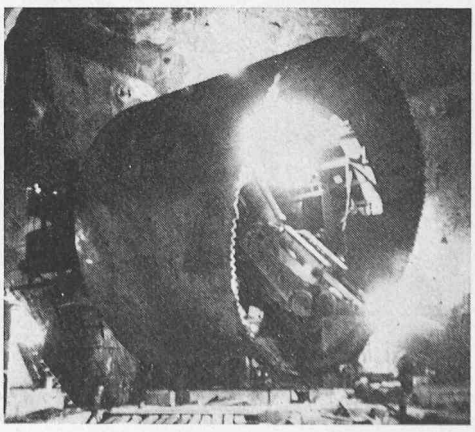
Der *Vortrieb in der Röhre Berg-Süd* konnte dann, dank Ausschöpfung aller, der Baustelle zur Verfügung stehenden technischen und planerischen Hilfsmittel, programmgemäss am *15. Oktober 1975* aufgenommen werden. Am *3. April 1976 erreichte der «Big-John» die Losgrenze Berg-Süd.*

Parallel zum Vortrieb im einen Tunnelast wird jeweils in der nächsten Startposition der andere Schild installiert. So können die langen Ummontagezeiten zwischen Erreichen einer Losgrenze und Wiederbeginn in der neuen Startposition auf

Bild 15, 16 und 17. Der Schild mit Excavator ruht auf dem Schlitten bereit zum Verschieben. Im Vordergrund die Stahllitzen und die Verschiebebahnen (links). Der Schild während der Verschiebeaktion. Besonders gut sind in der oberen Schildhälfte die 12 Pressplatten (Messer), die einzeln ausgefahren werden können, zu erkennen (Mitte). Der Schild während des Drehens in der Bergkaverne. Unten sind der Drehtisch und der Schlitten, auf dem der Schild standfest gelagert ist, zu erkennen. Die Position des Excavators in den Führungen wurde so gewählt, dass die Wirkungslinie des Eigengewichtes der ganzen Einheit möglichst genau durchs Zentrum der Standfläche des Schlittens verlief (rechts)







ein Minimum reduziert werden. Die *Stillstandszeit der ganzen Installation* ist dann nur noch durch die Ummontage des Baggers und des Förderbandes inklusive Nachläufer bestimmt und *beträgt zweieinhalb bis drei Monate.*

Mit den bis jetzt erreichten, *mittleren Tagesleistungen von 8 m/Tag im Zweischichtenbetrieb zu je 10 Std.* (die grösste Tagesleistung betrug 15 m, die grösste Wochenleistung 60 m) wird die Losgrenze Berg-Nord Ende Januar 1977, jene See-Süd Ende August 1977 erreicht sein. Mitte 1978 wird der «Big-John» dann seine Ausbrucharbeiten in der Röhre See-Nord beendet haben.

Schlussbemerkungen

Die hier beschriebene Vortriebseinrichtung kann als «revolutionäre» Tunnelbaumethode angesprochen werden, ist es doch möglich, in einem Arbeitsgang mit optimaler Arbeitssicherheit ein Tunnelprofil auszubrechen und fertig zu verkleiden (Bild 18).

Nach Abschluss der Ausbrucharbeiten im Baulos Huttegg wird einem zukünftigen Bauherrn ein leistungsfähiges, sicheres und bis zur technischen Perfektion ausgereiftes Tunnelbausystem zur Verfügung stehen, wobei hier nicht nur der «Big-John» gemeint ist, sondern auch die dazugehörigen Installationen, wie Tübbingfabrik, Kippbrücke, Drehscheiben sowie Fahrbahnplatten- und Zwischendeckenschalungen. Die ganze Einrichtung schafft auch die *Voraussetzung* zu einer langersehnten *Normierung im Tunnelbau*, was geradezu eine Herausforderung an zukünftige Tunnelbau-Projektverfasser darstellt, sich vermehrt während der Projektphase mit den entsprechenden Unternehmungen über die vorhandenen Möglichkeiten zu unterhalten.

Ulrich Aeschlimann

Der «Mine-Car» — ein selbstfahrendes, schienengebundenes Stollenfahrzeug

Der Abtransport des Ausbruchmaterials erfolgt mit zwei Schienenfahrzeugen, genannt «Mine-Cars». Diese gigantischen selbstfahrenden Spezialfahrzeuge werden – wie bereits beschrieben – mit dem Excavator über das Förderband beladen. Sie fassen in beiden Mulden 140 m³ loses Felsmaterial. Das Totalgewicht beladen beträgt 370 t. Mit dieser enormen Last muss das Stollenfahrzeug über ein Gefälle von max. 3,0 Prozent durch den Lüftungsstollen hinaus auf die Kippbrücke fahren. Bei der anschliessenden Rückfahrt zur Vortriebsmaschine nimmt der «Mine-Car» die einzubauenden Tübbingelemente vom Lagerplatz mit.

Technische Daten

Um dem Leser ein Bild der immensen Ausmasse zu vermitteln, vorerst einige technische Daten:

Leergewicht	128 t
Totalgewicht beladen	370 t
Achslast	46 t/Achse
Fassungsvermögen	140 m³
Gesamtlänge	ca. 21 m
Breite	3,70 m
Höhe der Boxen ab ok Schiene	5,00 m
Höhe über alles	6,00 m
Spur (SBB-Normalspur)	1435 mm
Antriebsleistung	2 × 350 PS
max. Geschwindigkeit	20 km/h

Dem Betrachter werden die gewaltigen «Mine-Cars» erst richtig bewusst, wenn er die Stollenfahrzeuge im Lüftungsstollen antrifft, wenn sie mit sattem, vollem, dumpfem Dröhnen der Dieselmotoren die Steigung hinauffahren, oder wenn sich die Gelegenheit bietet, die «Mine-Cars» in der Kaverne und auf den Drehscheiben beim Wendemanöver zu beobachten.

Aufbau und Konzept

Die «Mine-Cars» bilden einen integrierenden Bestandteil des gesamten Tunnelausbruchsystems. Sie wurden deshalb in Grösse und Funktion auf den Arbeitsablauf des Tunnelvortriebes abgestimmt. Der Aufbau der «Mine-Cars» kann in *sechs Baugruppen* gegliedert werden:

Fahrwerke

Die Fahrwerke bilden das Kernstück des *Antriebes*. Jeder «Mine-Car» hat deren *zwei*, die im Aufbau identisch sind. Je Fahrwerk sind *vier Laufachsen* eingebaut, wobei drei direkt über Elastikkupplungen mit Radialkolbenmotoren angetrieben werden. Jedoch können alle vier Achsen gebremst werden, da an jeder Bremsscheiben angeflanscht sind. Je ein Drehkranz verbindet die Fahrwerke mit dem Chassis.

Chassis

Das Chassis verbindet die beiden Fahrwerke und dient als Hauptrahmen für den Aufbau der beiden Mulden, des Turntables sowie der Power Unit. Die beiden Längsrahmen sind als Kastenprofile ausgebildet, um bei geringem Gewicht ein optimales Trägheitsmoment zu erreichen.

Bild 19. Der «Mine-Car» wird mit Tübbingelementen beladen. Dafür wurde ein spezieller Greifer entwickelt

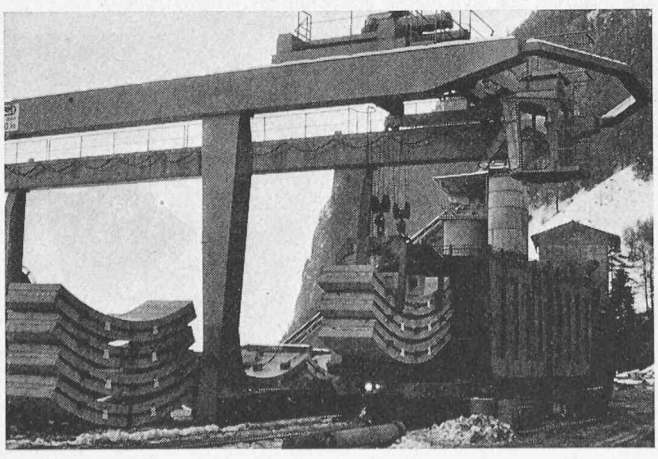
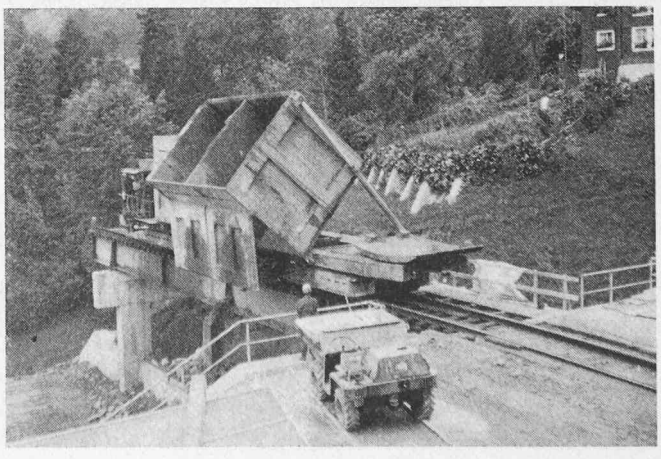
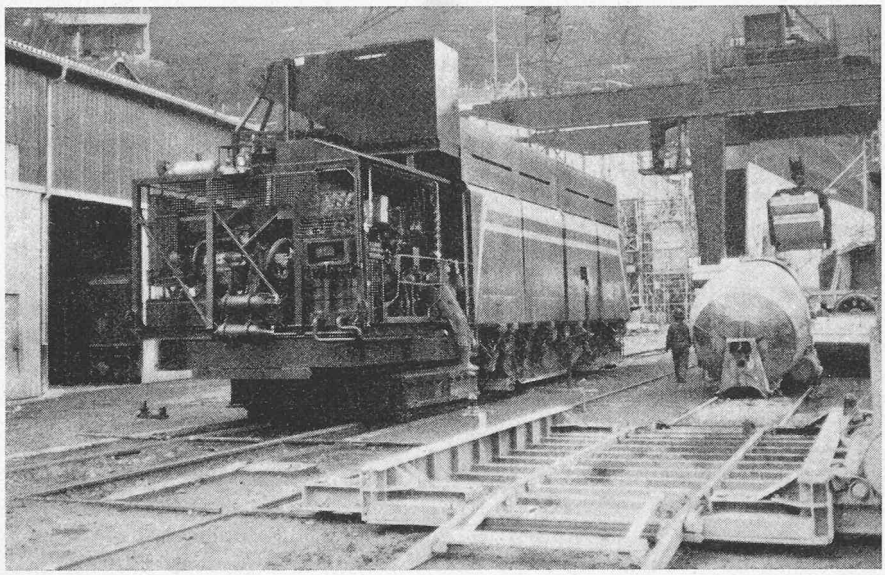


Bild 20. Der «Mine-Car» kippt das Felsausbruchmaterial auf die Zwischendeponie





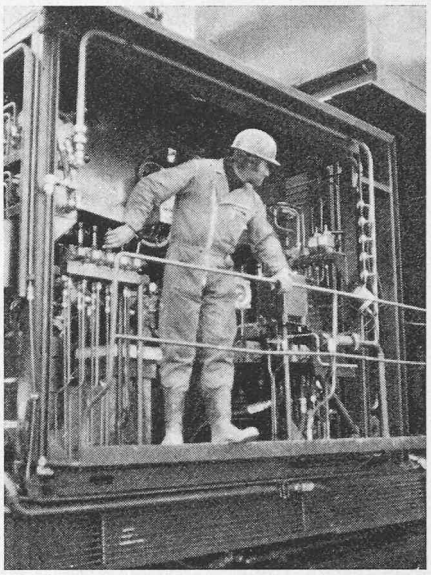


Bild 21 und 22. Gesamtansicht des «Mine-Cars». Es sind die zwei Boxen mit insgesamt vier Türen, die Antriebsgruppe und der Hydrokuli zu erkennen. Im Vordergrund sieht man die Schiebebühne, die es erlaubt, mit den Schienenmischern vom Hauptgeleise aufs Geleise der Betonanlage zu gelangen. Sie musste eingebaut werden, weil mit den schweren «Mine-Cars» keine Weichen befahren werden dürfen (links). Fahrerstand mit Power Unit des «Mine-Cars» (rechts)

Turntable (Drehtisch)

In Fahrtrichtung Vortrieb ist vorne der Turntable (Drehtisch) aufgebaut. Während der Fahrt lagern die überstehenden Elemente längs in Fahrtrichtung auf dem Turntable (Bild 19). Sowohl beim Drehen des «Mine-Cars» in der Kaverne (enge Platzverhältnisse) als auch beim Abladen der Elemente auf den Stapelwagen, wird der Turntable *hydraulisch* um 90° gedreht.

Boxen

Auf jedem «Mine-Car» sind zwei Boxen (Mulden) mit total 140 m³ Fassungsvermögen aufgebaut. Die Boxen haben längsseitig Türen mit obenliegenden Scharnieren. Während des Beladens und der Fahrt sind die Tore unten mittels Klauen verriegelt. Die Unterteilung in zwei Mulden war notwendig, da sonst die Stabilität des Fahrzeugs während des Kippens nicht gewährleistet wäre; somit muss auf der Kippbrücke jede Boxe einzeln gekippt werden (Bild 20).

Gunitsilo

Beim Rücktransport wird zusätzlich zu den Tübbingelementen für das Hinterfüllen der Tübbinge Gunit in einem besonders hierfür vorgesehenen *Hydrokuli* mitgenommen. Dieser *Kippsilo* ist zwischen den Boxen und der Power Unit montiert (Bild 21). Er wird von oben beschickt, um ein schnelles Füllen zu gewährleisten.

Power Unit (Antriebsgruppe)

Die Dieselmotoren, Hydraulikpumpen, -ventile, -blöcke, der Hydrauliktank und der Fahrerstand sind zu einer Einheit, der Power Unit, zusammengefasst (Bild 22). An den beiden *350-PS-Dieselmotoren* sind schwungradseitig die beiden verstellbaren Axialkolbenpumpen für den hydrostatischen Antrieb angeflanscht. Sämtliche Bedienungselemente sowie Überwachungsgeräte sind hier übersichtlich untergebracht und geben dem Fahrer die Möglichkeit, das Schienenfahrzeug millimetergenau zu fahren. Um den «Mine-Car» zu beschleunigen, feinfühlig zu bremsen oder die Boxen zu kippen, sind *alle Bedienungen servohydraulisch oder elektrohydraulisch* betätigt, damit der Fahrer mit geringen Stellkräften ermüdungsfrei arbeiten kann.

Hydrostatischer Antrieb

Die feinfühlige Beschleunigung und Bremsung des gigantischen «Mine-Cars» ist nur mit einem hydrostatischen Antrieb wirtschaftlich. Selbstverständlich wird hier wie bei allen neuzeitlichen hydrostatischen Antrieben der *geschlossene Kreislauf* gewählt. Die beiden verstellbaren Axialkolbenpumpen treiben *sechs parallel geschaltete Radialkolbenmotoren* an. Um ruckfrei anzufahren, wird ein 4/3-Wege-Ventil zwischengeschaltet. Das auftretende Lecköl decken die eingebauten Speisepumpen. Sämtliche Hauptventile sind in einem besonderen Hydraulikgussblock untergebracht. Dies bietet den Vorteil weniger Verschraubungen und Leitungen und erhöht hiermit wesentlich die Betriebssicherheit. Zur Optimierung der Sicherheit sind ebenfalls direkt an den Radialkolbenmotoren sogenannte Safety-Blöcke angeflanscht. Der Zwangslauf aller Motoren garantiert die Kopplung Rad–Schiene.

Bremssysteme – Sicherheitssysteme

Solch schwere Stollenfahrzeuge, die vollbeladen ein grosses Gefälle befahren, müssen in bezug auf die Bremssysteme optimal ausgerüstet sein, damit in jeder Situation das Fahrzeug sicher gebremst werden kann. Aus diesen Gründen wurden die «Mine-Cars» mit *drei unabhängigen Bremssystemen* ausgerüstet und mit einem *automatischen Geschwindigkeitsüberwachungssystem* versehen.

Betriebsbremse

Die Betriebsbremse ist als *Scheibenbremse* konzipiert und wirkt auf alle acht Laufachsen. Es wird mit Hydraulikdrucköl gebremst. Beide Fahrwerke weisen aus Sicherheitsgründen *getrennte Bremskreise* mit Akkubetrieb auf.

Sicherheitsbremse

Eine *unabhängige Federspeicherbremse* bildet die Sicherheitsbremse, die mit Drucköl gelüftet werden muss und auf alle acht Achsen wirkt. Bei eventuellem Druckabfall im Hydrauliksystem werden die Bremsen sofort betätigt und leiten eine Vollbremsung ein.

Hydrostatische Bremse

Im *Gefälle* arbeiten die *Hydraulikmotoren als Pumpen*, die *Axialpumpen als Motoren*, welche die Last auf die Dieselmotoren abstützen. Somit arbeitet der hydrostatische Antrieb als Bremse. Zusätzliche Sicherheitsblöcke an den Hydraulikmotoren angeflanscht, gewährleisten eine sofortige hydraulische Bremsung, falls bei Rohrbrüchen der Ansteuerdruck zusammenbricht. Diese Bremsung wird ohne jegliches Zutun des Fahrers eingeleitet.

Automatisches Geschwindigkeitsüberwachungssystem

Das automatische Geschwindigkeitsüberwachungssystem wirkt auf die hydrostatische Bremse *und* auf die Betriebs- und Sicherheitsbremse. Überschreitet der «Mine-Car»-Fahrer die vorgeschriebene Geschwindigkeit, wird automatisch die Bremsung eingeleitet. Das Fahrzeug muss im Stillstand ca. 60 s verharren, erst dann kann der Fahrer das Signal löschen und das Schienenfahrzeug wieder in Betrieb setzen.

Schlussbemerkungen

Die beschriebenen Massnahmen bieten nach dem heutigen Stand der Technik ein *Optimum an Sicherheit*. Sowohl der hydrostatische Antrieb als auch das Brems- und Überwachungssystem sind weitgehendst eine Entwicklung der ARGE Huttegg. Die «Mine-Cars» haben sich in der Praxis gut bewährt. Sie erreichen eine hohe Betriebsbereitschaft, was auch auf das ausgezeichnete Bedienungs-, Wartungs- und technische Personal zurückgeführt werden muss.

Selbstverständlich ist es in einer kurzen Beschreibung unmöglich, alle Einzelheiten ausführlich zu behandeln. Wir hoffen jedoch, einen Einblick in die Problematik dieses immensen Stollenfahrzeuges gegeben zu haben.

Martin Herrenknecht / Werner Grindat

Hölzerne Schalungsgerüste

Zur Erstellung von *Startring-Tunnelabschnitten* zum «Big-John»-Vortrieb, sowie für das Erstellen von *Kavernengewölben der Lüftungszentrale* hat sich die Arbeitsgemeinschaft Huttegg, nach ausführlichen Untersuchungen, zur Verwendung von hölzernen Schalungsgerüsten entschieden.

Allgemeines

Konstruktions- und Materialwahl

Stollen- und Tunnelschalungen dieser Art sind besondere, völlig objektgebundene Aufgaben. Obschon sie nur als *Hilfsmittel* für die Erstellung von Betonbauwerken dienen, und keine bleibenden Bestandteile darstellen, beeinflussen ihre Ausbildung und das Arbeiten mit ihnen wesentlich deren Kosten.

Nebst der hohen Beanspruchung durch Betongewicht und -druck sind viele andere Faktoren, wie die Gewährleistung des übrigen Baubetriebes, das Montage- und Demontagevorgehen, Verschiebemanöver usw. für Entwurf und Projektierung mitbestimmend. Ausschlaggebend für die Material- und Systemwahl von Schalung und Rüstung sind die Erstellungskosten in Abhängigkeit der Lebensdauer, d.h. der Anzahl der insgesamt erlebbaren Einsätze.

Belastungsannahmen, Betondruck

Gegenüber der Vielzahl der im Hoch- und Ingenieurbau üblichen zweihäuptigen Schalungen sind *Tunnel- und Kavernenschalungen praktisch immer einhäuptig*. Der *Betondruck* und alle sonstigen Belastungen müssen *einseitig* von der Schalungskonstruktion aufgenommen und abgeleitet werden. Er hängt von sehr vielen Faktoren, wie dem *Raumgewicht des Frischbetons*, der *Steiggeschwindigkeit beim Betoniervorgang*, der *Abbindezeit des Mischgutes*, der *Betonverdichtung* usw. ab.

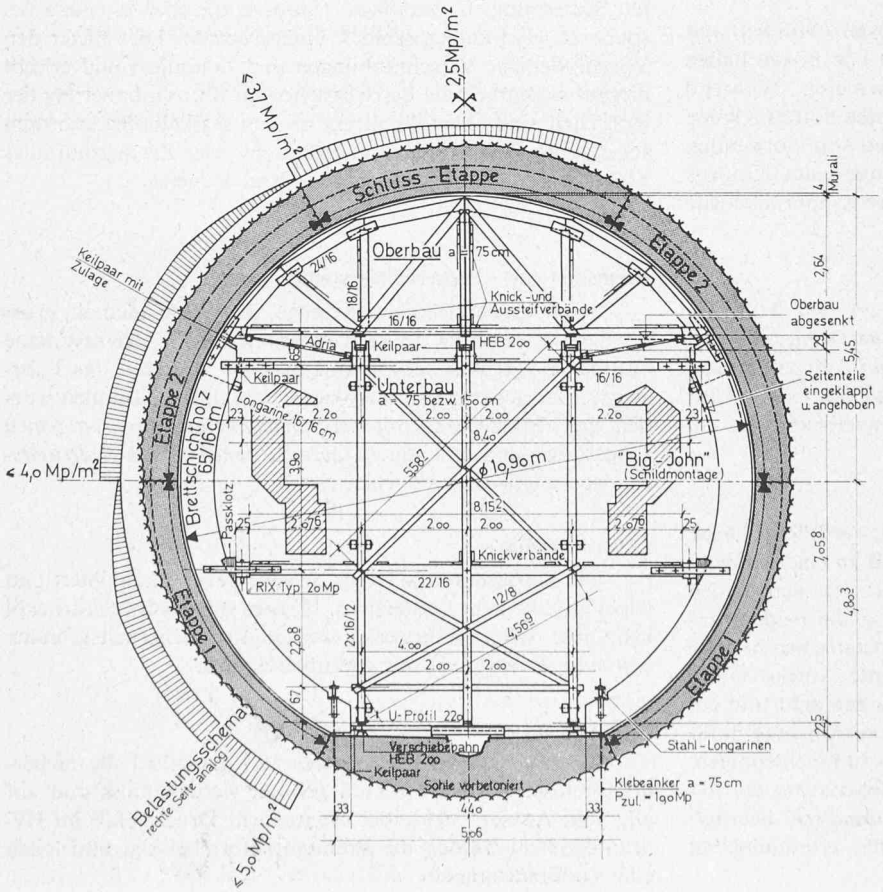


Bild 24. Ansicht der Schal- und Lehrgerüsteinheit mit Belastungsschema

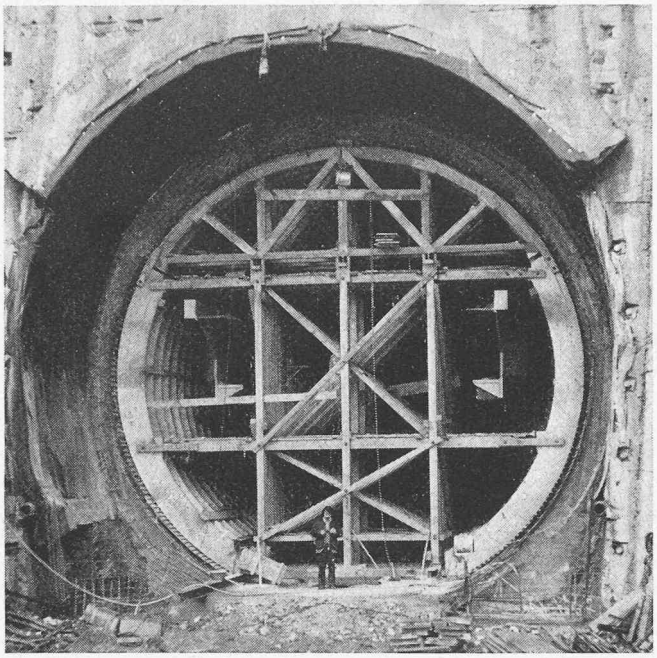


Bild 23. Startröhrenschalung. Der Röhrendurchmesser beträgt 10,90 m

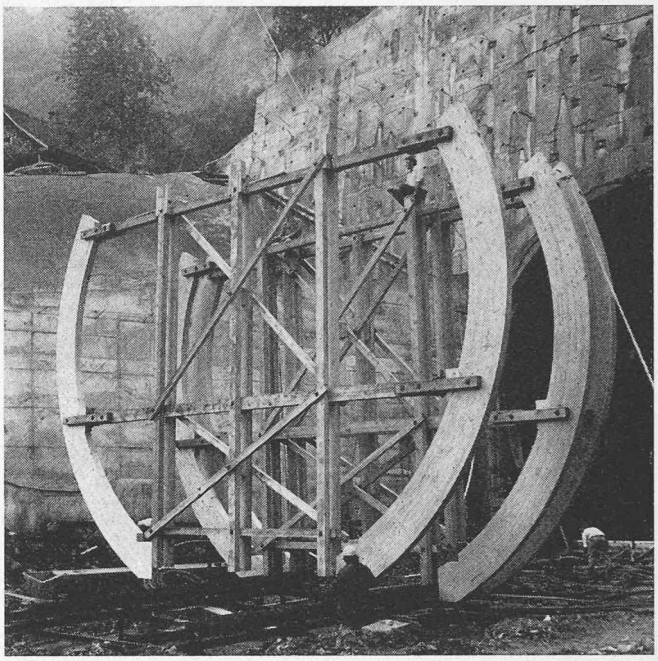


Bild 25. Erstmontage vor dem Lüftungsstollenportal

In der Fachliteratur finden sich viele Formeln, die eine grössere oder kleinere Anzahl dieser beeinflussenden Faktoren berücksichtigen. Sie sind *empirisch* gefunden worden. Es gilt nebst dem Eigengewicht von Schalung und Rüstung, sowie Nutzlasten aus dem Baubetrieb, brauchbare und zutreffende Annahmen für den auftretenden Betondruck zu treffen.

Für die Bemessung der nachstehend beschriebenen Schalungsgerüste wurde ein max. Betondruck von 5,0 Mp/m² zu Grunde gelegt, entsprechend einer vertikal gemessenen Steiggeschwindigkeit von 1,5 bis 2,0 m/h, resultierend aus der Betonabmessung und der Pumpbetonleistung. Messungen und Erfahrungen des Verfassers an vielen ähnlichen Schalungsobjekten haben die Richtigkeit dieser Annahme mehrmals bestätigt.

Die Rüstung soll dem festgelegten Betoniervorgang angepasst sein. Das *Einbringen des Betons* hat möglichst *symmetrisch* zu erfolgen.

Alle möglichen und ungünstigen Lastfälle müssen in der statischen Berechnung untersucht werden. So erfolgte z. B. die *Stabkraftermittlung* zu den Lehrgerüsten der Kavernengewölbe für fünf verschiedene Betonierphasen bzw. «Beton-Pegelstände». Ebenso von Bedeutung ist das genaue Ermitteln und allenfalls Ausschalten von auftretenden Verformungen am Gerüstsystem.

Die ausgeführten Schalungs- und Lehrgerüste

Startröhrenabschnitte

Entsprechend den Startpositionen des «Big-John» mussten zur Aufnahme der Vorschubkräfte fünf Tunnelröhrenabschnitte mit einem Durchmesser von 10,9 bzw. 11,1 m und einer Länge von je ca. 15,0 m, in in Ortbetonbauweise erstellt werden.

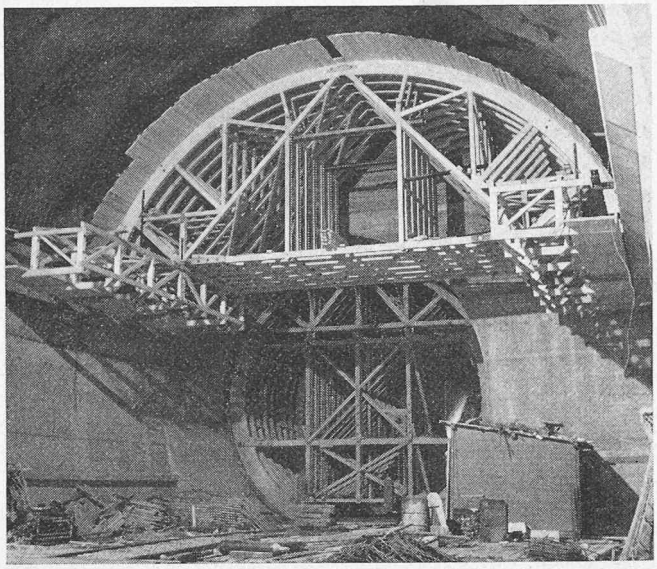
Die Bilder 23 und 24 zeigen die verwendete Schal- und Lehrgerüsteinheit, die aus einem ausgesteiften Traggerüst zur gegenseitigen Abspriessung der auftretenden Betondrücke besteht. Formgebend sind im Abstand von 75 cm Biegen angeordnet. Seitlich bestehen diese aus brettschichtverleimten Bogenteilen, der Oberbau aus Fachwerkelementen in Normalholz. Die in die Tragkonstruktion auskragenden und vormontierten Schildteile des «Big-John» waren bei der Planung besonders zu berücksichtigen.

Die *Erstmontage* erfolgte *vor dem Lüftungsstollenportal*. Der genaue Abbund aller Einzelteile wurde in der Zimmereiwerkstatt vorgenommen. Nach dem Zusammenbau einzelner Elemente werden diese zur fertigen Gerüsteinheit zusammengestellt (Bild 25 und 26).

Als *Schalhaut* dienten auf die Holzkonstruktion fixierte *Metall-Murali*. Die max. Schalungsnutzlänge beträgt 6,0 m. Im *Querschnitt* wurde jeweils in zwei symmetrischen und einer Schlussetappe armiert und betoniert. Die Betongewölbestärke variiert zwischen 0,50 m und 0,90 m plus allfällige Überprofile.

Eine wichtige Detailmassnahme ergab sich aus dem Lastfall der jeweiligen 1. Betonieretappe, wo infolge des praktisch radial wirkenden Betondruckes ein Auftrieb für die Schalung resultierte. Trotz des beträchtlichen Eigengewichtes von rund

Bild 26. Zwei formgebende Elemente sind montiert



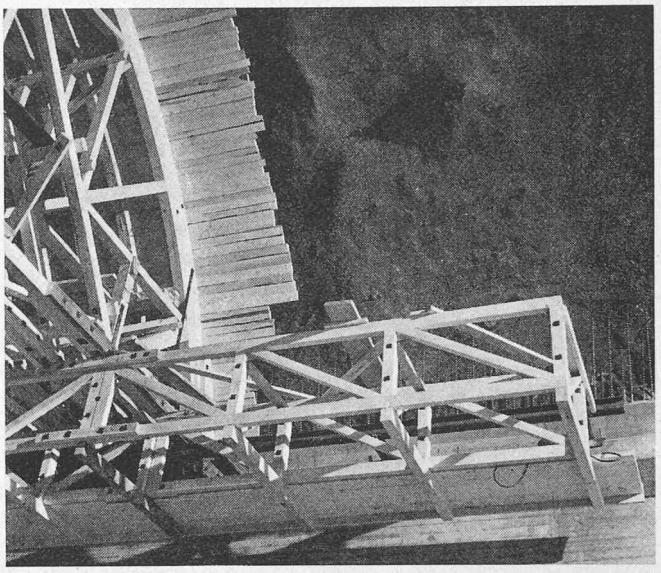


Bild 27 (links). Das Lehrgerüst steht für die erste Betonieretappe des grossen Kavernengewölbes bereit. Im Hintergrund die Startröhrenschalung. – Bild 30 (rechts). Auskragender Lauf- und Bedienungssteg

25,0 Mp der Schaleinheit, ergab die Berechnung noch eine *Auftriebskraft von 140 Mp*. Um ein Abheben zu verhindern, wurden die Bogenteile über Stahllongarinen mit 2×8 *Klebeankern* zu 10,0 Mp zulässiger Zugkraft, im Bereich der vorbetonierten Tunnelsohle, in den Fels eingebunden. Diese Verankerungsart wurde aus Sicherheitsgründen einer Scheitelspriessung vorgezogen.

Je Startröhre war die Schaleinheit dreimal in Längsrichtung zu verschieben. Durch das Einklappen der Seitenteile und Absenken des Oberbaues konnte die Schalung vom Beton gelöst und verkleinert werden, ohne sie in Einzelteile zerlegen zu müssen. Diese Beweglichkeit wurde auf einfache Art, durch die Anordnung von Keilpaaren und Spezial-Absenkvorrichtungen in den Kontaktstellen, erreicht. Zwei geschmierte Stahlprofilträger dienten als Verschiebebahnen.

Ebensowenig war für den Transport zu den einzelnen Startpositionen ein Zerlegen der Schalung notwendig. Nach Einschieben eines Stahlrahmens, auf schienengebundenen Rollwagen unter die Tragkonstruktion und Anheben der ganzen Einheit mit hydraulischen Pressen, konnte der Transport auf den vorhandenen«Mine-Car»-Geleisen ohne Schwierigkeiten abgewickelt werden.

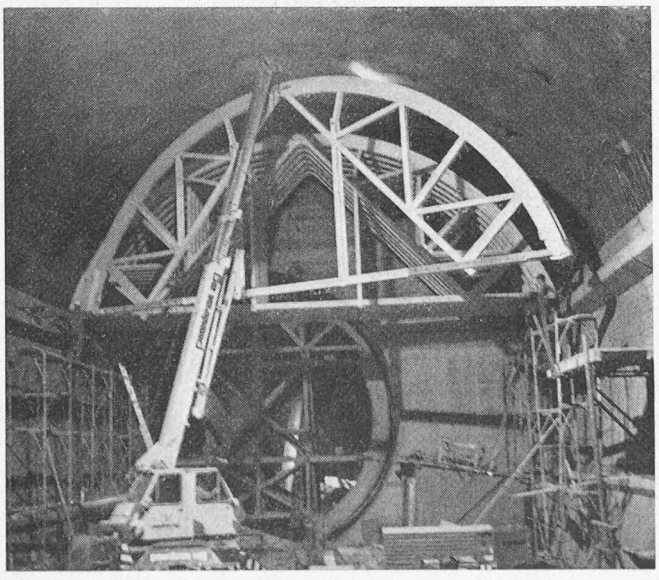
Kavernengewölbe der Lüftungszentrale

Die Gewölbe zu den beiden grossen Kavernen sowie zum Querverbindungsstollen bilden die Schlussetappe im Anschluss an den vorgängig erstellten Wandverkleidungsbeton.

Wie bereits im ersten Teil des Artikels erwähnt, wickelt sich der ganze Schienenverkehr über die *Kavernen*, als *Knotenpunkte aller Baustellen unter Tag*, ab. Das reservierte Durchfahrtsprofil für den «Mine-Car»-Betrieb im Bereich der Ausstellgeleise und der Drehscheiben schliesst direkte Gerüstabstützungen aus. Freitragende Schalungsgerüste sind also erforderlich.

Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich im wesentlichen auf das Schalungsgerüst der Hauptkavernen mit einer freien Spannweite von 15,4 m und einer Stichhöhe von 5,75 m. Das Gerüst der Verbindungskaverne weist mit 10,5 m eine

Bild 29 (links). Bindermontage. – Bild 31 (rechts). Einspielen und Absetzen der ganzen Schalungseinheit mit zwei Kranwagen in der zweiten Hauptkaverne



etwas kleinere Spannweite auf, wurde jedoch nach dem gleichen Prinzip konstruiert.

Mehrere *Gerüstkonzepte* wurden untersucht. Erste Vorabklärungen ergaben, dass eine Ausführung in Stahl nicht konkurrenzfähig war. In der Folge wurden für zwei Holzvarianten die genauen Erstellungskosten ermittelt. Das statische System war bei beiden ähnlich, jedoch die Art der Verbindungsmittel verschieden.

Entsprechend der grossen Stabkräfte kamen bei der ersten Variante Einpress- und Einfräsdübel in Frage, bei der zweiten handelte es sich um Knotenverbindungen in patentierter Greimbauweise. Die Ausführung in Greimbauweise, mit pro Knoten vier eingeschlitzten und durchgenagelten Greimblechen, zeigte sich in allen Teilen als die vorteilhafteste Lösung. Erwähnt seien u.a. die einteilige Stabführung, kleine Bau- und Transportbreiten, zentrische Anschlüsse mit extrem geringem Schlupf, hoher Vorfertigungsgrad, ca. 40 Prozent Materialersparnis und der günstige Preis.

Bild 27 zeigt die fertig montierte Lehrgerüstkonstruktion vor dem ersten Einsatz. Als statisches System wurden *Dreigelenk-Fachwerkbogen* gewählt. Die Obergurten bestehen aus brettschichtverleimten Bogenteilen mit einem Schalungsradius von 8,10 m. In Bauholz GK II sind die Fachwerkstäbe, sowie die Zug- und Druckgurten in Kämpferhöhe ausgeführt. Mit besonderer Sorgfalt sind in den verschiedenen Ebenen wirksame Knick- und Aussteifverbände angeordnet.

Als Gerüstauflager boten sich die betonierten Wandkonsolen von 40 cm Breite an, die später als Zwischendeckenlager gebraucht werden. Auf diesen Konsolen sind über Spezial-Absenkkeile, im Abstand von 75 cm, die Binder aufgesetzt. Die max. Auflagerreaktion beträgt pro Absenkvorrichtung rund 29,0 Mp (Bild 28).

Die Montage der Lehrgerüstkonstruktion (Bild 29) erfolgte mit einem mobilen Kranwagen. Vorher wurden alle Dreigelenkbinder, bestehend aus je zwei vorgefertigten Fachwerkteilen und den Verbindungsgurten, einzeln zusammengebaut.

Als *Schalhaut* wurde eine gehobelte und gefügte, 45 mm starke Holzschalung verwendet. Im Kämpferbereich ist die Schalung auf beweglichen Biegen befestigt, so dass allfällige Toleranzen der vorbetonierten Gewölbeansätze ausgeglichen werden können. Die Schalung kann für eine max. Betonetappenlänge von 4,82 m eingesetzt werden.

Die Dicke des Gewölbebetons misst 70 cm plus Überprofile. Der Beton wird jeweils ohne Unterbruch für die ganze Etappe eingebracht.

Das ganze *Schalgerüst ist in Längsrichtung verschiebbar.* Dazu wurden folgende Vorkehrungen getroffen: Parallel zu den Betonkonsolen sind über eingespannte Stahlkragträger, Profilträger als Verschiebebahn aufgesetzt. Die Kragträger sind im Abstand von 2,50 m versetzt und mit je zwei Klebeankern zu 8,3 Mp Tragkraft auf den Betonkonsolen befestigt.

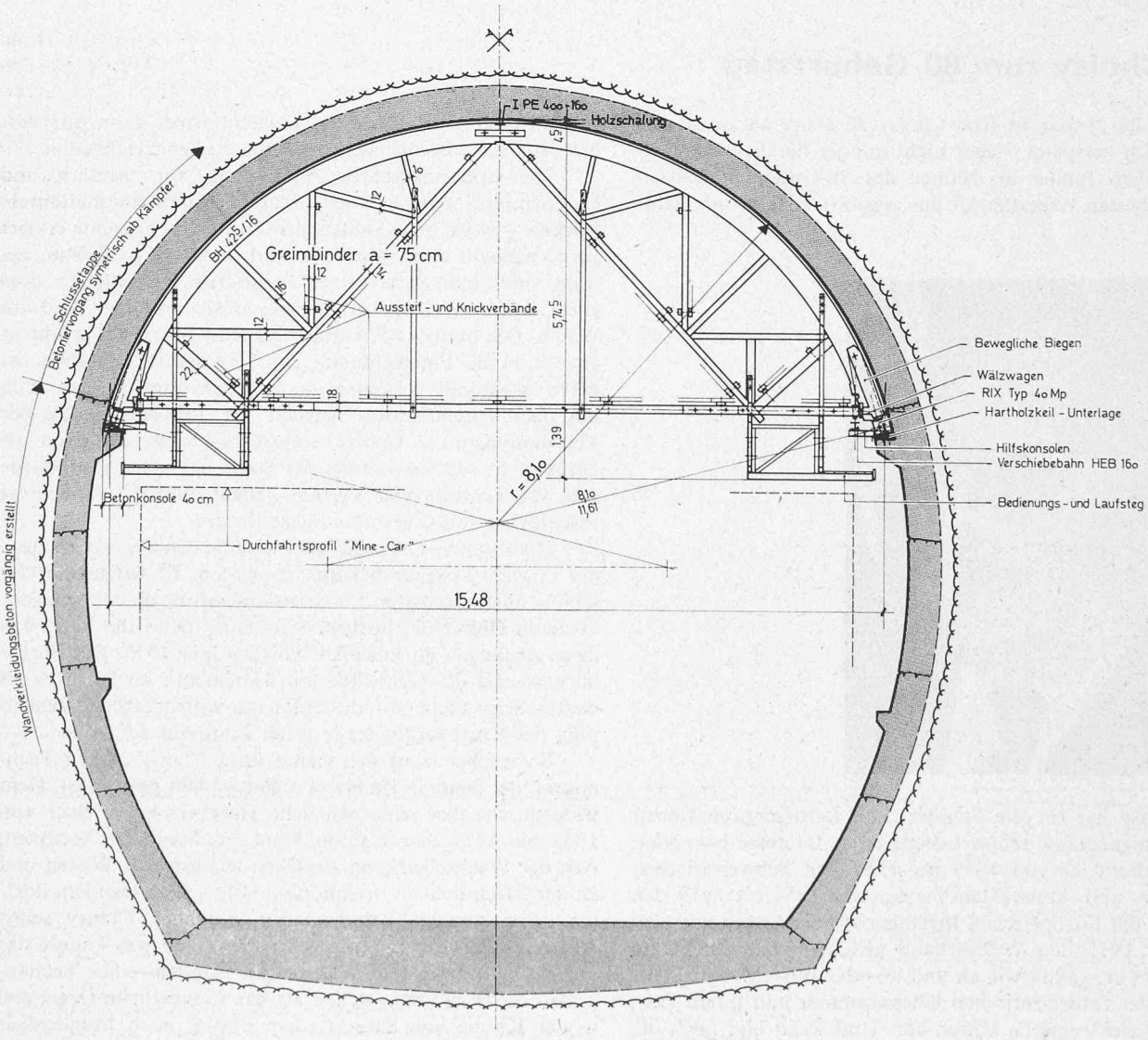


Bild 28. Ansicht des Lehrgerüstes zum Kavernengewölbe, Spannweite 15,40 m

Die gleichzeitige Benützung der Betonkonsole als Auflager und als Verschiebebahn war infolge der knappen Platzverhältnisse nicht möglich.

Um das Versetzen und Demontieren der Stahlkragträger sowie das Vor- und Nachziehen der Verschiebebahnträger zu erleichtern, sind unter dem Lehrgerüst zwei, je nach vorn und hinten 5,5 m frei auskragende, Laufstege abgehängt (Bild 30). Der Stegbereich unter dem Gerüst dient zugleich als Standort für die Bedienung der Absenkvorrichtungen.

Nach dem Absenken des Schalgerüstes um 6 cm, setzen eingebaute Wälzwagen auf den Verschiebebahnträgern auf. Ohne grosse Mühe ist so das etappenweise Ziehen der ganzen Schaleinheit mit einfachen Habeggerzügen möglich. Die Schalung wird für die nächste Verwendung mit hydraulischen Pressen oder durch Anziehen der Absenkvorrichtungen wieder angehoben und in die richtige Lage gebracht.

Ein nicht alltägliches Vorgehen wurde für den *Standortwechsel der Schaleinheit* über Querverbindungsstollen in die zweite Hauptkaverne gewählt. An Stelle einer weitgehenden Zerlegung des Gerüstes wurde die ganze Einheit, Gewicht rund 32 Mp, mit zwei mobilen Kranwagen in den Axbereich der Querkaverne eingespielt, abgesenkt und direkt auf einen Tiefbettwagen verladen. Nach dem kurzen Transport über den Verbindungsstollen wurde wiederum mit Hilfe der zwei Kranwagen das ganze Gerüst auf die Höhe der Verschiebebahnen angehoben, eingespielt (Bild 31) und abgesetzt.

Schlussbetrachtungen

Bis heute sind folgende Tunnel- und Gewölbeteile mit den beschriebenen Schalungsgerüsten etappenweise betoniert worden:

- Fünf Startröhrenabschnitte mit einer geschalten Fläche von rund 2000 m².
- Das Gewölbe der Querkaverne ist nach 19maligem Gerüsteinsatz fertig erstellt. Die geschalte Fläche betrug hier total ca. 1000 m².
- Von den Gewölben der grossen Kavernen sind rund ein Drittel der ca. 2100 m² realisiert. Total sind hier 24 Einsätze des grossen Schalungsgerüstes geplant.

Alle Arbeiten verliefen ohne nennenswerte Schwierigkeiten. Die theoretisch berechneten Verformungen, so z.B. max. 15 mm oder $^1/_{1000}$ der freien Spannweite beim grossen Kavernengerüst, haben sich zufriedenstellend bestätigt. Die positiven Erfahrungen und die Anzahl der erfolgreichen Einsätze sprechen für die weitere Verwendung des Baustoffes Holz für solche und ähnliche anspruchsvolle Sondertragwerke.

Hans Banholzer

Adresse der Verfasser: *U. Aeschlimann,* dipl. Ing. ETH, ARGE Huttegg, 6499 Bauen, *M. Herrenknecht,* Masch.-Ing. (grad.) VDI, ARGE Huttegg, 6499 Bauen, *W. Grindat,* Masch.-Ing. und *H. Banholzer,* Ing.-Büro für Holzbau, 6005 Luzern.

Eric Choisy zum 80. Geburtstag

Am 28. Januar ist Eric Choisy 80 Jahre alt geworden. Wenn auch verspätet – aber nicht minder herzlich – entbieten wir dem Jubilar im Namen des SIA und der Bauzeitung die besten Wünsche für das angebrochene neunte Jahrzehnt.

Choisy hat für die Standes- und Berufsorganisationen der Ingenieure Zeit seines Lebens reges Interesse bekundet. So präsidierte er von 1949 bis 1957 den Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein, von 1954 bis 1959 den Verband der Europäischen Ingenieurorganisationen und von 1968 bis 1975 den Weltverband gleichen Namens. Heute noch steht er – aktiv wie eh und je – der Wissenschaftskommission der Schweizerischen Uhrenkammer und ihrem Zentrum für elektronische Uhren vor. Und wenn hier noch die Präsidentschaft der Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie (von 1958 bis 1971) erwähnt wird, dann nur deshalb, um seine berufliche Formation zu kennzeichnen.

Die bruchstückhafte Aufzählung von Ämtern und Ehrenämtern weist auf sein nationales und internationales Wirken – etwa im Rahmen der Unesco – hin und erklärt auch, weshalb seine Mitarbeit und sein Rat weitherum gefragt sind. Die Basis seiner umgreifenden Tätigkeit liegt aber in der Westschweiz, insbesondere in Genf und im Wallis. Die berufliche Ausbildung zum Ingenieur erfuhr er an der Ecole Polytéchnique der Universität Lausanne, zu deren Mentoren er immer noch gehört und die ihn auch mit dem Ehrendoktorat bedacht hat. In Genf wirkte der Thermodynamiker Choisy vorerst bei Sécheron, dann als Direktor in der Verwaltung der Stadt. Zu seiner Zeit wurde u. a. die Zentrale von Verbois gebaut, und es wurden die öffentlichen Verkehrsmittel elektrifiziert.

Der breiten Öffentlichkeit ist Eric Choisy als «Vater» der Grande Dixence bekannt geworden. Er leitete die Geschicke dieser grössten Elektrizitätsgesellschaft der Schweiz, in deren Obhut die höchste Staumauer der Erde liegt, von ihren Anfängen im Jahre 1950 bis ins Jahr 1976. Die Ehrenbürgerschaft der Gemeinde von Hérémence im Wallis wirft da ein Schlaglicht auf die eminente wirtschaftliche Bedeutung des Kraftwerkbaues in jenen Jahren in den Alpen.

So erscheint auf den ersten Blick Choisy als ein Technokrat, der heute in ein etwas schiefes Licht geraten ist. Dem widerspricht aber seine politische Tätigkeit, hat er doch von 1963 bis 1971 den Kanton Genf im Ständerat vertreten. Aus der Wechselwirkung zwischen technischem Wissen und an der Öffentlichkeit orientiertem politischem Handeln dürften dabei sowohl Parlamentarier wie auch Choisy selbst Nutzen und Anregung gezogen haben. Und was könnte das nur rational gerichtete Wissen und Handeln eines Technokraten mehr in Frage stellen als das sonntägliche Orgelspiel in der Kirche von Satigny, dem Choisy nach Möglichkeit obliegt?

-yer.