Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 90 (1972)

Heft: 36: Internationales Symposium für Untertagebau in Luzern, 11. bis 14. September 1972

Artikel: Ausbruch und Verkleidung des Sonnenbergtunnels

Autor: Beusch, E. / Studer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85299

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: 06.01.2026

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

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

Internationales Symposium für Untertagbau Luzern

Schweizerische Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik

11. bis 14. September 1972

Als Studenten während des letzten Weltkrieges hatten wir den Eindruck, die Tunnelbauvorlesung behandle ein kaum mehr aktuelles Thema. Wohl gab es Wasserstollen für die Kraftwerke zu bauen, dazu einige geheimnisvolle militärische Untertagbauten; aber das Bahnnetz war längst fertig, und die Pionierleistungen des Alpentunnelbaues waren vielleicht glorreich gewesen, aber vorbei.

In den dreissig Jahren, die seither verflossen sind, hat sich die Lage wesentlich geändert, und zwar infolge der in unerwartetem Masse überhandnehmenden Verkehrsbedürfnisse. Das im Bau befindliche Nationalstrassennetz wird gegen 200 km Tunnelröhren umfassen, die jüngsten und die noch kommenden Bahntunnel etwa die Hälfte davon. Nach den ersten Betriebserfahrungen mit den Strassentunneln ist die Tunnelangst gewichen. Angesichts des Platzmangels im Baugebiet ertönt bei Diskussionen um die Linienführung von Verkehrsadern auch im Unterland immer häufiger der Ruf nach einer Verlegung in Tunnel, und zwar um so mehr, als damit zugleich dem Umweltschutzgedanken gedient ist. An die Stelle des rückläufigen Wasserkraftwerkbaues treten heute die Stollen der Wasserversorgungen und der Anlagen zur Abwasserbeseitigung. Der Untertagbau wird also bereits in der Gegenwart stark gepflegt und wird es noch mehr in der Zukunft werden.

Jeder Tunnelbau ist bisher eine ausgesprochene Massarbeit gewesen, ausgerichtet auf die geologischen Probleme des Ortes und die Bedürfnisse der Benutzung wie Lichtraum, Abdichtung, Belüftung, Beleuchtung. Der Mangel an Arbeitskräften und die Forderung nach wirtschaftlicher Bauweise zwingt zu immer stärkerer Mechanisierung und damit zur Typisierung der Profile. Die Schwierigkeit liegt dann häufig darin, dass die grossen Tunnelvortriebsmaschinen sich zu wenig gut an veränderliche Gebirgsverhältnisse anpassen lassen. Zudem ist es ärgerlich, dass wir heute trotz allem nicht schneller bauen als vor hundert Jahren. Auch wenn der Tunnelbau nicht jene unterentwickelte Bauweise ist, als welche er im Vergleich zur hohen Brückenbaukunst etwa gescholten wird, so bleibt doch manches zu verbessern.

Die vorliegende Sondernummer, die aus Anlass des Luzerner Tunnelsymposiums herauskommt, will keineswegs eine Antwort auf die aufgeworfenen Fragen geben. Sie behandelt auch nicht ausschliesslich das Thema Bergdruck, das in Luzern zur Sprache kommt. Sie möchte einfach anhand von ausgewählten Bauten (einige weitere Aufsätze werden später noch folgen) einen Eindruck vom heutigen schweizerischen Tunnel- und Stollenbau vermitteln. Prof. H. Grob

Ausbruch und Verkleidung des Sonnenbergtunnels

DK 624.191.24

Von **E. Beusch**, Baden, und **W. Studer**, Luzern

Der rund 1550 m lange, doppelröhrige Sonnenbergtunnel in Luzern durchstösst die gefaltete Molasse (Sandsteine und Mergel). Für den Ausbruch wird eine neuartige Konzeption des maschinellen Vortriebes angewendet (Bild 2), die sich sehr gut bewährt hat. Massgebend für den Erfolg ist die Stehzeit des Gebirges.

Für die Felssicherung wird mit gutem Erfolg die Spritzbetonbauweise angewendet, kombiniert mit einer systematischen Ankerung (Tabelle 1). Als Abdichtung dient eine 1,5 mm starke PVC-Folie, die punktweise am Aussengewölbe befestigt wird. Ein allfälliger Wasserdruck wird durch das Innengewölbe übernommen.

Die erste Tunnelröhre ist im Frühjahr 1972 aufgefahren worden. Die Arbeiten werden noch längere Zeit andauern.

1. Einleitung

Die Nationalstrasse N2 durchquert im Bereich der Stadt Luzern in einem doppelröhrigen, rund 1550 m langen Tunnel den Sonnenberg. Die allgemeinen Dispositionen sind bereits früher [1] kurz beschrieben worden; sie werden hier nur soweit als nötig aufgeführt.

2. Geologische Daten

Der Tunnel durchfährt, abgesehen von einer kurzen Lockergesteinstrecke im Norden, eine fast aufrecht stehende Falte der Molasse (Bild 1). Die Schichtflächen stehen deshalb annähernd lotrecht. Sie streichen im südlichen Viertel fast senkrecht, im übrigen Teil bis 40° schief zur Tunnelachse. Die Schichtstärken variieren im dm- bis m-Bereich. Neben der

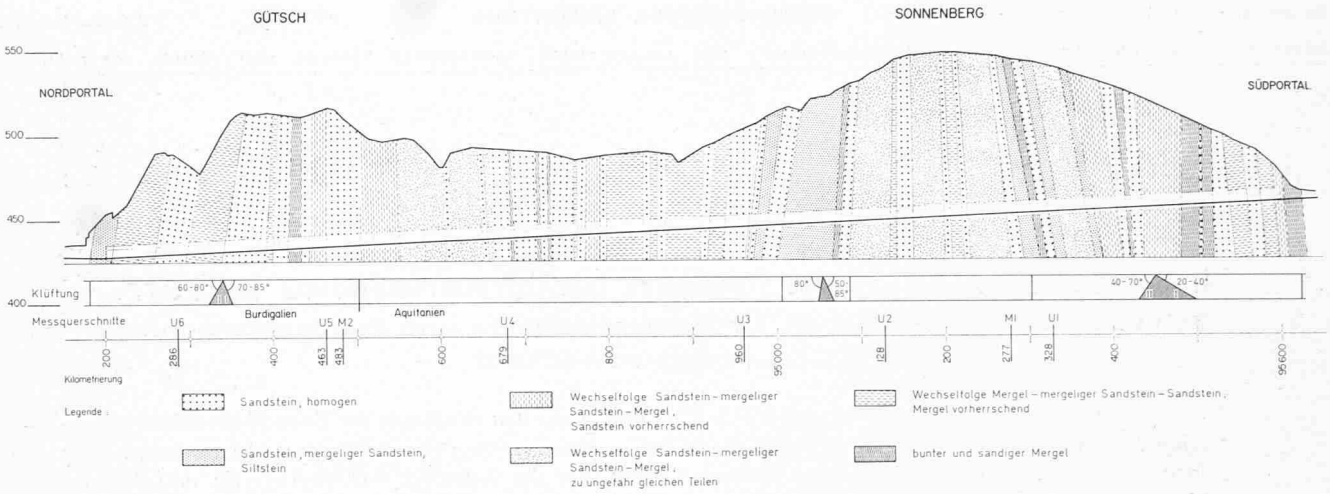

Bild 1. Geologisches Längenprofil gemäss Aufnahme im Pilotstollen West

Schichtung sind einige Kluftsysteme zu beachten, die vorwiegend in Richtung ENE-WSW streichen, also ähnlich wie die Schichten. Die Überdeckung des Tunnels ist nicht gross, sie beträgt maximal 90 m.

Die anstehenden Gesteine sind petrographisch sehr verschieden. Im Burdigalien überwiegen die teilweise sehr feinkörnigen und harten Sandsteine, im Aquitanien kommen neben grobkörnigen, weniger harten Sandsteinen, häufig sandige Mergel und bunte Tonmergel vor. Letztere sind ziemlich weich und verwitterungsanfällig.

3. Ausbruch

Die Tunnelröhren werden mechanisch mit fallendem Vortrieb von 2,7% aufgefahren, wobei auf Vorschlag der ARGE Sonnenbergtunnel ein neuartiges Konzept der Maschinen angewendet wird (Bild 2).

3.1 Pilotbohrung

Zuerst wurden die beiden Pilotstollen von 3,50 m Durchmesser mittels der Vortriebsmaschine «Robbins 111–117» vorgetrieben. Es wurde vorwiegend im Zwei-Schichten-Betrieb gearbeitet. Die erzielten Leistungen können als sehr gut bezeichnet werden. Sie betragen für die Weströhre bei total 96 Arbeitstagen oder 144 Schichten:

Mittlere Vortriebsleistung/Schicht	10,0 m
Mittlere Vortriebsleistung/Arbeitstag	15,0 m
Maximale Vortriebsleistung/Arbeitstag	35,7 m

Das Gebirge erwies sich standfester als vermutet, was sicher auf die schonungsvolle Ausbruchmethode zurückzuführen ist. Es traten keine bedeutenden Niederbrüche auf. Als Kopfschutz wurden lediglich 35 Stahlbogen, vor allem im Portalbereich, versetzt.

3.2 Ausweitung

Nach der Montage der Tunnelbohrmaschinen Wirth TBE IV und TBE VII wurde die Ausweitung der Pilotbohrung auf das endgültige Profil Durchmesser 10,46 m begonnen (Bilder 3 und 4). Die Weströhre wurde im Frühjahr 1972 fertig aufgefahren, die Ausweitung der Oströhre ist seit einigen Wochen im Gang. Die erzielten Leistungen sind gut, wobei zu beachten ist, dass die beiden Maschinen nicht gleichzeitig, sondern nur abwechslungsweise arbeiten. Sie betragen bei der Weströhre bei 280 Arbeitstagen oder 410 Schichten:

Mittlere Vortriebsleistung/Schicht	3,5 m
Mittlere Vortriebsleistung/Arbeitstag	5,1 m

Die Maschinen standen an rund 64% der möglichen Arbeitstage in Betrieb. Längere, durch mechanische Pannen bedingte Unterbrüche waren selten.

Aufgrund der bisher aufgefahrenen Strecke kann diese neue Methode als erfolgreich bezeichnet werden. Entscheidend hierfür ist, bedingt durch das zweiphasige Vorgehen, die Stehzeit des Gebirges. Sie ist im vorliegenden Fall so gross, dass auch bei einem längeren Arbeitsunterbruch (10 bis 14

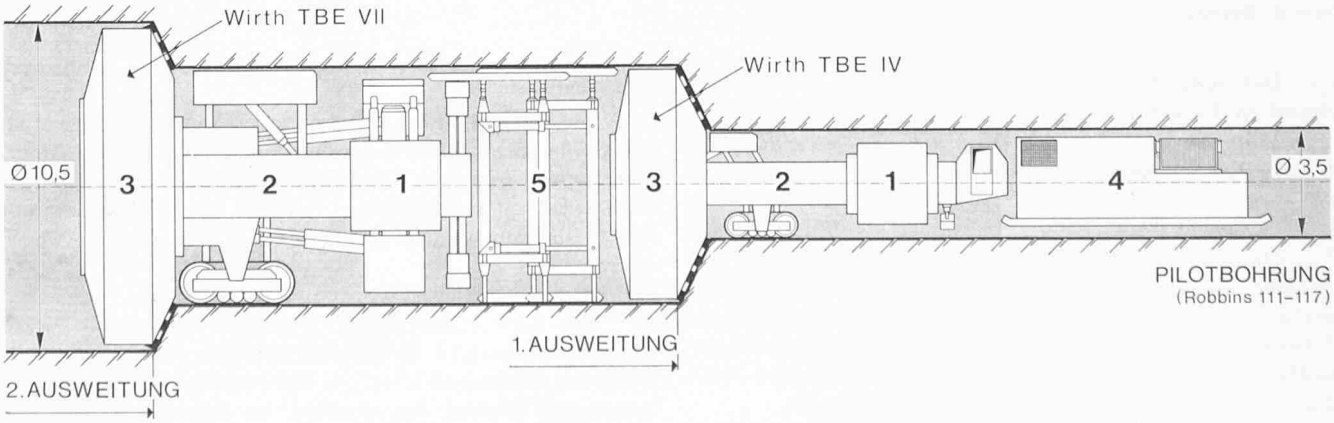

Bild 2. Schema der Tunnelvortriebsmaschinen. 1 Verspannvorrichtung, 2 Führungsvorrichtung, 3 Bohrkopf, 4 Antriebszentrale, 5 schreitender Einbau

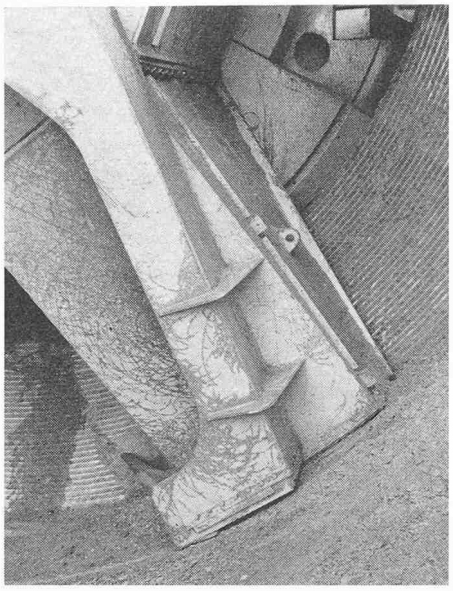

Bild 3. Bohrkopf-Arm der Wirth TBE VII. Die Spuren der Rollenmeissel sind auf der Felsoberfläche deutlich sichtbar

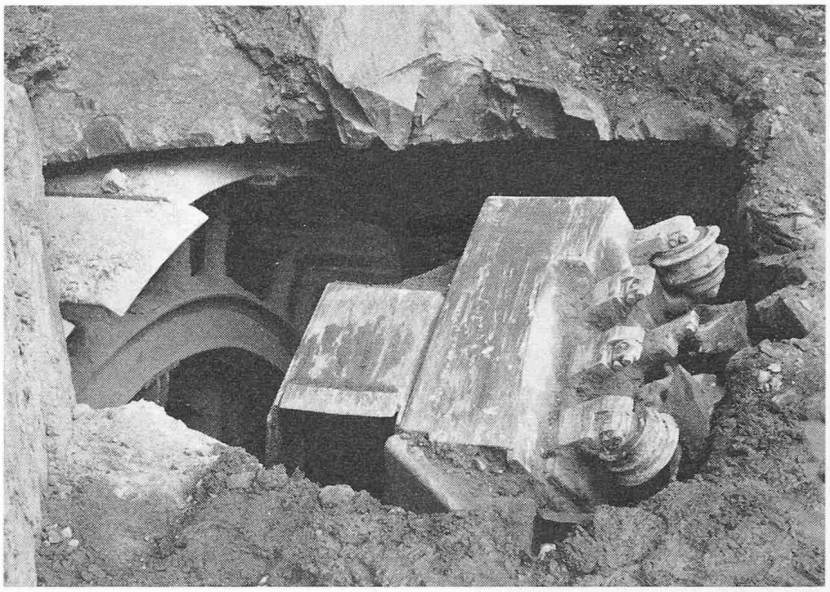

Bild 4. Durchbruch der Wirth TBE IV auf der Nordseite. Das Maschinenchassis befindet sich rechts vom Bohrkopf, welchem der schreitende Einbau unmittelbar folgt

Tage) in der Regel keine besonderen Felssicherungsmassnahmen getroffen werden müssen. Die guten Vortriebsleistungen haben zeitweise dazu geführt, dass der Arbeitsfortschritt von den erzielten Leistungen bei den nachfolgenden Arbeiten abhängig wurde.

Die Kurvenradien sollten für Maschinen dieser Grösse nicht unter $R = 400$ m gewählt werden. Engere Kurven können zwar noch ausgeführt werden, ergeben jedoch kleinere Vortriebsleistungen.

Trotz des verhältnismässig grossen Gefälles hat die ARGE für den Abtransport des Ausbruchmaterials den Gleisbetrieb gewählt, um schon vorhandene Geräte einsetzen zu können. Da beim maschinellen Vortrieb das Bohrklein fast kontinuierlich anfällt, ist die Transportkapazität der normalen Stollenzüge auch ausreichend.

4. Felssicherung und Aussengewölbe

Die Felssicherung einschliesslich Aussengewölbe (Bild 5) wird nach einem bestimmten Schema ausgeführt, das auf die geologischen Verhältnisse abgestimmt ist.

Die beiden Pilotstollen erlaubten einen vollständigen Aufschluss über das Gebirge. Die Aufnahme der geologischen Kriterien, vor allem der strukturellen Gegebenheiten an der fast glatten mit Bohrstaub verschmierten Stollenwandung erwies sich als ziemlich schwierig. Im geologischen Längenprofil (Bild 1) wurden nicht einzelne Schichten gesondert erfasst, sondern grössere Bereiche ausgeschieden, in denen ähnliche Eigenschaften erwartet werden konnten. Für diese Bereiche wurde die Ausbaustärke (Tabelle 1) bestimmt, wobei das am Institut für Strassen-, Untertag- und Eisenbahnbau an der ETH Zürich entwickelte Rechenprogramm STAUB [2] angewendet wurde.

Tabelle 1. Ausbaustärke in Abhängigkeit der Felsqualität. Vergleich zwischen Projekt und Ausführung

Typ	Projekt	Ausführung	Ankerung (Perfo)	Bew. Netze	Spritzbeton
1	35%	85%	⌀20, L = 2,5 m	100/100/3/3	5 cm
2	30%	11%	⌀26, L = 3,0 m	100/100/4/4	7 cm
3	35%	4%	⌀26, L = 3,5 m	100/100/5/5	12 cm

Direkt hinter der Ausweitungsmaschine wird der Sohlenbeton in Etappen von 6 m auf die gereinigte Felsoberfläche eingebracht. Zuerst wurden Pumpen, später Förderbänder, die sich als wirtschaftlicher erwiesen, eingesetzt. Auf dem Sohlenbeton werden sofort die Entwässerungsleitungen und die Schienen für die nachfolgenden Gerüstwagen (vorderste Abstützung auf luftbereiften Rädern) verlegt.

Auf der ersten Gerüstbühne – einige Meter nach der Brust – werden die radial gerichteten Löcher für die Felsanker gebohrt, wobei ein um den Mittelpunkt drehbares Bohrgerät «Notz» verwendet wird. Anschliessend wird – sofern nötig – die Vorabdichtung direkt auf den Fels aufgebracht. Mit gutem

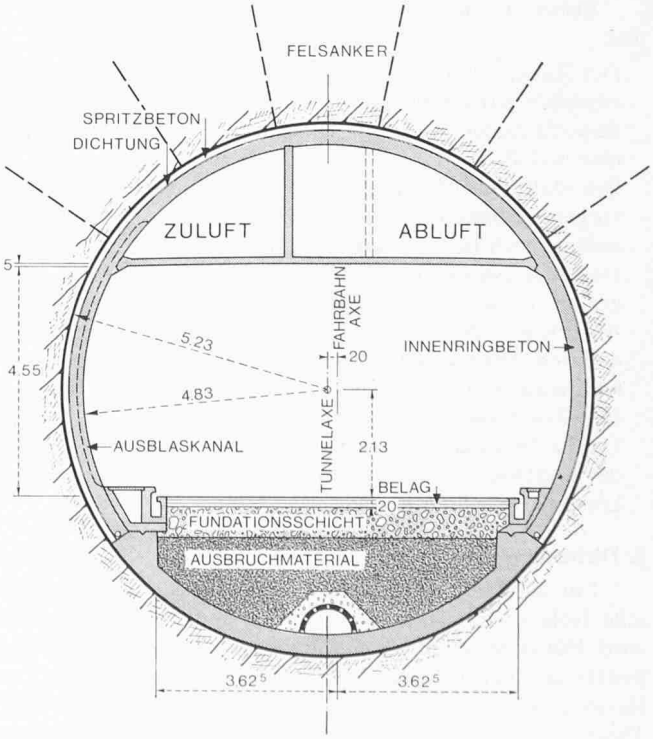

Bild 5. Normalprofil des Sonnenbergtunnels

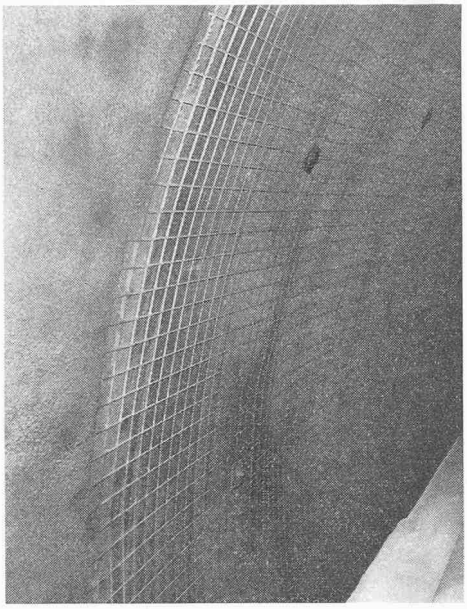

Bild 6. Ankerung, Bewehrungsnetze und erste Lage Spritzbeton an den Ulmen

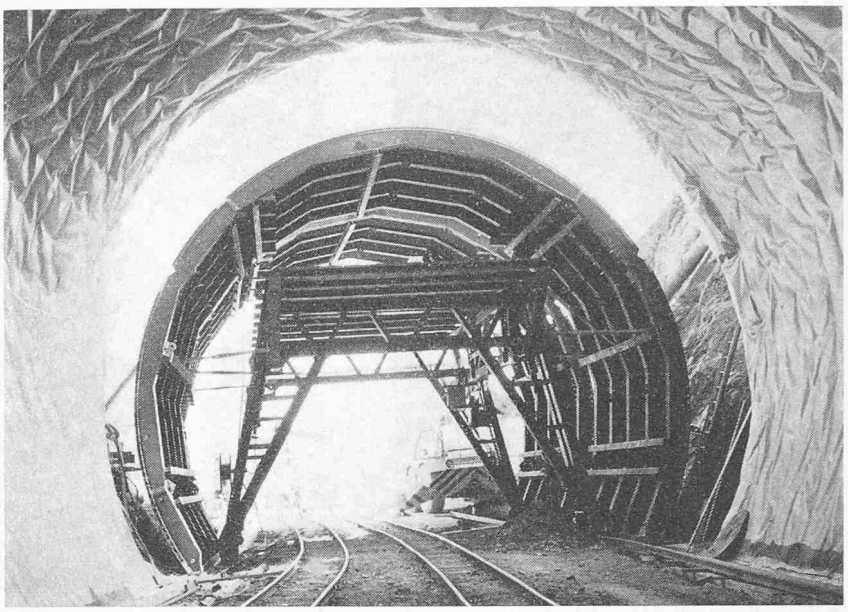

Bild 7. Fertig verlegte Folienabdichtung und Teleskopschalung für das Innengewölbe im Montagezustand beim Südportal

Erfolg wird ein Verfahren benützt, bei welchem Kunststoff-Halbschalen mit Bolzen auf dem Fels befestigt und eingespritzt werden.

Auf der zweiten Bühne werden nach dem Versetzen der Anker (im Kalottenbereich 0,3 Stück/m²) die Bewehrungsnetze verlegt und an den Unterlagsplatten der Anker befestigt (Bild 6). Der Spritzbeton mit Grösstkorn 8 mm wird in der Regel in 3 Arbeitsgängen nach dem Nass-Spritzverfahren «Laich» aufgebracht. Zuletzt wird ein Gunit mit Grösstkorn 3 mm aufgetragen, der als Unterlage für die elastische Dichtung dient. Je nach den gegebenen Verhältnissen ist 12 bis 18 Stunden nach dem Auffahren des vollen Profils das Aussengewölbe geschlossen.

Bisher wurden die nachstehenden Erfahrungen gesammelt:

- Der Rückprall auf der sehr ebenen Felsoberfläche ist nicht erheblich grösser als auf einer Felsoberfläche, wie sie beim herkömmlichen Ausbruch entsteht. Im Scheitel beträgt er maximal 40%.
- Die Haftung auf der glatten Felsoberfläche bietet, sofern vorgängig Bewehrungsnetze versetzt werden, entgegen den anfänglichen Befürchtungen, keine besonderen Probleme.
- Die Befestigung der Netze an den Ankerplatten allein genügt nicht, um zu verhindern, dass die Netze beim Aufbringen der ersten Spritzbetonschicht vibrieren und dadurch Ablösungen hervorrufen. Die Netze müssen deshalb zusätzlich mit aufgeschossenen Bolzen direkt auf dem Fels fixiert werden.
- Da die Felsoberfläche sehr regelmässig ist, kann die Stärke des Spritzbetons sehr gut an den hervorstehenden Ankerköpfen kontrolliert werden.

5. Dichtung

Für die Abdichtung der Tunnelröhren wurde eine elastische Isolation gewählt, die durch ein Innengewölbe gestützt wird. Für diese Wahl waren vorwiegend technische Gesichtspunkte ausschlaggebend, da Lösungen mit vorgestellten Verkleidungswänden bei den gegebenen Verhältnissen – auf rund 350 m Länge liegt der Grundwasserspiegel über OK Fahrbahn – keine preislichen Vorteile boten.

Auf dem Untergrund werden zuerst Schaumstoff-Matten von 10 mm Stärke verlegt, die durch aufgeschossene, mit PVC überzogene Metallscheiben «Ironflex» befestigt werden. Um die Unfallgefahr zu vermindern, wurde ein Schaumstoff mit der Brandklasse V gewählt. Die Matten bilden eine nachgiebige Unterlage, welche die groben Unebenheiten ausgleicht und dynamische Beanspruchungen der Folie beim nachfolgenden Betonieren des Gewölbes dämpft. Die glasfaserarmierte PVC-Folie «Sarnafil» von 1,5 mm Stärke wird mittels besonderer Verlegeeinrichtungen aufgebracht und durch Hochfrequenzschweissung auf die Scheiben geheftet (Bild 7). Die Folienbahnen werden im Werk zu 5 m breiten Blachen vorkonfektioniert. Am Bau werden die Quer- und Längsstösse mit Heissluft verschweisst.

Für die Abdichtung der Tunnelsohle im Bereich Gütsch wird ein ähnliches System angewendet. Allerdings werden ein Schaumstoff mit grösserer Flächendruckfestigkeit und eine 2-schichtige PVC-Folie von 3,0 mm Stärke verwendet, um den wesentlich härteren Beanspruchungen während der Bauphase gerecht zu werden. Eine punktweise Befestigung ist, ausgenommen am oberen Rand der Sohle, nicht erforderlich. Das beschriebene Abdichtungsprinzip hat sich sicher bisher gut bewährt.

6. Innengewölbe

Der Innenring, dessen Stärke je nach der ausgeführten Spritzbeton-Schicht ändert, wird mittels Teleskopschalungen von insgesamt 30 m Länge erstellt. Die einzelnen Betonieretappen betragen 10 m. Die Fugen weisen ein stark ausgeprägtes Profil auf, damit die unvermeidbaren Ungenauigkeiten weniger deutlich sichtbar werden. Der Beton wird durch eine Schwingpumpe hinter die Schalung gefördert. Auf den Seiten sind Fenster für das Verdichten des Betons vorhanden.

Die bisher erzielten Arbeitsleistungen entsprachen nicht ganz den Erwartungen, sie waren jedoch in qualitativer Hinsicht zufriedenstellend. Die einwandfreie Verbindung der einzelnen Schalelemente, vor allem in den Kurven, ergab einige Probleme. Schwierigkeiten entstanden aber auch infolge der sehr unterschiedlichen Qualität der zugelieferten Betonzuschlagstoffe.

7. Fertigstellung

Die Fertigstellungsarbeiten in der ersten Tunnelröhre sind vor kurzem angelaufen. Daneben müssen noch verschiedene, teilweise sehr umfangreiche Nebenarbeiten für die Lüftungszentralen, die Zivilschutzanlage usw. bewältigt werden. Die Bauarbeiten werden deshalb noch längere Zeit andauern.

Wir hoffen, dass die gute Zusammenarbeit zwischen Bauherr, Unternehmern und Bauleitung auch weiterhin erhalten bleibt und zu einem guten Abschluss der Arbeiten führen wird.

Résumé

Le tunnel du Sonnenberg près de Lucerne à double tube traverse la molasse plissée (grès et marne). Le percement se fera selon une conception nouvelle avec avancement à la machine foreuse, méthode qui a donné de bons résultats. Déterminant pour le succès de la méthode est le temps après perforation jusqu'au moment où apparaissent les déformations.

Afin d'assurer la roche on utilisera avec succès le torcretage combiné avec un ancrage systématique (tableau 1). Une feuille PVC de 1,5 mm d'épaisseur, fixée en pointillage à la voûte extérieure servira de couche d'étanchéité. Une pression hydraustatique éventuelle sera supportée par la voûte intérieure.

Le premier tube a été percé au printemps 1972. Les travaux se poursuivront encore pendant un temps assez long.

Summary

The Sonnenberg twin tunnels near Lucerne have a length of about 1550 m. They are crossing folded rock strata consisting of sandstones and marls. The tunnel driving is performed by an entirely new, fully mechanised digger system (fig. 2), which so far has proved to be very successfull as long as the rock is standing without support for a considerable time.

A shotcrete lining together with systematic rock bolting is successfully adopted for granting the stability of the tunnel opening (tab. 1). A PVC-sheet with a thickness of 1.5 mm, attached to the shotcrete lining, serves as sealing off. An eventual water pressure is withstood by the inner concrete lining.

In spring 1972 the driving of the first tunnel has been completed. The tunnelling works are to be continued over a period of another couple of years.

Oberaufsicht:	Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau, Bern
Bauherr:	Baudirektion der Stadt Luzern
Oberbauleitung:	Tiefbauamt der Stadt Luzern
Projekt und Bauleitung:	Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, Baden und Ingenieurbüro Hch. Bachmann, Luzern

Los 1 (Unterfahrung SBB und Baselstrasse, 1. Teil): ARGE LOS 1, bestehend aus: Gebr. Wüest, Bauunternehmung, Luzern; AG für Grundwasserbauten, Bern.

Los 2 (Abschnitt Gütsch-Anschluss Grosshof): ARGE Sonnenbergtunnel, bestehend aus: Theiler & Kalbermatter AG, Luzern; AG Baugeschäft Arnet, Root; Th. Bertschinger AG, Zürich; Murer AG, Erstfeld; AG Franz Murer, Beckenried; Riva AG, Buochs.

Los 3 (Abluftkanal Bruchmatt—Tobel): Gebr. Brun AG, Bauunternehmung, Luzern.

Los 4 (Abschnitt Gabelung Senti—Gütsch): Fellmann Bauunternehmung, Luzern.

Literaturverzeichnis

[1] Mechanischer Tunnelvortrieb für die N2 in Luzern. «Schweizer Baublatt», *81* (1970), H. 96, S. 1–6.

[2] *K. Kovari:* Ein Beitrag zum Bemessungsproblem von Untertagebauten. «Schweiz. Bauzeitung», *87* (1969) H. 37, S. 687–697.

Adresse der Verfasser: *E. Beusch*, dipl. Bauing. ETH und *W. Studer*, Ing.-Tech. HTL, beide in Firma Motor-Columbus, Ingenieurunternehmung AG, 5400 Baden.

Tunnelsanierungen der Schweizerischen Bundesbahnen

DK 624 191.9

Von **A. Beck** und **A. Golta**, Zürich

Zusammenfassung

Im Zuge des Ausbaues des schweizerischen Bahnnetzes sind im vergangenen Jahrhundert und im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts zahlreiche, zum Teil bedeutende Tunnelbauwerke erstellt worden. Besonders in den Tunneln des Jura und des Mittellandes mussten schon früh und laufend Sanierungsarbeiten ausgeführt werden. In neuerer Zeit wurden verschiedene Rekonstruktionsarbeiten durchgeführt. Im Wipkingertunnel und im Burgdorfertunnel der SBB sind Sanierungsarbeiten im Gange. Andere Tunnelrekonstruktionen sind projektiert, und der Baubeginn steht unmittelbar bevor.

Es werden Schäden und den Betrieb störende Mängel in diesen Tunnelanlagen dargelegt. In einer Reihe von Tunneln der SBB und von Privatbahnen sind Schwellvorgänge in der Sohle mit ihren Nebenfolgen im Bereiche tonhaltiger Gesteine und im Anhydrit festgestellt worden. Diese Schäden bedingen die grössten Sanierungsarbeiten. Photos und Diagramme geben Auskunft über die Grössenordnung der Deformationen von Planum und Tunnelverkleidung sowie über die Gegenmassnahmen der Sanierungsarbeiten.

Die in den Jahren 1963 bis 1967 ausgeführten Rekonstruktionsarbeiten im Bözbergtunnel der SBB werden kurz erläutert. Es wird ferner über die laufenden Sanierungsarbeiten im Wipkingertunnel der SBB berichtet. Zum Abschluss folgen einige Erläuterungen über das Projekt für die bevorstehenden Rekonstruktionsarbeiten im Rickentunnel der SBB.

Ziel der Tunnelrekonstruktionen ist die Verkehrssicherheit und das Ausmerzen von betriebshemmenden Unzulänglichkeiten.

Einleitung

Anschliessend an die Eröffnung der ersten schweizerischen Bahnlinie Zürich–Baden im Jahre 1847 erfolgte der Bau einer Reihe von Bahnverbindungen, welche die Erstellung vieler Tunnelbauwerke erforderte.

Zum Thema interessieren vor allem die Tunnel des Mittellandes und des Jura: zum Beispiel der Burgdorfertunnel (510 m), der Bözbergtunnel (2526 m), der Obere Hauensteintunnel (2495 m), der Wipkingertunnel (959 m).

Um die Jahrhundertwende und bis nach dem Ersten Weltkrieg entstanden im gleichen Gebiete einige bedeutende Tunnelanlagen, so etwa der Rickentunnel (8603 m), der Grenchenbergtunnel (8578 m), der Weissensteintunnel (3699 m), der Hauenstein-Basistunnel (8134 m).