Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 119/120 (1942)

Heft: 11

Artikel: Betriebsgeschichte eines Gebirgswasser-Tunnels: Erfahrungen mit dem Umleittunnel des Kraftwerks Amsteg der SBB beim Staubecken am Pfaffensprung

Autor: Seidel, Kurt

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-52434

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: 14.12.2025

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

INHALT: Betriebsgeschichte eines Gebirgswasser-Tunnels. — Un cas urbanistique: Genève. — Der Combi-Motor der Maschinenfabrik Oerlikon. — Mitteilungen: Lehmbauten. Theoret. Reisezeiten Venedig-Locarno. Ges. selbständig prakt. Architekten Berns. Die Trocknung durch Infrarotstrahlung. Eidgen. Techn. Hochschule. Vom «Verkehrshaus der Schweiz». Vom Schweiz. Comptoir in Lausanne, 12. bis 27. Sept. 1942. Zur Basler Flugplatzfrage. Persönliches. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 120 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich Nr. 11
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Abb. 1. Tagbruch-Trichter über dem Umlauf-Tunnel

Betriebsgeschichte eines Gebirgswasser-Tunnels

Erfahrungen mit dem Umleittunnel des Kraftwerks Amsteg der SBB beim Staubecken am Pfaffensprung

Von Dipl. Ing. KURT SEIDEL, I. Sekt.-Chef der Abteilung für Bahnbau und Kraftwerke der SBB, Bern

Bei dem ausserordentlichen Hochwasser der Reuss am 5./6. August 1939 stürzte der Umleittunnel beim Staubecken am Pfaffensprung des Kraftwerkes Amsteg ungefähr in der Mitte ein. In der 23 m hohen Ueberlagerung entstand ein Tagbruch (Abb. 1) und die untere Hälfte des Tunnels wurde fast vollständig mit Schutt und Blöcken ausgefüllt. Die viel Schwemmsel führende Reuss floss durch das Staubecken. Wegen drohender Verstopfung des Rechens wurde der Einlauf zum Zulaufstollen bis zum Abklingen des Hochwassers abgeschlossen, worauf der Betrieb des Kraftwerkes wieder aufgenommen werden konnte. Im nachstehenden Aufsatz wird das Vorgehen zur Instandstellung beschrieben und bei diesem Anlass über die Betriebserfahrungen mit dem Staubecken und dem Umleittunnel, sowie insbesondere über den Unterhalt dieses wegen seiner betrieblichen Beanspruchung aussergewöhnlichen Wassertunnels berichtet.

Staubecken und Umleittunnel. Zur Orientierung über die Anlagen beim Pfaffensprung sei auf die in der SBZ erschienene Beschreibung des Kraftwerkes Amsteg [1]) und das hier erneut eingesetzte Plänchen und das Bild verwiesen (Abb. 2 u. 3). Darnach stellt der Umleittunnel das neue Flussbett dar, durch das die Reuss ausserhalb des Staubeckens geleitet wird. Er vermag nach den bisherigen Feststellungen 200 m³/s bei einer mittleren Geschwindigkeit von 13 m/s abzuführen (schiessender Abfluss). Bei einem ausserordentlichen Hochwasser von 350 bis 380 m³/s fliessen demnach nur 150 ÷ 180 m³/s durch das Staubecken und über die Staumauer ab. Bis zu einem starken Hochwasser von 180 m³/s gelangen jedoch nicht mehr als 25 m³/s ins Staubecken (Betriebswasser 21 m³/s + Sicherheitszuschlag von 3 ÷ 5 m³/s, die über die Staumauer abstürzen). Das am oberen Ende des Staubeckens vor dem Umleittunnel angeordnete Leitwehr lässt nur die obern Wasserschichten ins Staubecken gelangen, wo die mitgeführten Schwebestoffe wie Sand und Schlamm, gelegentlich auch Gerölle, abgesetzt werden. Die mit Schwebestoffen und mit Geschiebe stärker belasteten unteren Wasserschichten fliessen durch den Tunnel ab. Jeden Sommer wird das Staubecken durch den Grundablass entleert und mit bis zu 40 m³/s ausgespült. So kann jeweils das ursprüngliche Reussbett freigelegt und der grösste Teil der Ablagerung abgeschwemmt werden. Das ausserhalb des Flussbettes im Becken zurückgebliebene, nicht abschwemmbare Material hat heute eine Höhe bis zu 3 m erreicht; es befindet sich aber zur Hauptsache unterhalb der obersten Schicht von 10 m Höhe, die als Ausgleichraum benützt wird, wenn der Zufluss unter die Betriebswassermenge sinkt. So steht selbst im ungespülten Becken gewöhnlich ein nutzbarer Stauinhalt von 150 000 m³ zur Verfügung (ursprünglich 180 000 m³ bei einem Gesamtinhalt von 200 000 m³), während für den Betrieb 100 000 m³ vollauf genügen würden. In Jahren mittlerer Wasserführung beträgt die durch den Grundablass abgeschwemmte Masse, je nach dem Auftreten kleinerer oder grösserer Hochwässer, 15 bis 30 000 m³, in ausgesprochenen Hochwasserjahren, wie 1939, bis zu 50 000 m³. Die Menge der durch den Umleittunnel abgeführten Sinkstoffe dürfte mit 60 bis 80 000 m³ im Jahresmittel nicht zu hoch geschätzt sein.

I. Der Tunneleinsturz und die Wiederinstandstellung

1. Das Hochwasser. Ein 24stündiger starker Landregen im Gotthardgebiet führte am Samstag, den 5. August 1939 zu einem Hochwasser der Reuss, mit Spitze um 21 ½ Uhr, wie es seit 1902 nicht mehr beobachtet worden war. Der Umstand, dass beim Pfaffensprung ein Hauptteil des Wassers durch den Umleittunnel und ein anderer über die Staumauer und in den Zulaufstollen des Werkes abfliesst, bot eine selten günstige Gelegenheit, die Abflussmenge mit guter Annäherung zu bestimmen. Für den Tunnel war schon früher auf Grund der bis zu 50 m³/s reichenden Messungen an der oberhalb des Staubeckens von

[1]) SBZ Bd. 86/87, 1925/26; auch als Sonderabdruck erschienen.

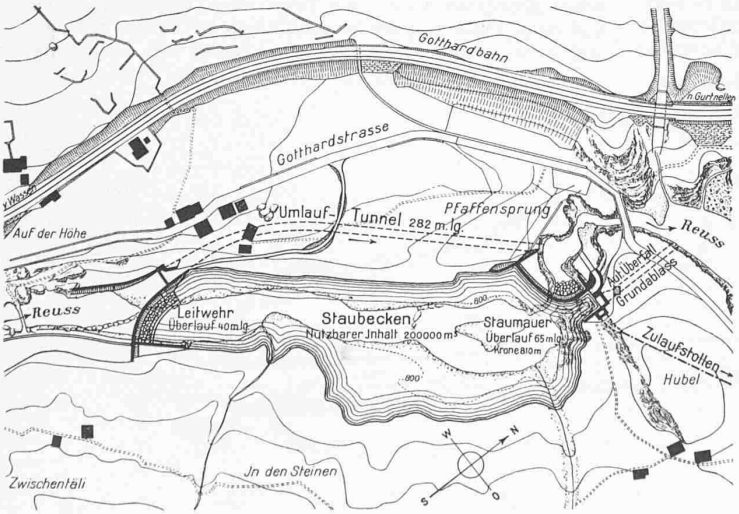

Abb. 2. Lageplan 1 : 5000. — Bew. 6057, 21. Juni 1942 lt. BRB 3. Okt. 1939

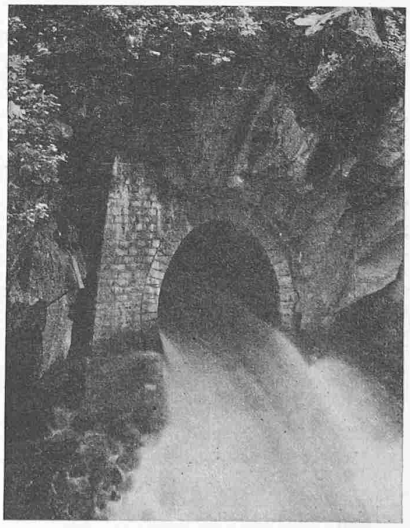

Abb. 3. Ausmündung bei rd. 60 m³/sec

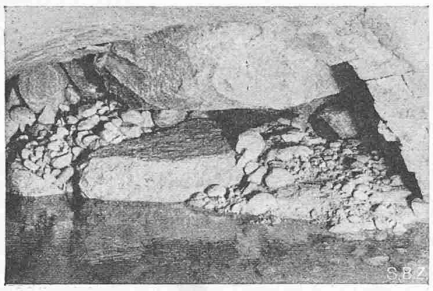

Abb. 4. Einbruchstelle von oben

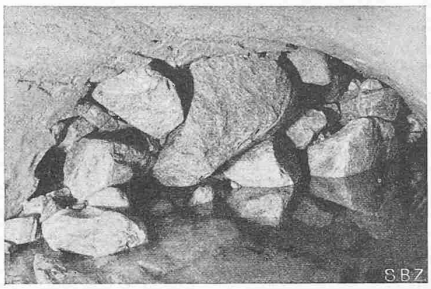

Abb. 5. Einbruchstelle von unten

Abb. 6. Abschluss bei 192 m, von unten

den SBB betriebenen Messtation eine Abflussmengenkurve aufgestellt worden. Die über die Staumauer und das dortige selbsttätige Dachwehr abfliessende Wassermenge liess sich mit den zur Verfügung stehenden Ueberfallformeln gut erfassen. So ergaben sich: im Tunnel bei einer Wassertiefe von 3,5 m, die während des Hochwassers beobachtet wurde, die bereits genannten 200 m³/s, über die Staumauer bei 0,9 m Ueberfallhöhe 120 m³/s, beim Dachwehr 30 m³/s und mit dem Betriebswasser von 15 m³/s [2]) insgesamt 365 m³/s oder nahezu 1 m³/s auf den km² des 392 km² messenden Einzugsgebietes. Bei einer mit $\pm$ 4 % reichlich hoch angenommenen Unsicherheit der Berechnung dürfte die Hochwassermenge innerhalb der Grenzen von 350 und 380 m³/s liegen. Das nicht ganz so grosse Hochwasser vom 5. Juli 1916 ist im hydrographischen Jahrbuch mit 500 m³/s angegeben. Dieser viel zu hohe Wert entstand vermutlich dadurch, dass die Abflussmengenkurve weit über ihren Messbereich hinaus gefühlsmässig verlängert wurde, was jedoch bei Gebirgsflussbetten wohl selten anwendbar ist. Auf Grund meiner damaligen Beobachtungen an Ort und Stelle und des nachher aufgenommenen Durchflussprofils hatte ich selbst das Hochwasser auf 350 m³/s geschätzt.

2. Einsturz und Tagbruch. Sonntag, den 6. August um 9 ½ Uhr, also zwölf Stunden nach der Hochwasserspitze, ertönt in der Gegend des Pfaffensprung ein dumpfes Dröhnen, begleitet von erdbebenartiger Erschütterung. In den Häusern rings um das Staubecken klirren Scheiben und Geschirr. Der mit der Schwemmselabwehr beim Stolleneinlauf beschäftigte Wehrmeister sieht unmittelbar darauf, wie beim Auslauf des Umleittunnels eine fast bis zum Scheitel reichende murgangähnliche Masse mit mächtigen Felsblöcken herausschiesst und mit Donnergepolter in die Reuss stürzt. Das ganze Schauspiel ist nach Sekunden fast schlagartig zu Ende und aus dem Tunnel rinnt nur noch ein kleiner Bach. Voll dunkler Ahnung eilt der erfahrene Mann zum Tunneleinlauf, die Schützen hinabzulassen. Unterwegs, ungefähr über der Tunnelmitte, stösst er auf einen gähnenden Krater, 20 m lang, 13 m breit und 12 m tief (Abb. 1). Hier muss der Tunnel eingestürzt sein; er liegt 23 m unter dem Gelände in sandigem, mit einzelnen Findlingen durchsetztem Flussgeschiebe. Die obersten 6 bis 8 m der Wände des Einbruchtrichters zeigen Bergsturzblöcke mit verkitteter Füllmasse aus Flussgerölle und Erde, gegen den Trichtergrund hin bestehen sie zur Hauptsache aus Sand und Kies.

Wie entstand der Einsturz? Die Vermutung lag nahe, und sie hat sich später bestätigt, dass die Zerstörung, wie schon einmal 1935, mit dem Herausreissen von Steinen in der Sohlenpflästerung begann. Mit der Erweiterung des so entstandenen Loches wurden die Widerlager unterhöhlt, zum Einsturz gebracht und weggespült. Das der Unterlage entblösste Gewölbe vermochte, trotz dem schienenbewehrten Betonunterzug (von belgischer Bauweise herrührend), sich nicht mehr zu halten; es stürzte nach und mit ihm das darüber liegende Material.

Es stellte sich nun die Frage, wie der Tunnel wieder instandgestellt werden könne. Zwei Möglichkeiten kamen in Betracht: Abteufung eines Schachtes im Einbruchtrichter und Ausbau im offenen Schacht oder bergmännisches Vorgehen im Tunnel selbst. Mein erster Eindruck war, dass die zweite Methode vorzuziehen sei, weil damit die Unfallstelle direkt angepackt und die Arbeit besser in der Hand behalten würde. Auf jeden Fall war man sich darüber klar, dass es sich um eine schwierige, heikle Arbeit handle, die mit grösster Umsicht und Sorgfalt durch erfahrene Tunnelbauer auszuführen sei. Vor einer Entscheidung hierüber war jedoch der Zustand im Tunnel und der Umfang der Zerstörung abzuklären. Hierzu mussten zunächst die folgenden Vorkehren getroffen werden.

3. Beckenspülung. Durch das Hochwasser vom 5./6. August war das Staubecken in aussergewöhnlichem Masse verlandet worden. Um das Mitreissen von Sand und Schlamm in den Zulaufstollen und zu den Turbinen zu vermeiden und um Platz zu schaffen für weitere Ablagerungen, wurde eine Beckenspülung vorgenommen. Die abgeschwemmte Masse betrug schätzungsweise 40 000 m³ und mit dem Ergebnis zweier weiterer, nach stärkeren Anschwellungen der Reuss im Oktober und November ausgeführter Spülungen rd. 50 000 m³.

4. Dammbalkenabschluss. Bevor die Einlaufschützen zur Freilegung des Zugangs in den Tunnel wieder hochgezogen werden konnten, mussten in die 2 m vor den Schützen befindlichen Nuten Dammbalken eingesetzt werden [3]). Schwierigkeiten boten dabei die Wassertiefe von nahezu 5 m und das auf der Sohle liegende Geschiebe, sodass ein Taucher beigezogen werden musste. Die bis zu 30 cm starken Balken genügten dem bei ruhigem Wetter vorhandenen Wasserdruck von rd. 5 m. Da jedoch noch mit Hochwasser und einer Wassertiefe von 7 m gerechnet werden musste, wurde in der Mitte jeder Balkenwand noch ein I-Träger eingezogen, der seinerseits in der Sohle eingelassen und oben gegen die Gewölbestirn abgestützt war.

5. Abklärung im Tunnel. Nach dem Einsetzen der Dammbalken und Heben der Schützen, sowie der Erstellung eines Zuganges beim Auslauf konnte an die Erforschung des Tunnelinnern geschritten werden. Vom Einlauf her stiess man am Fusse des Uebergangstrichters [3]) auf einen See, dessen Spiegel wider Erwarten auch nach Tagen nicht absank und so auf einen auf diese Höhe reichenden Abschluss im Tunnel schliessen liess. Auf einem Floss gelang es dann, bis zu dem Hindernis an der

[2]) normal 21 m³/s, Drosselung durch Schwemmsel am Einlaufrechen.

[3]) Vgl. die Zeichnung Abb. 9 in Bd. 86, S. 233*.

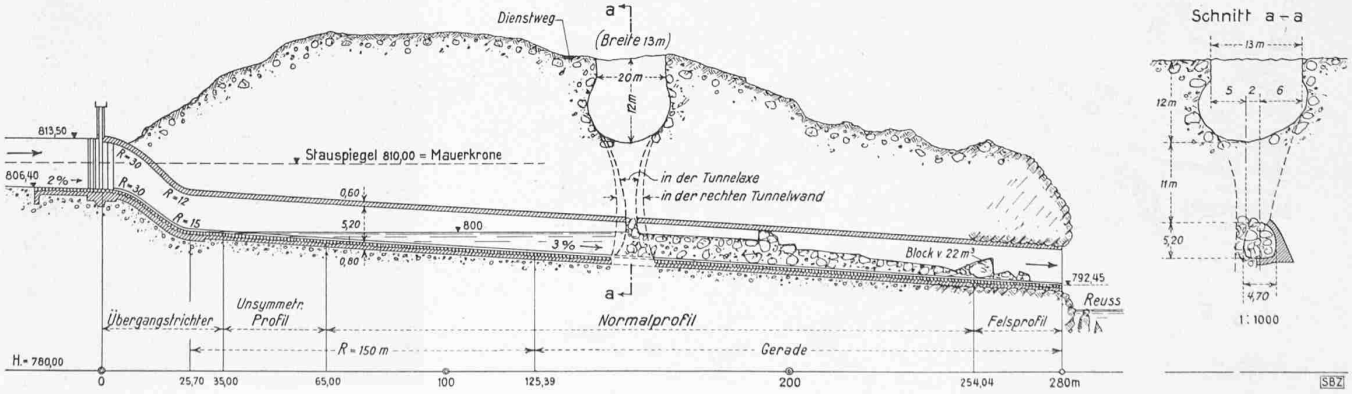

Abb. 10. Zustand des Umlauf-Tunnels nach dem Einsturz vom 6. Aug. 1939. — Längenprofil 1 : 2000/1000, Querschnitt unverzerrt 1 : 1000

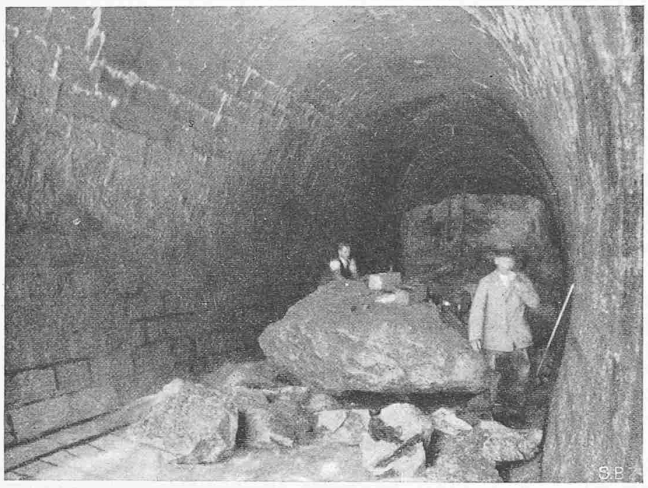

Abb. 7. Am Auslauf von unten ; hinten 22 m³-Block

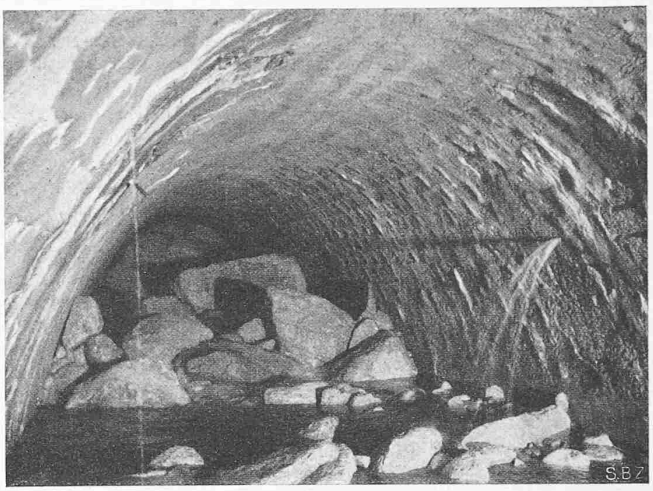

Abb. 8. Abschlusstelle bei 192 m, von unten gesehen

Einbruchstelle vorzudringen (Abb. 4). Auf der linken Seite schimmerte von unten her zwischen verkeilten Blöcken schwache Helligkeit. Das Gewölbe oberhalb der Einbruchstelle wies einen bis zu 4 cm klaffenden Riss von 20 m Länge auf. Eine zuverlässige Ortsbestimmung der Einbruchstelle war nicht möglich: die Längenmarken in der Nähe lagen unter Wasser und mit dem schwankenden Floss konnte eine Längenmessung von oben her nicht ausgeführt werden. So musste man sich damit begnügen, die Lage mit Hilfe der Höhe des Tunnelscheitels über dem Wasserspiegel und dem Tunnelgefälle von 3 % angenähert zu bestimmen (Längenprofil Abb. 10).

Beim Vordringen vom Auslauf her sah man zunächst eine Anzahl Blöcke bis zu 6 m³ Inhalt, zwischen denen das in den Tunnel eindringende Quell- und Grundwasser abfloss; der im Hintergrund der Abb. 7 sichtbare Block mass rd. 22 m³ und war zwischen den Tunnelwänden festgeklemmt. Weiter folgte eine 50 m lange Strecke, bis 2 m hoch mit Schutt und Blöcken angefüllt, dazwischen fliessendes Wasser (Abb. 10). Am obern Ende dieser Strecke fand sich bei Tunnel-m 192 ein den Tunnel vollkommen abschliessendes, verklemmtes Haufwerk von teilweise mächtigen Blöcken, zwischen denen kleine Wasserfälle hervorbrachen (Abb. 8). Es erschien gefährlich, zwecks weiteren Aufschlusses durchzubrechen, weil befürchtet werden musste, dass die ganze Masse in Bewegung geraten könnte. Nach einigem Zögern entschloss man sich doch, durch sorgfältiges Abspalten der nicht eingeklemmten Enden der beiden obersten Blöcke einen Durchschlupf zu schaffen. Dahinter zeigte sich dann auf 35 m Länge das gleiche Bild wie im Abschnitt vorher, der Schutt reichte aber bis 1,40 m unter den Gewölbescheitel. Wie oberhalb der Einbruchstelle fand sich auch hier ein Gewölberiss im Scheitel auf die ganze Länge der Strecke. An deren Ende war die Einbruchstelle bei Tunnel-m 155 (Abb. 5). Ihre Ausdehnung konnte nach Einmessung auch vom Auslauf her angenähert bestimmt werden. Soweit sichtbar, war auf der linken Seite das Gewölbe noch vorhanden, rechts klaffte eine Lücke von 9 m. Durch gefühlsmässige Verlängerung der Abrisslinien liess sich der mutmassliche Zustand dahin festlegen, dass das linke Widerlager noch stand, das rechte aber auf etwa 11 m Länge verschwunden war (Abb. 9); in der Folge hat sich diese Vermutung bestätigt. Ob und wie weit die Sohle über die Einbruchstelle hinaus weggerissen war, lag im Ungewissen.

Wie war nun dieser eigenartige Zustand im ganzen Tunnel entstanden? Ich habe mir den Ablauf des Vorganges nach dem Einsturz so zurecht gelegt (siehe Längenprofil Abb. 10): Einbruch und Abschwemmung von Sand und gröberem Geschiebe, Verklemmung des nachfolgenden 22 m³-Blockes 25 m vor dem Auslauf, Anstauung der nachrückenden Masse und Abschluss des Tunnels durch Verklemmung grösserer Blöcke 40 m unterhalb der Einbruchstelle, Rückhalt des folgenden Geschiebes und der die Einbruchstelle abschliessenden Blöcke. Die beiden Gewölberisse müssen bei dem durch die Tunnelabschlüsse bedingten Wasserschlag entstanden sein. Bei dem schiessenden Abfluss von 200 m³/s kann wohl angenommen werden, dass die Einsturzmasse mitsamt den grossen Blöcken so ziemlich mit der Abflussgeschwindigkeit von 13 m/s durch den Tunnel geschoben wurde. Demnach dürfte sich der ganze Vorgang in 10 bis 12 Sekunden abgespielt haben. Die aus dem Trichter eingebrochene Masse betrug 2500 m³, wovon 1300 m³ im Tunnel liegen geblieben waren. Ein Teil der übrigen 1200 m³ fand sich als Blöcke bis zu 10 m³ in dem mächtigen Kolkloch in der Reuss unterhalb des Tunnelauslaufes, während die leichteren Geschiebeteile fortgeschwemmt worden waren.

6. Vergebung der Arbeiten. Mittlerweile hatte sich die Bahnverwaltung entschlossen, die Instandstellungsarbeiten der Firma Rothpletz & Lienhard, Ingenieurbureau und Bau-Unternehmung in Aarau und Bern, unter Beiziehung der urnerischen Unternehmung E. Baumann, Ing. in Altdorf,

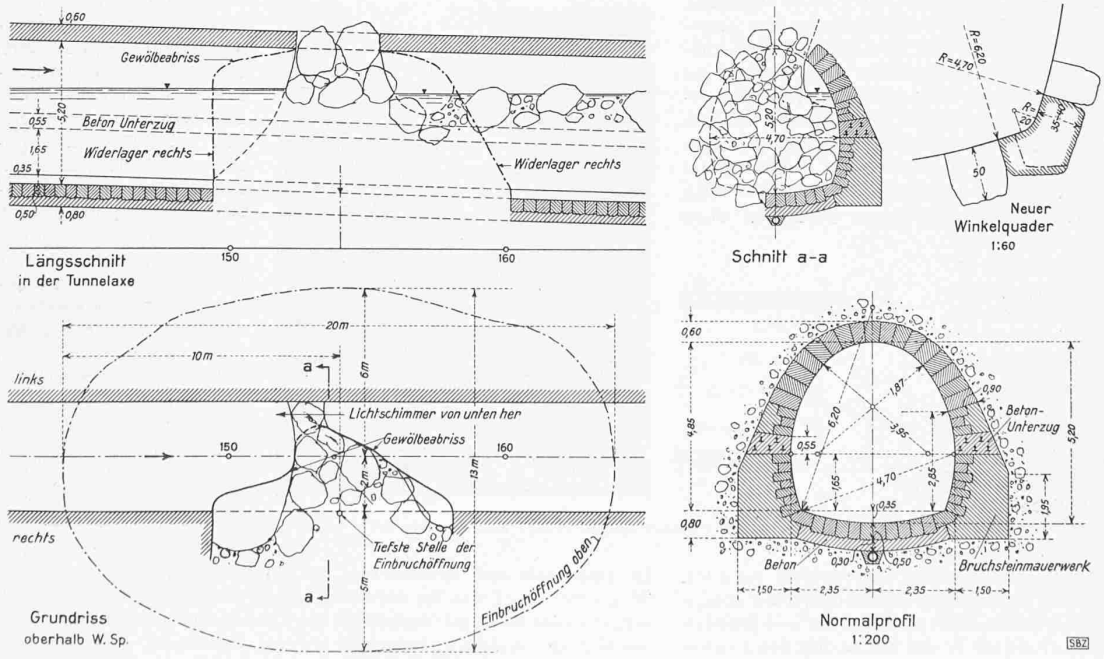

Abb. 9. Mutmassliche Begrenzung des Einbruchs 1 : 250. — Normalprofil 1 : 200

in Regie zu übertragen. Ing. F. Lienhard übernahm die tunnelbauliche Führung; er behielt sich vor, das Vorgehen zur Wiederherstellung des zerstörten Tunnelteiles — Schachtabteufung oder bergmännischer Abbau — während der zunächst durchzuführenden Ausräumungsarbeiten abzuklären.

7. *Ausräumung des Tunnels.* Diese Arbeit begann Mitte September beim Auslauf und dauerte bis Mitte November 1939. Hierbei wurden grössere Blöcke gespalten und soweit geeignet im Tunnel zu Hausteinen für die neu zu erstellenden Widerlager verarbeitet. Der Abraum wurde in die Reuss geschüttet, deren Sommerwasser ihn später fast restlos abschwemmte. Während des Ausräumens sind auch die teilweise überhängenden Wände des Einbruchtrichters abgeböscht worden, um spätere Nachstürze zu vermeiden. Im Tunnel selbst stellte sich mit der Annäherung an die Einbruchstelle eine heikle Aufgabe. Auf dem den Tunnel wie ein Pfropfen abschliessenden Einbruchkegel lastete immer noch der Wasserdruck des früher festgestellten Sees. Deshalb galt es vor allem, irgend eine Bewegung in der Trümmermasse zu vermeiden, die einen Ausbruch des Sees und weitere Nachstürze hätte herbeiführen können. Unter grosser Behutsamkeit gelang es, ohne Auslösung der geringsten Bewegung bis an den Fuss des Kegels vorzudringen. Sohle und Widerlager waren bis zu dieser Stelle noch vorhanden.

8. *Bauvorgang an der Einbruchstelle.* Bereits vor Abschluss der Ausräumungsarbeiten war das Studium des Bauvorganges von Ing. Lienhard abgeschlossen worden. Die Vergleichung: Schacht ober Abbau im Tunnel hatte folgendes ergeben. Bei der Ungewissheit über die Ausdehnung und den Zustand der Einbruchstelle hätte der Schacht mit mindestens 12 m Länge und 9 m Breite angesetzt werden müssen, um allfällige gefährliche Unterschneidungen beim Abteufen zu vermeiden. Bei so grossen Abmessungen bestanden Bedenken, ob die Aussteifung zuverlässig und stabil hergestellt werden könnte. Auch erschien das Abteufen in dem mit Blöcken durchsetzten Flussgeschiebe nicht ungefährlich; hierzu wäre noch das kostspielige Hochheben des Ausbruchmaterials gekommen. Demgegenüber wurde der bergmännische Abbau im Tunnel als sicherer und zuverlässiger erachtet. Dieses Verfahren bot zudem den Vorteil, dass nach Absenkung des Sees oberhalb der Einbruchstelle von beiden Seiten her vorgegangen werden konnte und deshalb eine kürzere Bauzeit vorauszusehen war. Da schliesslich auch die Kosten niedriger eingeschätzt wurden, fiel die Entscheidung zugunsten dieses Vorgehens. Lienhards Leitgedanke war dabei, die Einbruchöffnung durch Abbau des Schuttkegels und unmittelbar folgende Mauerung in Ringen von 1 ÷ 2 m Länge wie einen Silotrichter schrittweise zu verengen und zu schliessen. Sprengschüsse waren selbstverständlich ausgeschlossen, weil Erschütterungen und Bewegungen oder gar Nachstürze unbedingt vermieden werden mussten. Grösste Vorsicht gebot auch das im oberen Tunnelteil drohende angestaute Wasser.

Die Arbeiten begannen Mitte November von unten her mit der Erstellung eines im unversehrten Tunnelprofil nach rückwärts abgestützten Brustverbaues am Fusse des Einbruchkegels. Die weiteren Verbauwände folgten in 1,20 bis 1,80 m Abstand, wobei jeweils die nächste Wand vom Tunnelscheitel her angesetzt, die senkrechten Vorsteckbretter mit fortschreitendem Ausräumen der Ringstrecke nach unten getrieben, zunächst auf die vorhergehende Wand und mit deren Entfernung in den Tunnelwänden abgestützt wurden (Abb. 11/12). Nach Errichten der zweiten Wand gelang es, den See oberhalb des Zapfens durch die kurze Blockstrecke an der linken Tunnelwand bis etwa 1 m über Sohle ablaufen zu lassen und nach Aufstellung einer Pumpe vollständig zu entleeren. Damit war es möglich geworden, auch von oben her vorzugehen.

Die genannte zweite Wand (Abb. 11) befand sich gerade an der Abrisstelle des rechten Widerlagers. Von hier an war nun das Einbruchmaterial bis zur äusseren Begrenzung des Tunnelmauerwerkes abzubauen und das ausserhalb liegende Blockwerk, wie jenes an der Brust gegen die geringsten Bewegungen zu sichern. Diese äusserst heikle Arbeit geschah durch vorsichtiges Ausräumen des losen Geschiebes zwischen den Blöcken, Verspriessen oder sattes Auspacken der so entstehenden oder schon vorhandenen Hohlräume mit Holzstücken oder soweit möglich mit Mauerwerk. In das Profil vorstehende Blockteile, auch solche von oben her, wurden abgespalten. Dem Ausräumen und Sichern jeden Ringes folgte jeweils unmittelbar die Mauerung des ganzen Profils, beginnend mit dem Einbringen des bis unter die Widerlager reichenden Sohlenbetons. — Das Widerlager kam in Bruchsteinmauerwerk mit Spitzsteinverkleidung in einer Stärke, je nach Befund des Gebirges, von 1,20 ÷ 1,80 m und mit im allgemeinen senkrechter Rückseite zur Ausführung; auf die Herstellung einer geneigten Rückseite, wie zuerst geplant, wurde verzichtet, um keine Unterschneidung und Lockerung des Gebirges hervorzurufen. Das Gewölbe wurde 0,72 m stark mit Hunziker-Simplontunnelsteinen 35 · 17 · 6,5 cm hergestellt. Erst nach Fertigmauerung eines Ringes wurde der Abbau des nächsten in Angriff genommen; die Granitsteinpflästerung der Sohle kam erst nach Vollendung der ganzen Tunnelstrecke zur Ausführung.

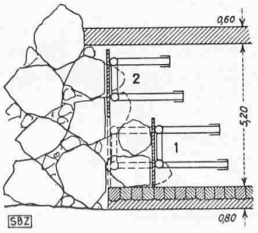

Abb. 11, 1 : 50

Ringweiser Abbau in der Einbruchstelle

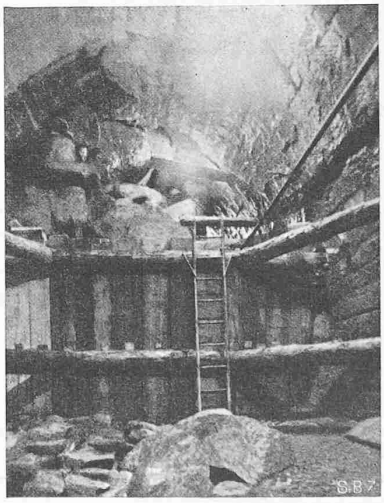

Abb. 12

Im ganzen sind von unten her fünf, von oben her vier Wände, also acht Ringe mit einer Gesamtlänge von 12 m erstellt worden. Es zeigte sich, dass das Widerlager rechts auf 10 m Länge — gegenüber den vorausbestimmten 11 m — weggerissen war. Aber auch das im ganzen stehen gebliebene, teilweise unterhöhlte linke Widerlager wies zwischen der zweiten und dritten unteren Wand eine $1\frac{1}{2}$ m breite Lücke unterhalb des Betonbalkens auf (in Abb. 12 rechts ist der Beginn erkennbar). Die Schienen des Betonbalkens rechts waren an den Abbruchflächen teils glatt abgeschert, teils scharf abgebogen und abgerissen. — Während der Arbeiten im Einbruchgebiet wurde der Stauspiegel um 10 m abgesenkt gehalten, um den Wasserzufluss und gefährliche Auswaschungen nach Möglichkeit herabzumindern. Wenn das ziemlich gut gelang, trotzdem der abgesenkte Spiegel nur wenig unter dem Tunnelscheitel lag (vgl. Abb. 10, Längenprofil), war es offenbar einer gewissen abdichtenden Wirkung der Sand- und Schlammablagerung im Becken zuzuschreiben; das Kraftwerk musste inzwischen ohne Tagesausgleich als reines Laufwerk betrieben werden.

Anfangs März 1940, nach $3\frac{1}{2}$ monatiger Bauzeit, war die Einbruchstelle geschlossen. Besonders hervorgehoben sei, dass die aussergewöhnliche, schwierige Arbeit ohne die geringste Bewegung in der Einbruchmasse und ohne Unfall bewältigt werden konnte. Ing. Lienhard ist zu diesem Erfolg seines planmässigen Verfahrens zu beglückwünschen. Anerkennung sei auch dem örtlichen Bauleiter der Unternehmung, Ing. E. Lob, für die Durchführung der schwierigen Aufgabe gezollt, und nicht zuletzt den so selten gewordenen Einbaumineuren für die Meisterung ihrer gefahrvollen Arbeit.

In der wiederhergestellten Strecke wurden nach dem Versetzen der Sohlenpflästerung noch Zementeinpressungen ausgeführt, um die vorhandenen Hohlräume im umgebenden Gebirge nach Möglichkeit auszufüllen und spätere Bewegungen zu verhindern.

Bei einer ersten Probefüllung des Staubeckens erwies sich das neu erstellte Gewölbe als ziemlich wasserdurchlässig; zur Abdichtung wurde deshalb mit der Zementkanone ein starker Gunitverputz aufgebracht. Bei den ober- und unterhalb der Einbruchstelle im Gewölbe festgestellten Rissen begnügte man sich mit einer möglichst tiefreichenden Ausstopfung mit Mörtel.

9. *Die Kosten* für das Ausräumen des ganzen Tunnels, die Wiederherstellung des eingestürzten Teiles einschliesslich Sohle und das Abböschen des Einbruchtrichters waren auf rd. 100 000 Fr. geschätzt worden; die Ausführung kam, einschliesslich der eben erwähnten zusätzlichen Arbeiten, auf 119 000 Fr. zu stehen. Für die 12 m lange Abbaustrecke zur Wiederherstellung der Einbruchstelle allein wurden rd. 82 000 Fr. aufgewendet; das sind 6 800 Fr./m gegenüber den ursprünglichen Baukosten des ganzen Tunnels ohne Uebergangstrichter von rd. 3 000 Fr./m in den Jahren 1917/19.

II. Unterhalt und Erneuerung der Sohlenpflästerung

Wenn im Anschluss an die vorstehende Beschreibung auch noch eingehender über das Verhalten, den Unterhalt und die Erneuerung der Sohlenpflästerung berichtet wird, so deswegen, weil dabei die tiefere Ursache des Tunneleinsturzes aufgedeckt werden konnte.

1. Ursprüngliche Ausführung, Geschiebewirkung. Wie in dieser Zeitung beschrieben[4]), wurde die Sohlenpflästerung in 0,50 m starkem, auf 10 cm Tiefe vollkantigen Granitsteinen mit Fugen von $1^1/_2$ cm Weite auf einer 0,30 m starken Betonunterlage ausgeführt. In den 20 Betriebsjahren 1919 bis 1939 des Tunnels betrug der mittlere Gesamtabschliff $5 \div 6$ cm, im Jahresdurchschnitt also $2^1/_2 \div 3$ mm. Das Mass des Abschliffes erschien unbedenklich, nicht aber die in den ersten Jahren beobachtete $8 \div 10$ cm tiefe Auswaschung der in der Längsrichtung des Tunnels verlaufenden Fugen, sowie ihre Erweiterung durch Nachschleifen der Steinkanten und das Heraussägen tiefer Rinnen im folgenden vollen Stein. Dieser Erscheinung konnte mit Erfolg begegnet werden durch das im erwähnten Aufsatz beschriebene „Plombieren" der Fugen mit in Mörtel versetzten und verankerten Flacheisen, oder, bei Wasserandrang, mit eingestemmten Eichenholzstücken. Jeden Winter wurden abgeschliffene Plomben ersetzt, neu ausgewaschene Fugen gesichert und gelegentlich auch Steine ausgewechselt. So hielt sich die Sohlenpflästerung 16 Jahre lang bis 1935. In diesem Jahre traten zwei grössere Hochwässer auf, die den Zustand der Sohle streckenweise stark verschlechterten und an zwei Stellen sogar mehrere Steine herausrissen. Dieses Vorkommnis erklärte man sich so: Die Oberfläche der ursprünglichen Sohlenpflästerung war in der Längsrichtung nicht vollkommen eben, sondern wies mehr oder weniger ausgeprägte Mulden und Buckel auf. Die Buckel waren nicht nur dem Ausfressen der Fugen besonders ausgesetzt, sondern auch den Schlägen der mit grosser Geschwindigkeit daherrollenden oder gleitenden Geschiebeblöcke. Diese erreichen nach Beobachtungen an dem vor dem Tunneleinlauf abgeschwemmtem Geschiebe eine Grösse bis zu 3 m³. Auch beschädigte Sohlensteine waren vereinzelt festgestellt worden. So trat eine Lockerung des Gefüges ein und das mit 13 m/s darüberschiessende Wasser konnte ganze Steingruppen, vielleicht auch durch Saugwirkung, herausreissen. Man erkannte, dass mit dem Plombieren nicht mehr auszukommen sei, und es wurde beschlossen, die am meisten hergenommenen Stellen vollständig zu erneuern.

2. Teilerneuerung 1935/1937. Als Grundsatz bei dieser in eigener Regie ausgeführten Arbeit galt: Möglichst schwere Steine, Fugenweite höchstens 1 cm und durchgehend ebene Oberfläche. Deshalb verwendete man Steine von doppelter Breite, nämlich 53 bis 75 cm gegenüber $26 \div 37$ cm, mit vollkantiger Bearbeitung auf 25 statt nur 10 cm Tiefe. Es waren also schon mehr eigentliche Quader. Für die Partie am Widerlagerfuss sind besondere neuartige Quader geschaffen worden. Die hier durchlaufenden beiden Fugen (s. Abb. 7 links) sind dem Auswaschen vor allem ausgesetzt und da sie streckenweise mehr als $1^1/_2$ cm weit waren, hielt es schwer, sie in der üblichen Weise mit Eisen oder Holz genügend zu sichern. Um sie ganz zu vermeiden, wurde der unterste Widerlagerstein mit dem ersten Sohlenstein in einem einzigen „Winkelquader" mit verschiedenen Fusslängen zusammengefasst (Abb. 9). Sämtliche Quader wurden aus den Granitbrüchen von Wassen und Gurtnellen bezogen.

Eine natürliche Erscheinung ist es, dass die Längsfugen im oberen mit $R = 150$ m gebogenen Tunnelteil auf der äusseren, linken Seite stärker beansprucht und die Steine viel glatter geschliffen sind, als auf der inneren, rechten Seite. Nach dem Bogenende zeigt sich das umgekehrte Bild und das merkwürdige ist nun, dass es im wesentlichen auf der ganzen geraden Strecke so bleibt; links sind die Steinoberflächen noch ziemlich rauh, die Fugen viel weniger stark angegriffen. Am Auslauf steht der Wasserspiegel rechts 10 cm höher als links. Dass demnach die Hauptströmung auf der rechten Seite bleibt, muss wohl durch die Natur des schiessenden Abflusses erklärt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass der Tunnel im Jahre 1939 gerade an der Stelle einstürzte, wo die verlängerte Bogenaxe des oberen Tunnelteiles auf die gerade Strecke der rechten Tunnelwand auftrifft, und wo die Sohle noch nicht erneuert war.

Beim Aufbruch der Sohlenpflästerung wurde in der Regel auch die Betonunterlage, die stellenweise ausgelaugt und mürbe war, beseitigt. Darunter, wie auch unter den Widerlagern, zeigten sich vereinzelt Hohlräume. Ihre Entstehung ist wahrscheinlich auf die während des Baues offengehaltene, unter der Betonunterlage eingebaute Drainageleitung zurückzuführen und auf das durch undichte und ausgewaschene Fugen unter Druck in den Tunnel dringende Wasser (bis daumendicke Strahlen), vermutlich auch auf Strömungen im Berg ausserhalb der Tunnelröhre. Entnommene Wasserproben hatten zwar nie Sand oder auch nur eine Trübung gezeigt. Dagegen führte das bei den Plombierungsarbeiten angeschnittene Wasser anfänglich meistens reichlich Sand und es ist anzunehmen, dass dies auch zu Beginn des natürlichen Durchbruches von Wasserstrahlen der Fall war. Um dem zu begegnen, hat man für die neuen Sohlenpartien eine wasserdichte Unterlage hergestellt, was Fugenausbesserungen und spätere Auswechslungen von Quadern ohne Entfernung der Unterlage und vielleicht sogar ohne Absenkung des Staubeckens ermöglichen soll. Dazu verwendete man vibrierten Beton mit 300 kg PZ auf den m³ Kies-Sand in einer Stärke von 40 cm statt der bisherigen 30 cm. Zur Milderung des Wasserandranges und zur Verhütung gefährlicher Ausspülungen von Sand wurde der Staubeckenspiegel während der ganzen Dauer der Arbeiten, wie später beim Abbau des Einbruches, dauernd tief gehalten. Auch so noch musste in der Fundamentsohle mit grosser Sorgfalt vorgegangen werden. Bergwasser leitete man in geschlossenen Leitungen oder mit Steinen ausgepackten und mit Dachpappe oder Blechstücken abgedeckten Sickerrinnen in die Drainageleitung oder vorzugsweise direkt in die an beiden Enden der 9 bis 18 m langen Arbeitstrecken angeordneten Pumpensümpfe. Nach dem Versetzen der Sohlenquader wurde in die höchstens 1 cm weiten Fugen mittels gezahnter Flacheisen plastischer Mörtel eingebracht.

Im ganzen sind in den beiden Wintern 1935/36 und 1936/37 283 m² Sohle erneuert worden, nämlich eine Anzahl schadhafter Stellen in den obern zweidrittel des Tunnels, worunter insbesondere diejenige am Fusse des Einlauftrichters (Abschliff bis zu 10 cm), sowie die untersten 90 m vom rechten Widerlager bis über die Sohlenmitte hinaus. Winkelquader kamen zur Hauptsache nur in den stärker beanspruchten Strecken auf insgesamt 47 m zur Anwendung; sie haben sich vollauf bewährt. Von den verbliebenen alten Sohlenflächen hatte man den Eindruck, dass sie sich wie bis anhin mit Plombierungen und gelegentlicher Auswechslung einzelner Steine noch eine Anzahl Jahre werden halten lassen. Man sah deshalb von weiteren Erneuerungen vorderhand ab. Der Zustand im letzten, dem Einsturz vorangegangenen Winter 1938/39 gab zu keinen Bedenken Anlass; insbesondere hatten sich die erneuerten Sohlenflächen recht befriedigend gehalten.

3. Teilerneuerung 1939/41. Der 1939 erfolgte Einsturz war ein Warnungsruf, mit der Erneuerung der alten, stärker mitgenommenen Sohlenstrecken nicht länger zuzuwarten, dies umsoweniger, als nach der Ausräumung des Tunnels eine erhebliche Verschlechterung des Zustandes der Sohle festzustellen war. Deshalb wurde der Regiebauunternehmung gleichzeitig mit den Arbeiten an der Einsturzstelle auch die teilweise Erneuerung der Sohle übertragen. Beim Aufbruch zeigten sich die früher beobachteten Hohlräume unter ausgelaugtem Beton in verstärktem Masse. Da die Entstehung solcher Auswaschungen wohl kaum gänzlich zu vermeiden war, legte man das Hauptgewicht auf eine kräftige, einwandfreie Betonunterlage; sie erhielt eine Stärke von mindestens 60 cm. Auf diese Weise kam zugleich die Drainageleitung, die selbstverständlich nach Beendigung der Arbeiten geschlossen wurde, in den Beton hinein, statt unterhalb in das Geschiebe zu liegen. Die Gefahr weiterer Auswaschungen wurde so vermindert, wie auch durch mehrere 1 m unter Fundament reichende Sporen quer zum Tunnel. Zur Erzielung eines raschen Baufortschrittes kam raschbindender Spezialzement „Granit" zur Verwendung und zwar wie früher 300 kg auf 1 m³ Kies-Sand. Dieser konnte zum grössten Teil im Reussbett oberhalb des Leitwehres gewonnen werden; der Rest wurde aus dem Reussdelta von Flüelen bezogen. Vom Vibrieren des Betons sah man ab, weil Befürchtungen bestanden, dass damit die Entwässerungsrinnen verstopft werden könnten. Dagegen wurde er mit Druckluftstampfern gehörig verdichtet.

Im Verlauf der Arbeiten konnte eine äusserst wichtige Beobachtung gemacht werden. Oberhalb der Einbruchstelle fanden sich in der alten Sohlenpflästerung flache, $10 \div 15$ cm tiefe Einsenkungen von 1 bis $1^1/_2$ m Durchmesser mit gelockertem Gefüge und augenscheinlich durch Schlagwirkung beschädigten Steinen im flussabwärts gelegenen Teil der Einsenkungen. Diese selbst waren zweifellos durch Hohlräume unter der Betonsohle entstanden. Dass an so beschädigten Stellen schliesslich die Steine herausgerissen werden, ist nicht verwunderlich. Damit war nun endlich mit grösster Wahrscheinlichkeit die tiefere Ursache für die wiederholte Entstehung von Löchern und die in der Folge aufgetretene Zerstörung im Jahre 1939 gefunden worden. Wenn früher solche Einsenkungen nicht beobachtet werden konnten, so muss das wohl damit erklärt werden, dass sie während der Hochwässer durch Schlagwirkung von Geschiebeblöcken auf unterhöhlte Stellen entstanden und das Herausreissen von Steinen unmittelbar darauf geschah. Man hatte demnach keine Anhaltpunkte dafür, wo einer drohenden Gefahr zu begegnen gewesen wäre.

Der aufgedeckte Zustand liess es geraten erscheinen, die Erneuerungen viel weiter auszudehnen, als zu Beginn der Arbeiten vorgesehen war. Da jedoch der Staubeckenspiegel im Sommer nicht dauernd tief gehalten werden kann, stellte man die

[4]) Das Kraftwerk Amsteg, SBZ 1925/26 (Bd. 86 und 87).

Arbeiten Mitte Mai 1940 ein und beendete sie im nächsten Winter. Nach Entfernung der Dammbalken liess man die Reuss wieder durch den Umleittunnel, begrenzte aber den Durchfluss auf 150 m³/s. Dieser Höchstabfluss kam beim einzigen Hochwasser des Jahres 1940 mit 280 m³/s vor. An den noch nicht erneuerten Sohlenteilen zeigten sich keine ernstlichen Beschädigungen. Für die Arbeiten im Winter 1940/41 war im Tunnelgewölbe hinter den Einlaufschützen eine Zugangsöffnung erstellt worden, so dass das teure und zeitraubende Einsetzen der Dammbalken entfallen konnte. Im Winter 1939/40 sind 550 m², im Winter 1940/41 500 m² Sohle erneuert worden. Damit ist nun die ganze Tunnelsohle, mit Ausnahme einiger Streifen rechts in der Kurve, mit Granitquadern versehen. Winkelquader sind im ganzen auf 320 m Länge eingesetzt, und zwar in der Kurve auf der linken, in der Geraden zum grössern Teil auf der rechten Seite.

4. Abdichtung des Tunnels. Um Auswaschungen ausserhalb der Tunnelröhre durch eintretende Wasserstrahlen und zugleich Wasserverluste aus dem Staubecken nach Möglichkeit hintanzuhalten, mussten Widerlager und Gewölbe gründlich abgedichtet werden. Da der ursprünglich aufgebrachte Gunitüberzug vielerorts durch Frostwirkung und Ablösung infolge Wasserdruck undicht geworden war, sah man von Ausbesserungen ab und nahm eine durchgehende Neuverfugung vor. Das war wohl zeitraubender und teurer, aber erheblich zuverlässiger. Die vor allem undichten Pressfugen wurden vorerst nachgespitzt und Wasserstrahllöcher mit Bleiwolle oder Zementmörtel mit Schnellbinderzusatz zugestopft. Der Erfolg war überaus befriedigend. Während früher jeweils nach dem Sommerwasser bis zu 60 l/s aus dem Tunnel abflossen, sind es heute nur noch wenige l/s. Das Wasser tritt bei vereinzelten undichten Sohlenfugen aus, doch ist anzunehmen, dass es nicht von unten her durch die Betonsohle kommt, sondern von den Widerlagern her. Eine eigentliche Abdichtung war aber hier praktisch nicht ausführbar.

5. Kosten. Die Kosten für die Erneuerung der Sohle (Abbruch der alten Sohle, neue Betonunterlage, Sohlen- und Winkelquader am Widerlagerfuss ohne diejenigen in der Einbruchstelle) einschliesslich aller Hilfsarbeiten, Energieverbrauch usw. betrugen 1935/41 295 000 Fr. und zwar 1935/37 181 Fr./m², 1939/41 226 Fr./m². Diese 295 000 Fr., wie auch die durch den Einbruch im Tunnel entstandenen Kosten von 119 000 Fr. sind als Unterhaltskosten der Betriebsrechnung des Kraftwerkes belastet worden. Für den Unterhalt aller Wasseranlagen (Wasserfassungen, Stollen, Wasserschloss und Apparaturkammer, ohne mechan. Einrichtungen) sind in den 19 Betriebsjahren von Ende 1922 bis Ende 1941 875 000 Fr., oder im Jahresdurchschnitt nicht ganz 0,2 % der Anlagekosten im Wert von 24,8 Mio Fr. ausgegeben worden. Trotz der hohen einmaligen Ausgaben für den Umleittunnel bewegen sich also die Unterhaltskosten der Wasseranlagen, für die in Betriebskosten-Voranschlägen gewöhnlich 0,5 % eingesetzt werden, in recht mässiger Höhe.

6. Schlussbetrachtung. Nach der kurzen Benützungsdauer der neuen Sohlenpflästerung haben sich bereits, wie nicht anders zu erwarten war, die grundsätzlich gleichen Erscheinungen gezeigt, wie früher: Auswaschen des Mörtels in den Längsfugen und Einsägen von Rillen im folgenden Quader. Das Ausmass ist aber viel geringer und die engen Fugen lassen sich, da Wasser unter Druck nur vereinzelt austritt, leicht und rasch plombieren. Schlagbeschädigte Quader sind nicht festgestellt worden. Eine interessante Beobachtung konnte gemacht werden: Während beim Abschwemmen des Geschiebes durch den Tunnel im Einlauftrichter ein starkes Gepolter herrscht, sind in der Tiefe des Tagbruchtrichters nur vereinzelte schwach-dumpfe Schläge zu vernehmen. Das scheint darauf hinzudeuten, dass die meisten Geschiebeblöcke auf der ebenen glatten Sohle gleiten, was vielleicht durch die Natur des schiessenden Wassers zu erklären ist. Auf jeden Fall sind Schlagbeschädigungen viel seltener zu erwarten, als auf der alten, unebenen Sohle, und beschädigte Steine können nach dem früher gesagten ohne Schwierigkeiten ausgewechselt werden. Mit welcher Lebensdauer der Sohlenpflästerung kann gerechnet werden? Theoretisch würde sie bei einem als zulässig erachteten Abschliff von z. B. 15 cm der auf 25 cm Tiefe vollkantigen Quader und bei 3 mm jährlicher Abnützung 50 Jahre betragen. Wird jedoch angenommen, dass die ganze Pflästerung schon nach 30 Jahren erneuert werden müsste, so würde bei den auf 180 000 Fr. geschätzten Kosten der jährliche Anteil 6000 Fr. betragen; das ergäbe, auf die Anlagekosten des Umleittunnels von 1,2 Mio Fr. allein bezogen, 0,5 % der Betriebskosten. Es darf wohl erwartet werden, dass sich die Sohlenpflästerung bei guter Pflege 30 Jahre lang halten wird.

Un cas urbanistique: Genève

Par MARCEL D. MULLER-ROSSELET, architecte S.I.A., Genève

L'urbanisme est devenu une discipline qui s'intéresse à tous les aspects de la vie d'une ville, aussi si aujourd'hui nous voyons une cité s'arrêter dans la voie de son développement, scn activité décroître, appartient-il à l'urbaniste de s'y intéresser, d'en faire l'objet de ses études et d'établir le diagnostic permettant de tenter de tracer les grandes lignes du remède à apporter à la situation.

Les toute récentes statistiques fédérales frappent en ce sens que l'on voit presque toutes nos villes accuser une sensible augmentation de leur population au cours de la dernière décade, alors que pour Genève c'est le statut quo. Dans un autre ordre on constate que cette ville a le 14 % de ses appartements inoccupés, pendant qu'à l'autre extrémité du pays il y a pénurie de logements! Ces faits sont éloquents et montrent que Genève est malade et qu'il est grand temps de s'intéresser à son cas.

Dans le but de faire le point, voyons quelle fut scn évolution historique. Géographiquement sa situation apparaît immédiatement comme étant de premier ordre, en effet, Genève est située au fond d'une cuvette à laquelle des vallées et échancrures assurent des accès dans toutes les directions, sans parler du lac. La voie de passage vivifie la cité; cet axiome se vérifie dès l'époque romaine où Genava apparaît comme une civitas prospère, noeud de chaussées romaines. Ses Foires lui assurent pendant tout le moyen-âge une constante prospérité, et il faudra la ruine des républiques de Gênes et de Venise, avec l'apogée de Cadix et de Lisbonne à la suite des grandes découvertes géographiques, pour entraîner la mort des Foires de Genève.

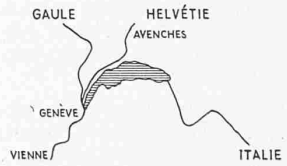

Fig. 1. Genava, centre de voies romaines

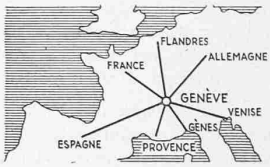

Fig. 2. Rayonnement des foires de Genève au moyen-âge

Au XVIe siècle c'est la Réforme, faisant de Genève le centre du Protestantisme, qui, développant l'esprit d'initiative, contribue à en faire une ville prospère. Dès le XVIIe siècle la montre de Genève a acquis la réputation mondiale qu'elle a gardée, et la cité est une des principales places de banque de l'Europe au XVIIIe siècle. De grands noms brillent en théologie, dans les sciences et même en littérature.

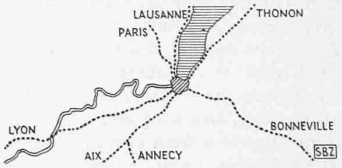

Fig. 3. Genève, noeud des routes de diligences au XVIIIe siècle

La Révolution provoque la ruine de la république, qui ne revit et ne reprend son essort, qu'en 1814, comme ville suisse. Elle est la plus grande ville du pays, se transforme et se donne un aspect grande ville. Dès 1865 on construit les lignes de chemin de fer Genève-Lausanne et Genève-Lyon, puis l'embranchement d'Annemasse. Cependant, lorsque commence l'époque du rail, s'affirme petit à petit une situation qui n'est pas sans gravité: alors que Genève avait joui du temps des diligences de l'avantage d'être un noeud de voies de communication, elle risque de perdre ce privilège si le tunnel de la Faucille ne se construit pas, et de n'être plus que sur *une unique voie* sortant de Suisse vers le Midi de la France. La Faucille ne se fit pas et pendant ce temps les villes suisses devenaient des noeuds ferroviaires!

Vers le milieu du siècle dernier, Genève cédera peu à peu le pas à Zurich, qui va devenir la plus grande cité du pays et commence son ascension. Genève continue à se développer et à se moderniser, mais à un rythme moins fébrile. En 1919 elle est choisie comme siège de la Société des Nations, et voit s'installer chez elle quantité d'organismes internationaux. La ville bénéficie de la présence de ces services, mais quelques années plus tard, la France supprime les Zones franches, chose qui ne manque pas de porter un coup sensible au commerce genevois.

A partir de 1930 les effets de la crise mondiale se font sentir, auxquels viennent s'ajouter les inconvénients de la situation particulière de Genève. Enfermée dans ses frontières comme dans un carcan, *elle manque d'un hinterland, possède de mauvaises liaisons ferroviaires, son industrie est handicapée en raison de*