Geologische und hydrologische Beobachtungen über der Mont d'Or-Tunnel und dessen anschliessende Gebiete

Autor(en): **Schardt, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69/70 (1917)**

Heft 24

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-33988

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Geologische und hydrologische Beobachtungen über den Mont d'Or-Tunnel und dessen anschliessende Gebiete.

Von Prof. Dr. *H. Schardt*, Zürich.

(Fortsetzung von Seite 264.)

Die Wasserverhältnisse im Mont d'Or-Tunnel.

Jeder Tunnel hat Wasserzuflüsse zu gewärtigen, insofern das Gestein überhaupt wasserdurchlässig ist. Bei gleichmässiger Durchlässigkeit und Beschaffenheit des Gesteins verteilen sich die Zuflüsse auch entsprechend gleichmässig auf die ganze Länge des Baues. Ungleichheit der Wasserdurchlässigkeit, d. h. Wechsellagerung von wasserdichten und durchlässigen Schichten, bedeutende Mächtigkeit und Ausdehnung dieser letztgenannten an der Oberfläche, führt nicht nur zu abwechslungsweise trockenen und wasserreichen Strecken im Tunnel, sondern es können sich auch, je nach der tektonischen Lage der Schichten, ausgedehnte unterirdische Wasseransammlungen bilden, deren Anstich durch den Tunnelbau verhängnisvoll werden kann.

In dieser Hinsicht waren die Verschiedenheiten zwischen dem vorläufigen und dem wirklichen geologischen Profil ziemlich belanglos. Allerdings enthält der Bericht über jenes, soweit bekannt, keinerlei Angaben über mögliche Wasserzuflüsse während des Tunnelbaues; bezügliche Prognosen sind ebenfalls nicht von dieser Seite bekannt geworden. Hingegen sprach sich schon 1905 der Geologe Prof. E. Fournier in Besançon in der Tagespresse („Le Petit Comtois") dahin aus, dass durch den geplanten Tunnelbau die Quellen zwischen Jougne, Les Hôpitaux und Rochejean gefährdet seien. Diese Behauptung hat später eine Polemik zwischen den offiziell beauftragten Geologen L. Collot, W. Kilian und Ph. Zürcher einerseits und E. Fournier anderseits veranlasst, indem Jene in Betreff der während des Baues eingetretenen Wasserzuflüsse den Schluss zogen, niemand habe über diese Begebenheiten etwas vorausgesagt und man hätte auch nichts voraussagen können („personne n'a prédit, en particulier, et n'aurait pu prédire ce qui s'est passé au Mont d'Or").

Nach den denkwürdigen Erfahrungen, die beim Durchstich des Simplontunnels gemacht werden konnten, wo im Innern des Gebirges Quellen abgeleitet wurden, deren frühere Austrittstellen 600 *m* ü. M. über dem Tunnel und bis 7 *km* seitlich davon gelegen waren, ist nicht mehr daran zu zweifeln, dass das unterirdische Wasser nicht etwa wie ein Bach dem oberirdischen Gefälle entlang abfliesst, sondern die Befähigung besitzt, längs den immer vorhandenen Lithoklasen, anfänglichen Kapillarspalten, weit unter das Ausflussniveau der Quellen in das Gestein einzudringen. Das Einsinken des Wassers vollzieht sich um so rascher und leichter, je zahlreicher die Lithoklasen sind und je leichter löslich das Gestein ist. Reiner Kalk besitzt diese Eigenschaften in hervorragendem Mass, sodass sich allmählich durch die Auflösung der Kluftwandungen nicht nur mehr oder weniger leicht wasserführende Spalten öffnen, sondern sogar geräumige Höhlen bilden, wie Abb. 5 (auf Seite 262 letzter Nummer) eine darstellt. Die immerfort tätige Auflösung des Gesteins geschieht unter steter Zirkulation, wobei das den Auftrieb bedingende Agens die Erdwärme ist.

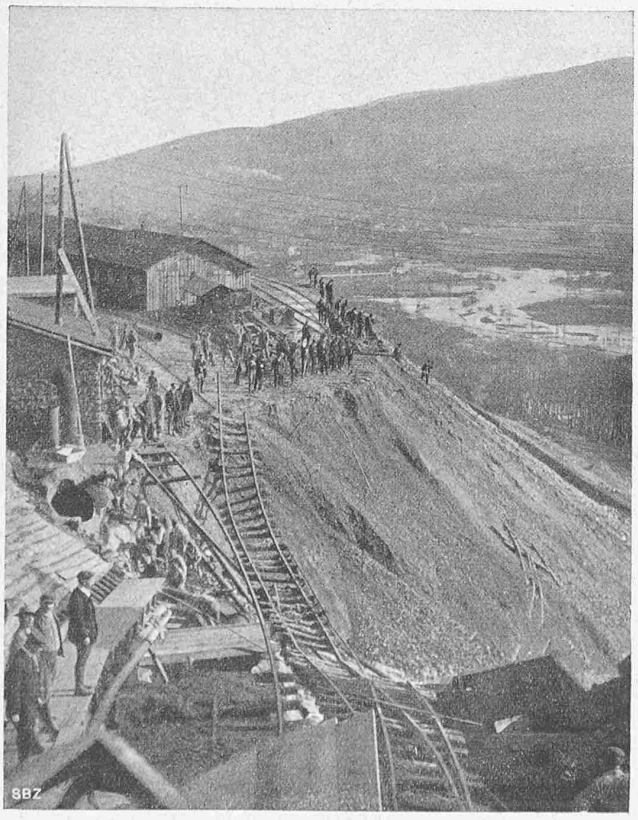

Abb. 8. Abschwemmung am Portal Vallorbe, am 23. Dez. 1912.

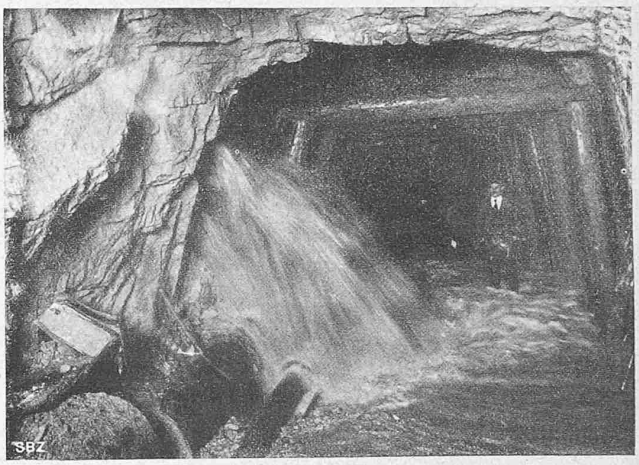

Abb. 6. Quelle A am 24. Dez. 1912, gegen Vallorbe gesehen.

Gestützt auf diese Tatsachen *musste* man voraussehen, dass durch den Bau des Mont d'Or-Tunnels beträchtliche Wassermassen angefahren würden. In Betracht kämen die schon von Fournier erwähnten Quellen des Bief Rouge bei Metabief (5 *km* nordöstlich der Tunnelaxe) und die 9,5 *km* südwestlich gelegene Quelle des Doubs bei Mouthe, die alle an der Westabdachung des Gewölbes, an der Grenze der Neocomschichten und des Portland, austreten. Dass es sich bei solchen Anzapfungen nicht nur um das aus der mittleren Regenmenge berechenbare Quellwasserquantum mit seinen Schwankungen handelt, sondern auch um das in den Hohlräumen gestaute Wasser, das, weil unter Druck stehend, mit grosser Gewalt und in riesiger Menge austreten kann, wissen wir seit den Erfahrungen am Simplontunnel und anderswo zur Genüge.[1]) Man musste also beim Durchfahren der Sequankalke über den wasserdichten Argovienmergeln auf der Strecke des fünften Kilometers alle oder einen Teil dieser Quellwässer von unten anzapfen. Das sind eben die Befürchtungen, die von Prof. Fournier angedeutet worden sind.

Von technischer Seite wurde allerdings auch auf grössern Wasserzufluss gerechnet, wohl gerade in Anbetracht der von Fournier ausgesprochenen Befürchtungen, ohne dass man indessen so weit ging wie dieser. Aus Berechnungen betreffend das Einzugsgebiet, deren Grundlagen mir nicht bekannt sind, wurde in der Tunnelsohle ein Abzugkanal von 60×60 *cm* vorgesehen für eine Wasserführung von 300 bis 600 Sekundenlitern, mit einem Maximum von 950 *l/sek*. Nach der örtlichen Regenmenge und 65 % Wasseraufnahme durch den Boden würde ein Mittelertrag von 450 *l/sek* einem Einzugsgebiet von etwa 20 km^2 entsprechen. Es ist aber bekannt, dass die aus dem Kalkgebirge austretenden Quellen ausserordentliche und rasche Schwankungen aufweisen. Die Quelle der Areuse im Val de Travers z. B. erreicht ein Maximum, das 25 mal den Mittelwasserstand und 500 mal das Minimum erreicht; was bei oberflächlichen Quellen stattfindet, wird umso mehr bei deren Anstich im Innern des Gebirges eintreten, wozu dann noch die plötzliche Entleerung unter Druck der mit Wasser gefüllten Höhlungen kommt.

Die Quellen des Mont d'Or-Tunnels einzeln zu beschreiben, wäre zwecklos. Sie lassen sich übrigens in eine geringe Zahl von

[1]) Vergl. auch „Quellen und Klüfte im Grenchenbergtunnel" (mit zahlreichen Abbildungen) in Bd. LXII, S. 267 (15. Nov. 1913). *Red.*

Gruppen vereinigen, deren Lage aus dem vom Verfasser dieses Berichts (*nicht* von Prof. Collot, wie die Unterschrift irrtümlich lautet) aufgestellten geologischen Profil Abb. 4 (S. 263) ersichtlich ist

Die *erste Gruppe* umfasst die Nummern 1 bis 4 aus der Sequan- und Kimeridgezone von 0 bis 600; es sind geringe, bei Regenwetter stark zunehmende Quellen, die in Form von Firstregen auftraten, mit 8,5 bis 9,5° Temperatur. Ihr Wasser floss nicht zum Tunnel hinaus, sondern versickerte in der Sohle. Es ist recht merkwürdig, dass diese muldenförmig auf der Ueberschiebungsfläche und den undurchlässigen Argovienmergel aufliegende Kalkzone nicht mehr Wasser gebracht hat. Dieser Umstand erklärt sich durch die Lage des Tunnels, 50 *m* über der Talsohle, durch das Absinken der Ueberschiebungsfläche gegen S, wodurch das unterirdische Wasser die Möglichkeit findet, auf der Höhe der Talsohle

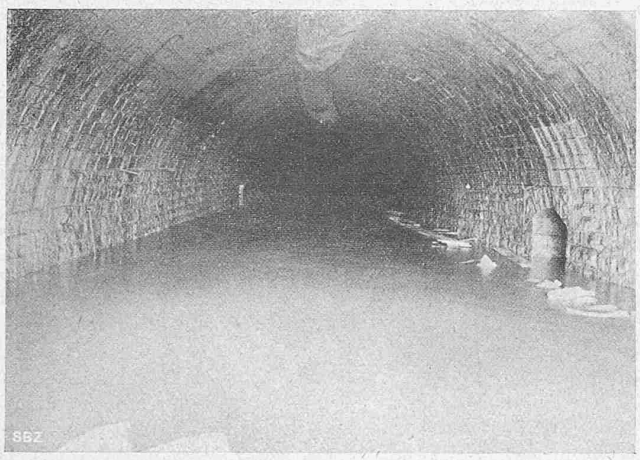

Abb. 10. Ueberschwemmung des Tunnels durch die Quelle A, Ende Dez. 1912.

oder doch nur wenig darüber auszufliessen, gleichgültig, ob es von NO oder von SW kommt. Tatsächlich entspringt aus dieser Flanke des Mont d'Or-Gewölbes eine grosse Quelle bei La Dernier (Source à Gerlet), 763 *m* ü. M., die von der in der Nähe austretenden Quelle der Orbe ganz unabhängig ist.

Eine *zweite,* ebenfalls nur geringfügige Quellgruppe, Nr. 5 bis 8, entspringt an der Grenze zwischen Sequan und Argovien, zum Teil aus diesen Mergeln selbst. Das Wasser ist stark gipshaltig, besonders das der Quelle Nr. 5; Temperatur anfänglich 10°, später infolge Abkühlung 6,5°.

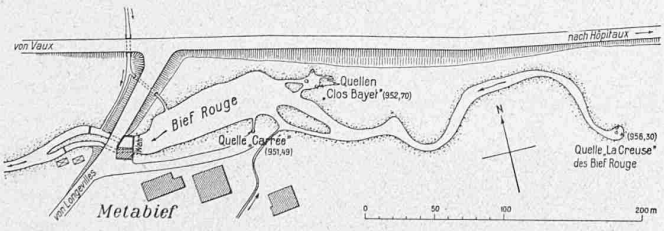

Abb. 7. Lageplan der Quellen des „Bief Rouge". — 1 : 5000.

Eine *dritte* interessante Gruppe enthält Wässer, die aus dem Doppelgewölbe von Spongitien mit viel Eisenkies an mehreren Stellen auf beiden Seiten des Stollens entspringen, mit einer Gesamtmenge von etwa 60 *l/min.* Ihr Wasser ist stark eisenhaltig und bedeckt die Oberfläche des Gesteins mit gelbem Eisenhydrat. Sein Eisengeschmack ist gut bemerkbar; es enthält auch viel Gips. Beide Eigenschaften sind durch die Oxydation des Schwefeleisens zu erklären. Die anfängliche Temperatur dieser Quellen war 13°, später sank sie auf 10° oder wenig mehr. Das Wasser steigt offenbar von unten auf.

Die *vierte* Gruppe umfasst die den vorhergehenden sehr ähnlich beschaffenen kleinen Quellen (10 bis 18), die aus dem Spongitien, der Dalle nacrée und dem Bathongewölbe zwischen 1300 und 2300 *m* entspringen; sie stehen möglicherweise mit den vorigen in Verbindung und besitzen die gleichen Eigenschaften.

Die Durchquerung des Argovien brachte auf nahezu zwei Kilometer fast kein Wasser. Zwei kleine Quellen (19 u. 20) haben sich an der obern Grenze der Mergel gezeigt, bei 3830 und 4033. Es sind ebenfalls stark gipshaltige Wässer. Zu bemerken ist hier noch, dass in den Mergeln der Effingerschichten an verschiedenen Stellen schöne durchsichtige Gipskristalle gefunden worden sind. Entweder als Drusen in Hohlräumen oder in einer lehmigen Füllmasse ausgewachsen. Der Gipsgehalt des Wassers aus diesen Mergeln findet so seine Erklärung.

Die wichtigste Quellengruppe ist die *fünfte,* jene, die die grossen Wassereinbrüche im Sequankalk verursacht hat. Hierher ist zu rechnen alles Wasser, das aus dem oberen Jura zwischen 3100 und 5300 ausfliesst, nämlich die Quellen Nr. 21 bis 29. Alle diese Wässer zeichnen sich, wie die aus dem oberen Jurakalk austretenden Quellen überhaupt, durch geringen Mineralgehalt, fast ausschliesslich kohlensaurer Kalk, aus; der Gipsgehalt (Permanenthärte) ist sehr gering. Sie stehen somit in einem auffallenden Gegensatz zu den Quellen Nr. 5 bis 20, die zum Teil eigentliche erdige Mineralwässer sind. Ihre gewaltige Wassermenge bildet einen weiteren Gegensatz, ebenso die Veränderlichkeit ihres Ergusses.

Einige kleinere Quellen (21 und 22) wurden gleich nach dem Eindringen in den Sequankalk (4,123) anfangs Dezember 1912 angetroffen. Der Fels war mässig zerklüftet. Beim Km. 4,273 durchquerte man eine etwa 60 *cm* breite, NS-Richtung verlaufende, fast senkrechte Kluft, die mit fettem gelbem Lehm angefüllt war. Wasser drang keines hervor. Am 23. Dezember 1912, als der Richtstollen schon 93 *m* über diesen Punkt vorgetrieben war, sah man, wie auf der rechten Stollenwand die allmählich feucht und plastisch gewordene Lehmmasse aus der Spalte herausgepresst wurde, worauf um 7 Uhr vormittags, 1,5 *m* über der hier 872 *m* ü. M. liegenden Sohle, plötzlich eine grosse Wassermasse mit gewaltigem Druck hervorbrach (Abb. 6), was unter der Tunnelmannschaft eine leicht begreifliche Panik hervorrief, die noch vermehrt wurde durch einen gleichzeitigen Zusammenstoss des ausfahrenden Zuges mit einem einfahrenden. Am gleichen Tage schon wurde das Versiegen der dem Tunnel am nächsten gelegenen, und später der gesamten Quellen des „Bief Rouge" bei Metabief (Abb. 7) beobachtet. Die Wassermasse im Tunnel wurde auf 3000 *l/sek* geschätzt; sie überschwemmte den Tunnel vollständig und bewirkte am Portal eine erhebliche Abschwemmung der Deponie (Abb. 8). Die verschwundenen Quellen liegen zwischen 4 und 5 *km* nordöstlich der Tunnel-Axe und 80 bis 84 *m* höher, wie folgende Zahlen ergeben:

	Meereshöhe	Höhenunterschied	
Source Carrée	951,49 *m*	79,36 *m*	Versiegte am 23. Dez.
Source du Clos-Bayet	952,70 *m*	80,57 *m*	„ „ 25. „
Source Creuse	966,30 *m*	84,17 *m*	„ „ 25. „

Später wurde auch noch das Verschwinden einer grossen Quelle bei Malbuisson konstatiert. Allmählich nahm die Wassermenge im Tunnel ab, was sich durch die Entleerung der vorher bis an die Ausflusstellen der Quellen mit Wasser gefüllten Hohlräume erklären lässt. Am 25. Dezember war die Wassermenge auf 700 *l* gesunken, als geradezu sintflutartiges Regenwetter mit rascher Schneeschmelze eintrat. Sofort nahm die in den Tunnel einfliessende Wassermenge wieder zu und erreichte in der Nacht vom 28. auf den 29. Dezember 5000 *l/sek* (Abb. 9). Merkwürdigerweise erschien am 27. Dezember, zur Zeit der stärksten Schneeschmelze, die Source carrée wieder; sie verschwand aber am 29. endgültig, ein Beweis dafür, dass die Oeffnung nach dem Tunnel nicht alles zufliessende Wasser entleeren konnte und dass vom 27. bis zum 29. alle Hohlräume im Berg bis auf die Höhe der Source carrée wieder angefüllt waren. Mit dem 29. Dezember trat mit trockenem Wetter rasche Entleerung ein, sodass schon am 2. Januar 1913 nur noch 1000 *l/sek* und am 16., nach langsamer Verminderung, der Erguss sogar auf 340 *l/sek* gesunken war. Dass durch diese gewaltige Ueberschwemmung der Arbeitsbetrieb völlig gehemmt war, ist selbstverständlich (Abb. 10).

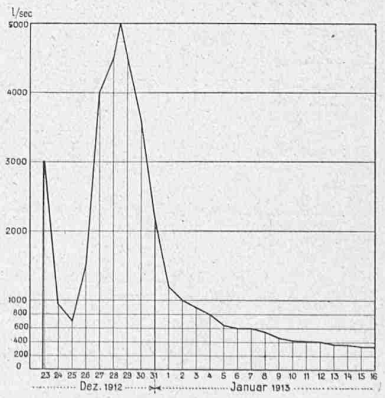

Abb. 9. Wasserführung des Tunnelkanals vom 23. Dez. 1912 bis zum 16. Jan. 1913.

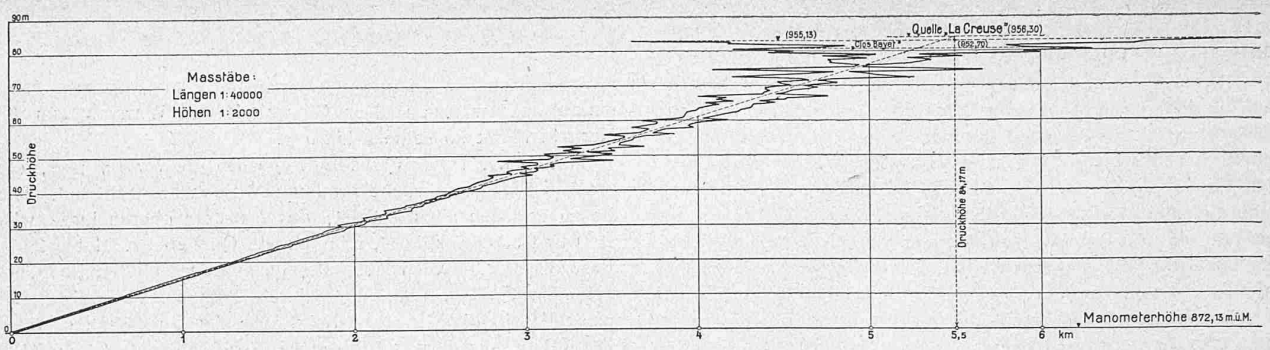

Abb. 13. Füllungs-Diagramm mit Konstruktion der ideellen Kluftvolumina von Kluft A im Tunnel (Nullpunkt) bis zu den Quellen des „Bief Rouge".

Am Eingang des Tunnelportals wurde, wie schon bemerkt, die aufgeschüttete Planie mit der provisorischen Zufahrtsbahn und verschiedenen Schuppen, nebst 17 000 m^3 Material weggeschwemmt und auf die Wiesen des etwa 50 m tiefer liegenden Talbodens ausgebreitet (Abb. 8).

Diese Begebenheiten erweckten allerlei Bedenken. Wollte man für alle Zeiten den unterirdischen Wasserlauf durch den Tunnel ausfliessen lassen, so musste für einen genügend grossen Abzugskanal gesorgt werden, umso mehr, als zu erwarten war, dass mit dem Fortschritt der Bohrung noch weitere wasserführende Spalten angefahren würden. Dazu gesellten sich die zu erwartenden Entschädigungsansprüche der Wasserkraftbesitzer am Bief Rouge (die tatsächlich nicht weniger als 4 810 000 Fr. von der P. L. M. verlangten) und der Umstand, dass nun durch ein französisches Unternehmen ein Wasserlauf aus Frankreich nach der Schweiz, aus dem Rhonegebiet in das des Rheins, abgeleitet werde.

Alle diese Umstände liessen es als wünschbar erscheinen, den unterirdischen Wasserlauf wieder an die Oberfläche zu stauen. Da bis dahin nur eine einzige grosse wasserführende Kluft angefahren worden war, wurde ein erster Versuch ausgeführt, der über die Möglichkeit dieses Unternehmens Aufschluss geben konnte. Etwas unterhalb der Kluft wurde der Vortriebstollen mittels eines wasserdichten Verschlusses, mit Abflussrohr und Schieber, zugemauert

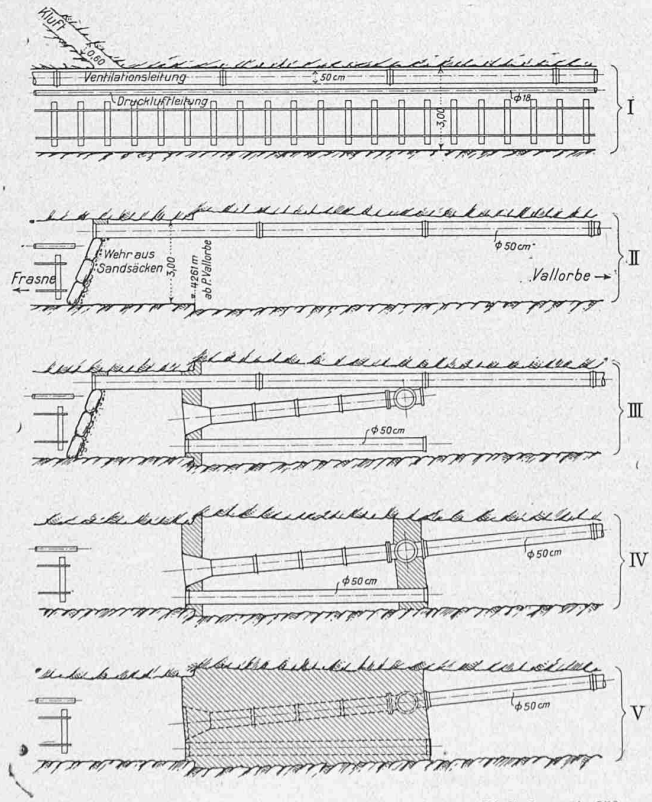

Abb. 11. Erste Abdämmung des Wassereinbruchs aus Kluft A. — 1 : 250.
I. Zustand vor dem 23. XII. 1912. — II. Prov. Ableitung durch die Ventilationsleitung. — III. Einlegen zweier Rohre, davon eines mit Schieber, in die Fundation der Abschlussmauer. — IV. Anschluss an die Ventilationsleitung. — V. Fertige Abdämmung (alles im Horizontalschnitt).

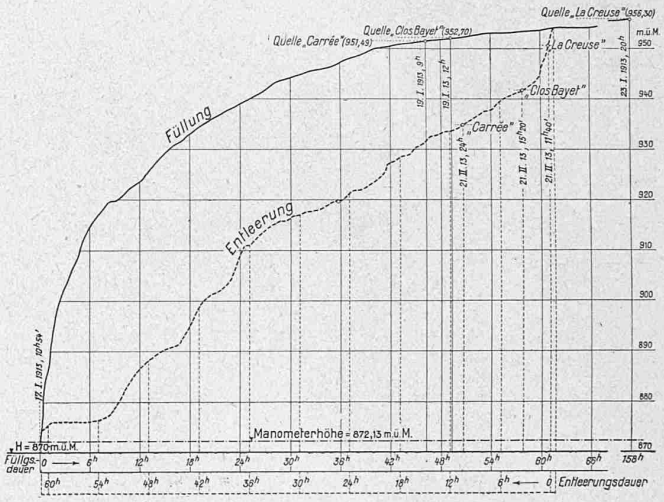

Abb. 12. Druck-Diagramme für Füllung und Entleerung der Kluft A.

(Abb. 11). Schon am 16. Januar 1913 war alles zum Experiment bereit. Am 17. Januar, 10 Uhr 54 Min., wurde der Schieber geschlossen und am Manometer die Druckzunahme beobachtet. Das Ansteigen des Druckes erfolgte anfänglich rasch, verlangsamte sich dann allmählich und wurde mit zunehmender Verlangsamung auch unregelmässig, woraus geschlossen werden muss, dass die Hohlräume nach oben weiter werden, dass aber diese Erweiterungen mit Unterbrechungen auf einander folgen. Am 19. Januar erschien, nach 46 Stunden, die Source Carrée wieder, drei Stunden später die Source du Clos Bayet und endlich 104 Stunden nach dieser, im ganzen nach 153 Stunden, kam am 23. Januar auch die Source Creuse wieder zum Vorschein. Durch die Abdämmung im Tunnel

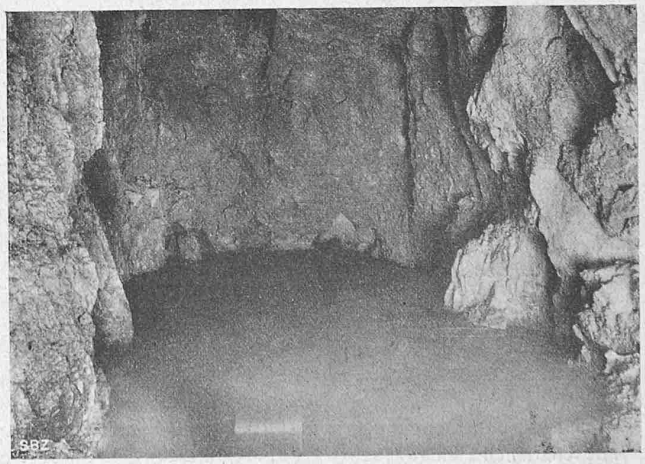

Abb. 14. Ausdehnung der Kluft A seitlich des Tunnels.

drang kein Wasser. Das Experiment war also vollständig geglückt und liess voraussehen, dass es auch möglich sein werde, die Wandungen des einmal fertig ausgemauerten Tunnels wasserdicht zu verkleiden, was allerdings eine schwierigere Aufgabe sein sollte.

Die Beobachtungen am Manometer haben es gestattet, die Druckzunahme in Form einer Kurve in Funktion der Zeit darzustellen, ferner, mit Hinzurechnung der konstant zufliessenden Wassermenge, die Volumina der sich mit Wasser füllenden Spalten, Kanäle und Hohlräume in den dem Druck entsprechenden Höhenlagen zu bestimmen. Diese Ergebnisse sind auf den beigegebenen Abbildungen 12 und 13 graphisch dargestellt. Am 19. Februar wurde ein umgekehrter Versuch gemacht, indem der Druck während der Entleerung und die Zeit des Verschwindens der Quellen beobachtet wurde. Die Form dieser Kurve (Abb. 12) ist eine ganz verschiedene und die Druckverhältnisse beim Verschwinden der Quellen stimmen nicht mit der entsprechenden Höhe überein, wie dies bei ihrem Wiedererscheinen der Fall war. Der Druck ist viel geringer, was sich dadurch erklärt, dass während der Entleerung der Hohlräume das Wasser in raschem Abfliessen begriffen ist und ein Teil des Druckes durch die Reibung aufgehoben wird. Im Moment des

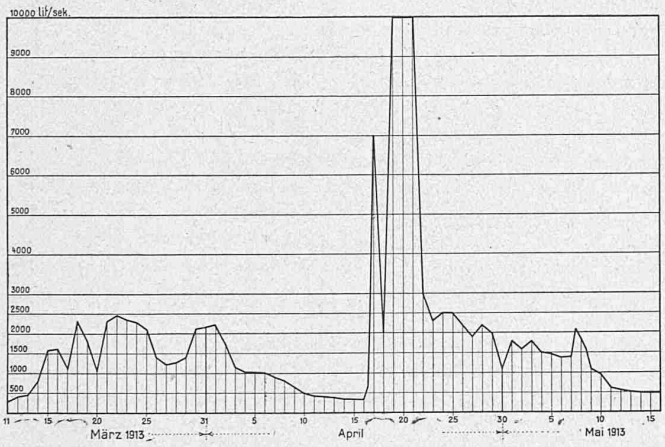

Abb. 18. Wasserführung des Tunnelkanals vom 11. III. bis 16. V. 1913.

Versiegens einer Quelle muss natürlich der Wasserspiegel auf der Höhe der Quelle sich befinden, aber da das Wasser nicht ruhend ist, wie beim Aufsteigen, zeigt das Manometer einen geringeren Druck. Nur die Quelle von Malbuisson macht eine Ausnahme; sie verschwindet bei einem höheren Druck als der ihrer wirklichen Höhenlage. Dieser Umstand ist erklärbar dadurch, dass diese Quelle nicht dort sichtbar wird, wo sie aus dem Felsen entspringt, sondern erst nach einem längeren druckfreien Lauf durch Schuttboden an die Oberfläche kommt, somit in einer viel tieferen Lage als die ursprüngliche Felsquelle, die wohl wenig tiefer als die Source carrée liegen dürfte.

Vom wissenschaftlichen Standpunkt ergibt sich aus diesem Zusammenhang eines bestimmten unterirdischen Wasserlaufes mit

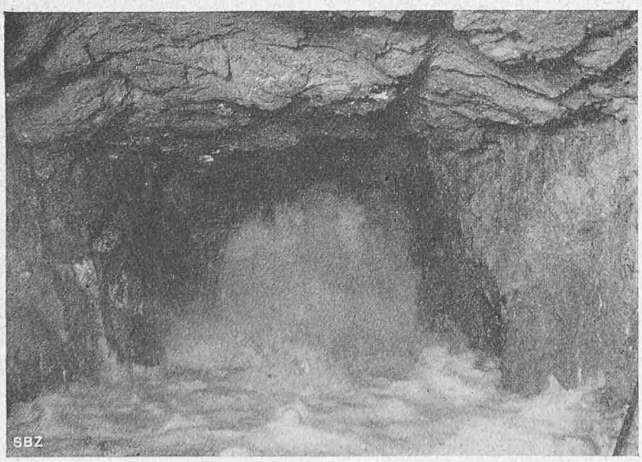

Abb. 16. Wassereinbruch aus Kluft B (Km. 4,407), angeschlagen 17. IV. 1913.

mehreren *zugleich* fliessenden Quellen, dass nicht gesagt werden kann, jede Quelle müsse ihr eigenes, besonderes Einzugsgebiet besitzen. Es handelt sich hier um Ueberläufe, die vom *gleichen* unterirdischen Wasserkanal ausgehen und die, obwohl in verschiedenen Höhen liegend, dennoch zugleich, doch ohne sich gegenseitig zu beeinträchtigen, mit Wasser versehen werden. Es ist wahrscheinlich, dass durch eine beträchtliche Abnahme des gemeinsamen Zuflusses die oberste Quelle, die Source Creuse, definitiv oder zeitweise verschwinden würde. Bei noch beträchtlicherer Abnahme kämen die noch tiefer liegenden an die Reihe und als letzte bliebe nur noch die Quelle von Malbuisson. Die Möglichkeit der Bildung von Quellen mit gemeinschaftlichem unterirdischem Lauf ist also vor allem von der konstant zufliessenden Minimal-Wassermenge abhängig.

Später wurden noch Versuche gemacht, durch Färbung des Wassers mit Fluoreszein den direkten Zusammenhang der Quellen des Bief Rouge mit dem Tunnel zu beweisen. Ein Versuch, hinter

Die Wassereinbrüche im Mont d'Or-Tunnel.

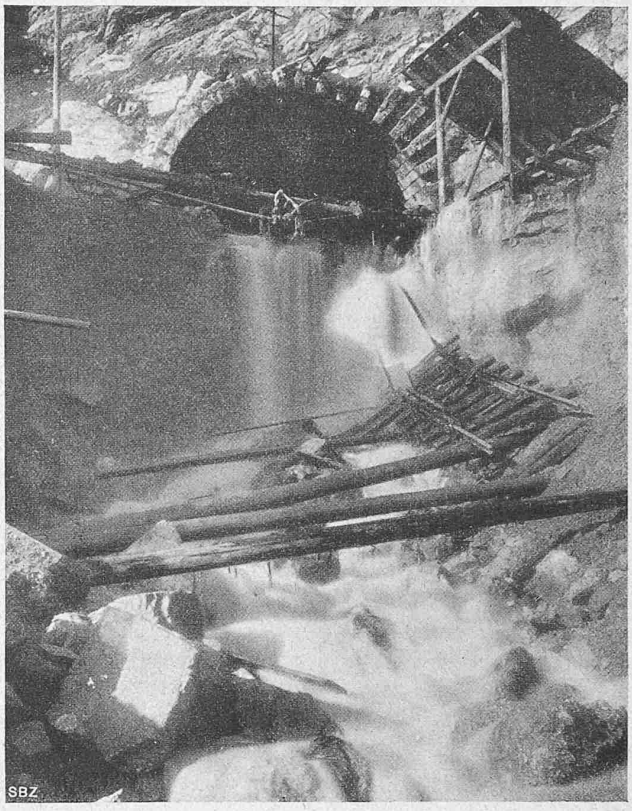

Abb. 17. Ueberschwemmung am Portal Vallorbe, herrührend vom Wassereinbruch aus Kluft B (Aufnahme vom 20. April 1913).

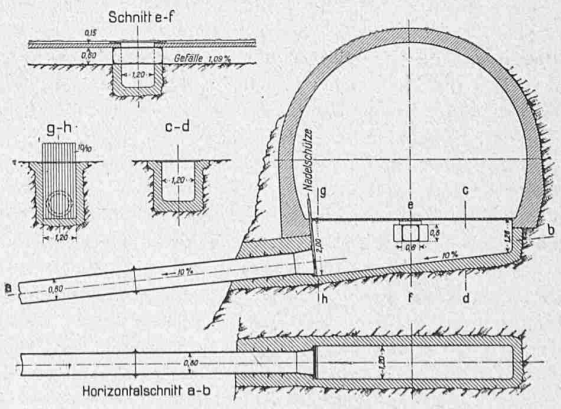

Abb. 15. Seitliche Entwässerung des Tunnelkanals am Portal Vallorbe, mit horizontaler Sieb-Abdeckung in Sohlenhöhe. — 1 : 250.

dem Abschluss-Damm im Tunnel Farbstoff einzuschliessen, führte zu keinem Ergebnis, weil die gesättigte Farblösung in der Tiefe bleiben musste und nur im Falle einer lebhaft aufsteigenden Strömung an die Oberfläche gelangen konnte, was nicht zutraf. Der

Beweis wurde hingegen dadurch erbracht, dass man den Bief Rouge im Moment der Oeffnung des Schiebers im Tunnel mit Fluoreszein färbte. Die Färbung erschien sehr rasch im Tunnel und blieb sogar in dem Wasser der Orbe sichtbar bis zu ihrer Mündung in den Neuenburger See.

Nach dem gelungenen Versuch, den Wasserlauf wieder an die Oberfläche zu stauen, wurden die notwendigen Vorkehrungen getroffen, um den Vortrieb des Tunnels wieder aufzunehmen. Vorerst wurde an der Tunnelmündung ein Schlammsammelbecken angelegt und von diesem eine feste, bis 7000 *l/sek* Wasser fassende, 250 *m* lange Rohrleitung bis in die Orbe geführt (Abbildung 15). Dann wurde der Stollen-Verschluss bei Km. 4,255 wegesprengt und die normale Arbeit konnte bei nicht zu starkem Wasserzufluss weiter geführt werden. Aber schon bei Km. 4,357 wurden wieder Klüfte mit Wasser unter Druck beobachtet. Am 17. April kam eine neue Ueberraschung. Während die Quelle bei Km. 4,273 (Quelle A) in starkem Zunehmen begriffen war, wurde aus einem Bohrloch bei Km. 4,407 der Bohrer gleich einem Geschoss herausgeschleudert, worauf ein gewaltiger Wasserstrahl bis 20 *m* weit in den Tunnel hereinfuhr. Die Arbeiten mussten wiederum unterbrochen werden, denn bald erreichte das eindringende Wasser die noch nie gesehene Menge von 10 000 *l/sek*, was neuerdings und zwar noch grössere Verheerungen am Tunnelausgang zur Folge hatte (Abbildungen 16 bis 18). Nach genügender Verminderung des Wassers konnte am 19. April das Ort wieder besucht werden. Es ergab sich, dass die Quelle A auf etwa 50 *l/sek* zurückgegangen war, während der grösste Teil des Wassers nun aus der neuen Kluft, Quelle B, austrat, woraus der Schluss gezogen werden muss, dass die Spalten beider Quellen mit einander in Verbindung stehen, und zwar durch einen Kanal, der *unter* der Tunnelsohle hindurch führt. Später wurde diese Tatsache noch experimentell bewiesen, worauf wir noch zurückzukommen haben werden.

(Forts. folgt.)

Miscellanea.

Die Verarbeitung des Holzes zu Geweben. Dem bereits in der auf Seite 270 unserer letzten Nummer erschienenen Notiz über die Verwertung der Brennessel-Faser erwähnten Vortrag von Dr. *Adolf Jolles*[1]) entnehmen wir noch die folgenden Angaben über die Verwendung der aus dem Holz gewonnenen Zellulose in der Textil-Industrie. Die Versuche, den aus Holz, insbesondere Koniferenholz, gewonnenen Zellstoff, der bis jetzt hauptsächlich zur Papierfabrikation Verwendung fand, auf Gespinstfaden und Gewebe zu verarbeiten, reichen schon ziemlich weit zurück und haben in letzter Zeit recht günstige Ergebnisse geliefert; allerdings ist zu bemerken, dass von einer Gleichwertigkeit der Zellulose-, bezw. Papiergarne und -Gewebe mit den übrigen Garnen und Geweben gegenwärtig und wohl auch in Zukunft keine Rede sein kann, dass vielmehr diese Materialien stets bloss die Stelle von Surrogaten und Streckungsmitteln spielen dürften. Die ersten Verfahren, die von Holzschliff, d. h. von dem auf rein mechanischem Wege fein zerfasertem Holz ausgingen, lieferten ein infolge des Gehaltes an inkrustierenden Holzbestandteilen nur wenig dauerhaftes, brüchiges Produkt. Erst die Methoden von *Kron* und *Claviez*, die von dem chemisch — durch Behandlung mit Alkalien oder schwefligsauren Salzen — und mechanisch aufgeschlossenen Holze, der Natron- oder Sulfitzellulose, bezw. dem daraus hergestellten Spinnpapier, ausgingen, liessen wirklich brauchbare Gespinste erzielen. Nach dem Kron'schen Nasspinnverfahren wird die Zellulose im Feinzeug-Holländer unter Wasserzusatz zu einem feinfaserigen Brei zermahlen, dieser auf die Papiermaschine gebracht, wo die fliessende, noch feuchte Papiermasse gleich in Streifen geteilt wird, die unmittelbar zu Fäden gedreht werden. Das Trockenspinnverfahren von Claviez hingegen erzeugt zuerst fertiges (ungeleimtes) Papier von geeigneter Qualität (Spinnpapier); die Papierrollen werden dann in Streifen geschnitten, diese unter geringer Anfeuchtung gezwirnt und die so erhaltenen Fäden gelangen schliesslich in ein Frottierwerk, wo sie gleichmässig gerundet und gestreckt werden. Diese Garne, sowie die ausschliesslich aus ihnen hergestellten Gewebe weisen infolge der Kürze der Elementarfasern keine sehr grosse Zugfestigkeit und nur geringe Wasserbeständigkeit auf, besitzen aber anderseits den Vorteil, dass sie geruchlos sind, nur in geringem Masse Staub an sich ziehen, kaum dem Mottenfrass unterliegen und keine Fäserchen abgeben. Weit weniger wasserempfindlich sind Gewebe, bei denen entweder bloss der Schuss oder bloss die Kette aus Papiergarn besteht; solche Stoffe vertragen sogar mehrmalige Waschungen und werden als Matratzenstoffe und zu billiger Wäsche verarbeitet.

Grössere Festigkeit als reine Papierstoffgarne zeigen die Produkte, die unter Mitverwendung von Baumwoll-, Schafwoll-, Leinen-, Hanf- oder Jutefaser gesponnen werden. Zur Herstellung der „Textilose" von Claviez wird auf eine sich abrollende Spinnpapierfläche ein aus fein zerfaserten Baumwoll- oder Schafwollabfällen bestehendes, dünnes Fliess aufgeklebt, die so vorbereitete Fläche in schmale Streifen zerschnitten und diese letztern schliesslich gezwirnt. Der „Textilit" von Steinbrecher ist ein durch gemeinsame Verspinnung von 60 bis 65 % Natron-Zellulosepapier und 40 bis 35 % Hanf-, Flachs- oder Juteabfällen gewonnenes Garn, das schon ziemlich grosse Festigkeit und Wasserbeständigkeit besitzt. Besonders Gewebe aus solchen Mischgarnen finden weitgehende Anwendung, wie zu Möbel- und Vorhangstoffen, Decken, Teppichen, Säcken, Drillichzeug usw.

Aluminium-Eisen-Seil als Hochspannungsleitung. Bei einer Hochspannungs-Freileitung, deren Maste bereits aufgestellt waren, konnte Eisen anstelle von Kupfer nicht in Betracht kommen, weil die Maste aus Festigkeitsgründen die durch den grösseren Eisenquerschnitt bedingte Mehrbelastung nicht zuliessen. Aus andern Gründen war auch eine Leitung aus Aluminium mit Stahldraht-Aufhängung ausgeschlossen. Es wurde nun eine nach Angaben von *E. G. Fischinger* in Dresden hergestellte Aluminium-Eisen-Leitung verwendet, über deren Bauart wir der „E T Z" die folgenden Angaben entnehmen.

Um eine getränkte Papierschnur von etwa 3,5 *mm* Durchmesser ist ein verzinktes Eisenband von etwa 7,5 *mm* Breite und 0,3 *mm* Stärke mit Rechtsdrall spiralförmig gewickelt. Darüber folgen mit Linksdrall und geringer Steigung sechs verzinkte Eisen-Drähte von je 3,9 *mm* Stärke und etwa 70 *kg/mm²* Bruchfestigkeit und alsdann mit Rechtsdrall und grosser Steigung zwölf Aluminium-Drähte von je 4,1 *mm* Durchmesser. Die Papierschnur hat nur den Zweck, die Herstellung der Bandspirale zu erleichtern. Diese letztere verändert bei höherer Zugsbeanspruchung ihren Durchmesser und gestattet auch den darumliegenden Eisendrähten, deren Durchmesser entsprechend gewählt ist, sich zu einem Seil geringeren Durchmessers zusammenzuziehen. Das derart zusammengesetzte Eisenseil bildet infolgedessen eine Art Feder und passt sich bei wechselnder Temperatur oder Zugkraft den Längenänderungen der Aluminiumdrähte gut an. Zerreissversuche ergaben eine spezifische Bruchfestigkeit von 30 *kg/mm²* (im ganzen 6790 *kg*); sie ist somit 1,35 mal so gross als jene eines Aluminiumseiles.

Simplon-Tunnel II. *Monats-Ausweis November 1917.*

Tunnellänge 19 825 *m*		Südseite	Nordseite	Total
Firststollen:	Monatsleistung . . . . *m*	35	69	104
	Stand am 30. Nov. . . *m*	8219	8541	16760
Vollausbruch:	Monatsleistung . . . . *m*	16	92	108
	Stand am 30. Nov. . . *m*	8200	8494	16694
Widerlager:	Monatsleistung . . . . *m*	—	112	112
	Stand am 30. Nov. . . *m*	8184	8384	16568
Gewölbe:	Monatsleistung . . . *m*	—	114	114
	Stand am 30. Nov. . . *m*	8184	8326	16510
Tunnel vollendet am 30. Nov.	*m*	8184	8326	16510
	In % der Tunnellänge . %	41,2	42,0	83,2
Mittlerer Schichten-Aufwand im Tag:				
	Im Tunnel	50	249	299
	Im Freien	6	114	120
	Im Ganzen	56	363	419

Am 2. November wurde von der Nordseite her der Ausbruch in der noch auszubauenden, 2,2 *km* langen Strecke der Südseite (Italien) begonnen. Ende November wurde der Bahnhof von Km. 6 bis Km. 7,7 der Nordseite verlegt. Auf beiden Seiten wurde an 28 Tagen gearbeitet.

Ein staatliches Dampfkraftwerk in Hannover. Sofort nach Friedensschluss soll in Hannover zur Erzeugung hochgespannter elektrischer Energie ein grosses staatliches Dampfkraftwerk errichtet werden. Es soll dadurch eine Verbindung zwischen den bei Dörverden an der Weser und bei Minden am Rhein-Weser-Kanal bereits ausgeführten, sowie den im obern Quellen-Gebiet der Weser und am Main in Ausführung begriffenen staat-

[1]) Veröffentlicht in der Zeitschrift des Oesterr. Ing.- u. Arch.-Vereins.