Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 69/70 (1917)

Heft: 23

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

Autor: Schardt, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-33981

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: 02.07.2025

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

INHALT: Geologische und hydrologische Beobachtungen über den Mont d'Or-Tunnel und dessen anschliessende Gebiete. — Die Wasserkraftanlagen Tremp und Seros der Barcelona Traction, Light & Power Co. — Landhaus H. Ziegler-Sulzer in Winterthur. — Präzisions-Nivellement durch den Gotthard-Tunnel 15./21. Juli 1917. — Von der Cykloide. — Miscellanea: Elektrische Traktoren für Lastwagenbeförderung. Die Verwertung der Brennessel-Faser in der Textil-Industrie. Die Verkürzung der Anheizzeit von Dampfkesseln. Hafenbauten in Marokko. Nutzbarmachung der schweizerischen Wasserkräfte. Rollklappbrücke über den Trent bei Keadby. Elektrolytische Behandlung von Kanalisationsabwässern. — Konkurrenzen: Seeufergestaltung und Bebauungsplan Luzern. — Nekrologie: F. Gianella. K. Nussbaumer. — Literatur. — Vereinsnachrichten: G. e. P.: Stellenvermittlung.
Tafeln 20 und 21: Landhaus H. Ziegler-Sulzer in Winterthur.

Band 70. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 23.

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

Von Prof. Dr. *H. Schardt*, Zürich.

Die Ende Mai 1915 dem Betrieb übergebene neue Bahnstrecke Frasne-Vallorbe, durch den Mont d'Or, wurde schon vor 35 Jahren geplant, aber erst mit der Fertigstellung des Simplon-Tunnels wurde ihre Ausführung ernstlich in Betracht gezogen. Inzwischen war 1871 die sogenannte „ligne de Jougne" gebaut worden, die, gleich der Fahrstrasse, die Quereinsenkung des Jura, zwischen Vallorbe und La Cluse benützend, die Verbindung der westschweizerischen Bahnen mit Pontarlier und zugleich mit dem Val de Travers herstellt (Abb. 1). Der Bau des Mont d'Or-Tunnels bezweckte vor allem den Kulminationspunkt dieser „ligne de Jougne" von 1012 *m* auf 894 *m* ü. M. herabzusetzen, die bis 25 ‰ betragenden Gefälle zu vermindern und dabei eine Verkürzung der Bahn um fast 20 *km* zu erreichen.[1]) Die neue Bahn wird den internationalen Verkehr erleichtern, während die alte Linie über Jougne dem Lokalverkehr zugute kommt.

Es handelt sich hier vom technisch-geologischen Standpunkt aus nicht nur um den Bau des Tunnels durch den Mont d'Or, mit den seinerzeit bekannt gewordenen Wassereinbrüchen, sondern es soll besonders betont werden, dass auch die Zufahrten an beiden Seiten ebenfalls sehr interessante Probleme aufweisen.

Die Mont d'Or-Kette ist die nordöstliche Fortsetzung des mehr als 10 *km* breiten Mont Risoux, der die Mulde des Lac de Joux im Westen abschliesst und auf französischem Gebiet den Namen Noirmont annimmt, der im Mont d'Or mit 1463 *m* kulminiert, aber zugleich mit steilem Absturz gegen die Quersenke von Jougne, mit einem Höhenunterschied von nahezu 600 *m* abbricht (Abb. 1). Auch gegen das Becken von Vallorbe ist die Flanke des Mont d'Or recht steil, teils felsig, teils bewaldet, während die Westabdachung des zum grössten Teil bewaldeten Bergrückens mit sanfter Neigung sich gegen die Mulde von Les Longevilles hinuntersenkt, wo der NW-Ausgang des Tunnels bei 894 *m* ü. M. liegt. Die Verbindungslinie Les Longevilles-Frasne, mit 16 *km* Länge, durchquert noch mehrere flache Jurazüge, bis das breite Becken von Pontarlier-Nozeroy erreicht wird, an dessen Westseite die Anschlusstation Frasne liegt. Vier weitere Tunnel sind hierzu notwendig geworden, von denen der kürzeste 115, der längste 995 *m* misst. Besonders interessant ist hier die Bahnanlage durch den Sumpfboden von l'Abergement-Ste. Marie, zwischen den Seen von Remoray und St. Point geworden, worauf noch eingehender eingetreten werden soll. Der Mont d'Or-Tunnel selbst, zwischen Les Longevilles (894 *m* ü. M.) und Vallorbe (816 *m* ü. M.) hat eine Länge von 6097 *m*, mit einseitigem Gefälle von 13 ‰ von NW nach SO. Der grösste Teil des Tunnels von Les Longevilles bis in die Nähe des SO-Ausgangs (5515 *m*) ist geradlinig, während hier ein Bogen von etwa einem Sechstel Kreisumfang (685 *m*) und 700 *m* Radius zum Bahnhof Vallorbe führt.[1])

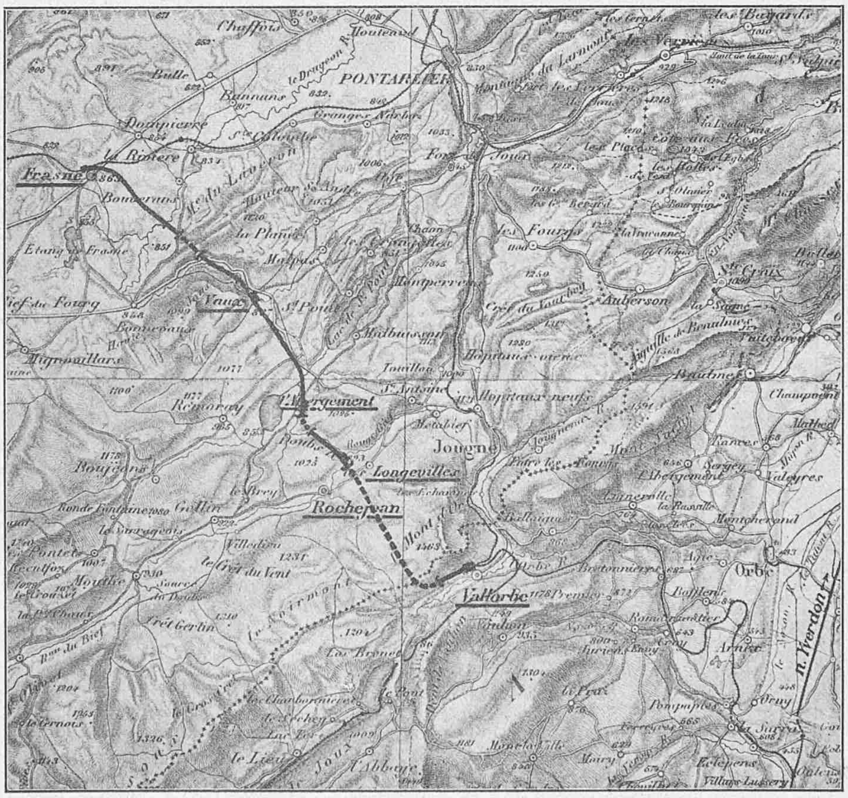

Abb. 1. Uebersichtskarte 1 : 300 000. — Mit Bewilligung der Schweiz. Landestopographie v. 15. II. 1912.

Geologischer Ueberblick.

Bekanntlich sind die einzelnen Jurazüge durch gewölbeartig aufgebogene Schichten gebildet, während die dazwischen liegenden, als Einsenkungen bemerkbaren Zonen durch muldenförmige Lage der Schichten gekennzeichnet sind. In den Gewölben des Jura treten die älteren Schichten auf, Jura- und Trias-Ablagerungen, in den Mulden die jüngeren, Kreide und Tertiär. Alle aber sind sehr oft bis auf eine bedeutende Höhe oberflächlich bedeckt von Gletscher-Ablagerungen, Kies, Sand und Lehm (Moräne) und übersät von erratischen Blöcken. Jüngere Talböden sind oft von recht mächtigen Alluvialauffüllungen gebildet. Es soll hier kurz auf die geologische Lage der einzelnen Teile der Frasne-Vallorbe-Linie eingetreten werden, um dann die Befunde des Tunneldurchstichs eingehender zu besprechen.

Das Tal von Vallorbe. Wie schon aus der topograpischen Karte leicht ersichtlich ist, muss die Mulde von Vallorbe als die Fortsetzung des Joux-Tales betrachtet werden; sie ist aber von diesem durch eine Stufe von fast 250 *m* getrennt. Ausser dieser tiefern Lage ist die Mulde von Vallorbe um rund 3 *km* nach N verschoben, liegt also nicht auf der Verlängerung des Joux-Tales, indem das Gewölbe des Mont Tendre bogenförmig nach N bis zur Dent de Vaulion abschweift, während die Mulde z. T. überschoben wird und in ein tieferes Niveau absinkt. Die Wasser des Joux-Tales verschwinden allesamt unterirdisch, um bei Vallorbe als die gewaltige Quelle der Orbe wieder zum Vorschein zu kommen. Durch Färbungsversuche wurde der Zusammenhang der wichtigsten Trichter mit der Orbe-Quelle erwiesen.

Das Becken von Vallorbe zeigt noch eine weitere Merkwürdigkeit. Von La Dernier unterhalb der Quelle bis zum Dorfe ist der Talboden sehr flach; er weist auf 2500 *m* Länge nur 6 *m* Höhenunterschied auf. Auch von da talabwärts ist die Neigung gering bis zum Zusammenfluss mit der Jougnenaz. Dann folgt eine enge Felsschlucht, die mit dem über 50 *m* hohen Wasserfall des Day rechtwinklig abbiegend endigt. Am Fusse des Wasserfalls ist das Bett der Orbe noch über 40 *m* tief durch Blätterton der

[1]) Generelle Darstellung siehe Bd. LIX, S. 230 (27. April 1912).

[1]) Der Durchschlag des Mont d'Or-Tunnels erfolgte am 2. Oktober 1913 mit einer seitlichen Abweichung der beiden Vortrieb-Axen von 38 *mm* und einem Höhenfehler von 10 *mm*. *Red.*

Grundmoräne gebildet. Hier erreicht die Orbe ihr früheres präglaziales Bett wieder, nachdem sie aus diesem durch die Auffüllung mit Moränenmaterial nach NW verdrängt worden war. Auf der Strecke mit flachem Gefälle, zwischen der Quelle und les Etrepas, fliesst die Orbe auf glazialem Füllmaterial, wohl 100 *m* hoch über ihrer früheren Felsrinne; sie verlässt dann diese Richtung und vereinigt sich mit der Jougnenaz, die ebenfalls aus ihrem präglazialen Lauf verdrängt worden ist und sich eine neue (epigenetische) Rinne in den Fels, östlich ihres früheren Laufes, eingeschnitten hat. Dieses noch wenig tief eingeschnittene Felsenbett bedingt das schwache Gefälle von da aufwärts. Erst vom Wasserfall abwärts konnte das Bett wieder tief ausgeräumt werden und auch das hat noch nicht überall vollständig stattgefunden. Die

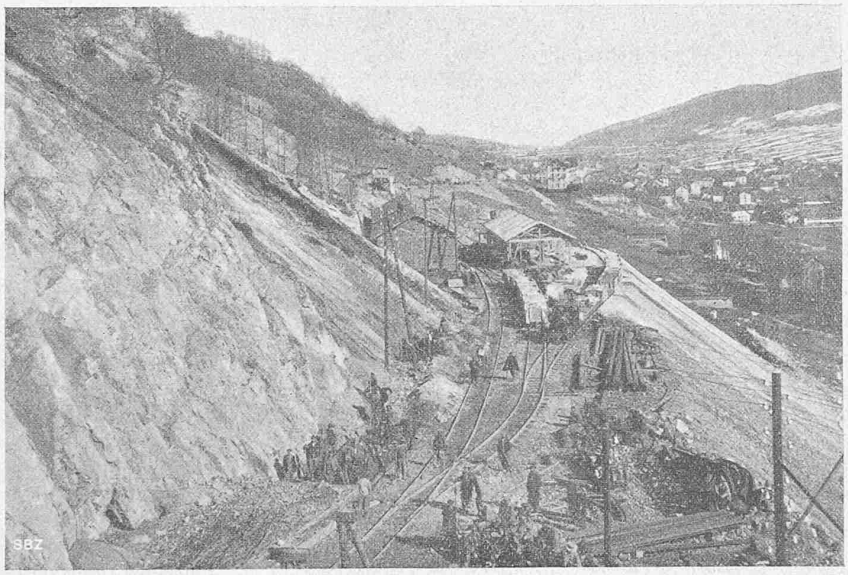

Abb. 2. Installationsplatz Vallorbe gegen Osten gesehen, am 21. Februar 1911.

Felsunterlage entspricht der präglazialen Oberflächengestaltung des Gebietes, woraus sich die durch die Gletscherablagerungen bewirkte oberflächliche Veränderung ergibt. Die gewaltigen Glazialablagerungen verdecken fast vollständig die Felsschichten des frühern Tales bis weit hinauf an dessen Flanken. Aus vereinzelten Vorkommnissen ist es indessen möglich geworden, die Gestalt und den Bau des Felsuntergrundes festzustellen.

Ein Ueberblick der Verhältnisse auf der nördlichen Talseite zeigt, dass hier, gerade wie am Fusse der Dent de Vaulion, eine Ueberschiebung seitens des Mont d'Or-Gewölbes über den Rand der Mulde von Vallorbe vorhanden ist. Die Kalke des obern Jura (Portland, Kimeridge oder Sequan) sind hier in Berührung mit den flachliegenden Neocomschichten. Es sind dies vor allem die weissen oder gelblichen obern Urgonkalke und die gelben Mergelkalke des untern Urgon, die bei les Eterpas in einem verlassenen Steinbruch aufgeschlossen sind. Bei la Fontaine à Moiset, oberhalb des Bahnhofs von Vallorbe, liegt sogar unter der Ueberschiebungsfläche ein Relikt der Sand- und Tonschichten der mittlern Kreide (Albien), dessen Vorhandensein eben diese kleine Quelle verursachte. Es ist dies der letzte Ueberrest der früher in dem Synklinalbecken von Vallorbe verbreitet gewesenen jüngeren Kreideschichten. Sie sind ebenso wie die tertiären Molasseschichten schon vor der Gletscherzeit abgetragen worden. Oberhalb dieser Stelle ist der direkte Kontakt eines auf der Ueberschiebungsfläche eingeklemmten Fetzens Hauterivienmergel (mittl. Neocom) und Portlandkalk zu

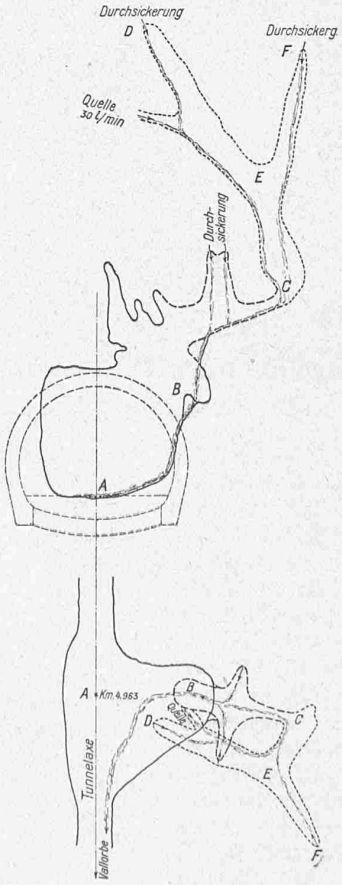

Abb. 5. Kluft bei Km. 4,963. — 1 : 400. Angeschlagen am 12. November 1913.

beobachten. Von da senkt sich die Schnittlinie der Ueberschiebungsfläche mit der Talflanke nach SO, sodass der Eingang des Mont d'Or-Tunnels *oberhalb* derselben zu liegen kommt. Der Tunnel hat also über diese interessanten Lagerungsverhältnisse keinen Aufschluss geben können. Es sei hier erwähnt, dass in den geologischen Profilen von Prof. L. Collot, sowohl vor als nach dem Tunnelbau, diese Störung als eine *senkrechte Verwerfung* gedeutet wird (vergl. Abb. 3 und 4).

Die Anlage des neuen Bahnhofs von Vallorbe, der bis dahin als Kopfbahnhof betrieben wurde, verlangte eine Verlängerung des Planums bis an den Tunneleingang und eine dem vermehrten internationalen Betrieb entsprechende Verbreiterung. Diese wurde gewonnen zum Teil durch Auffüllung, zum Teil durch Abtrag längs der Berghalde (Abb. 2). Dabei zeigte es sich, dass die Neocomschichten unterhalb der Ueberschiebung sehr komplizierte Störungen erlitten haben. Man konnte von der Moränenbedeckung entblösst nach einander beobachten: bergwärts einfallende Schichten des Urgon, dann gelben Echinodermenkalk des Hauterivien, Hauterivienmergel mit viel Fossilien, dann plötzlich, nach einer Teilüberschiebung, gelbe Mergel und Kalke des Aptien mit Orbitolinen, hierauf Oberes Urgon. Bis zum Tunnelportal folgt wieder Schutt, der leider nicht bis zum Fels abgetragen wurde, sodass die direkte Beobachtung der Hauptüberschiebung und der Kontakt des Neocoms mit dem Sequan nördlich des Tunnelportals nicht möglich war.

Die geologischen Verhältnisse des Mont d'Or-Tunnels.

Von der P. L. M.-Gesellschaft war Professor L. Collot von der Universität Dijon beauftragt, ein geologisches Profil zu erstellen, was angesichts der Oberfläche entlang, zwischen Vallorbe und Les Longevilles, leicht zu beobachtenden Lagerungsverhältnisse keine schwierige Aufgabe zu sein schien; somit glaubte man auf eine mit der Wirklichkeit ziemlich genau übereinstimmende Prognose rechnen zu dürfen. Während im SW das Risouxgewölbe auf seinem fast 10 *km* breiten Rücken vier bis fünf sekundäre Falten aufweist, zeigt der Mont d'Or oder Noirmont eine viel einfachere Form. Der grösste Teil des flachen Rückens wird gebildet durch die Kalke des obern Jura, die mit allmählig zunehmender Neigung von der Kulminationslinie nach Westen einfallen. In der Nähe der Schweizergrenze zeigt sich eine schwache Einsattelung, worauf im SO die Mergel des Argovien (Effingerschichten) bei den Alpwiesen von Les Pralioux-Dessous hervortreten. Dies sind die tiefsten Schichten, die auf dem Tunneltracé zutage treten. Hingegen zeigen sich am Fusse des Steilabsturzes gegen Jougne die obern Stufen des mittleren Jura (Callovien und Bathonien). Darauf gestützt wurde angenommen, dass der mittlere Teil des Tunnels nicht nur diese obern Schichten des mittlern Jura, sondern auch die untern, nämlich das Bajocien in flacher Lagerung auf 2400 *m* anschneiden würde, und zwar schon etwa 800 *m* vom SO-Eingang entfernt, nachdem die ganz richtig erkannte V-förmig gebogene Zone von Sequan- und Kimeridgekalk durchquert sein würde. Die Effingerschichten und das Bathonien sollten zwischen diesem Kalk und dem Bajocien durch Ausquetschung auf eine Mächtigkeit von etwa 50 *m* reduziert sein. Die Ueberschiebung wurde als senkrechte Verwerfung gezeichnet. Ebenso wurde der Anschluss des Mont d'Or-Gewölbes an die gefältelte Mulde von Les Longevilles als durch senkrechte Verwerfung vermittelt angenommen, wo flach liegendes Neocom

an die nach NW einfallenden Portlandkalke anstossen sollte. Die Senke von Longevilles wurde als aus drei Neocommulden bestehend dargestellt, was in Wirklichkeit zutrifft. Dieses Profil zeigt Abb. 3.

In Wirklichkeit hat sich aber der innere Teil des Mont d'Or-Tunnels recht verschieden von dem prognostischen Profil gezeigt, ganz anders, als es die an der Oberfläche gemachten genauen Beobachtungen vermuten liessen (Abb. 4). Die Arbeiten wurden begonnen auf der Schweizerseite am 14. November 1910 und auf der französischen Seite am 21. Juni 1911. Da hier abwärts gearbeitet werden musste, konnte im ganzen nur eine Länge von 1050 *m* vorgetrieben werden, während die grösste Strecke, nämlich 5050 *m*, von der Schweizerseite aus aufgefahren wurde.

Erst später wurde es klar, dass es sich um ein flaches Gewölbe des mittleren Jura handle[1]), die feinen sandigen Kalkmergel wurden dann zum unteren Callovien gerechnet. Von 2583 *m* bis 4100 *m* durchquerte der Tunnel wieder die Argovienmergel, zuerst ziemlich flach liegend und oft stark gefältelt und zerknittert; der Kontakt mit dem Spongitien wurde durch eine deutliche Parallelrutschfläche gebildet, worauf auch die darauf folgende Zerknitterung zurückzuführen ist. Bis zum, bei 4100 erscheinenden, Sequankalk wird die Lagerung etwas regelmässiger, mit schwachem Einfallen von 15° nach NW; der Uebergang in das Sequan wird durch etliche Kalklagen vermittelt. Der Sequankalk (Astartien) ist immer gut geschichtet und besteht aus gelblichen, oft grau gefleckten ooliti-

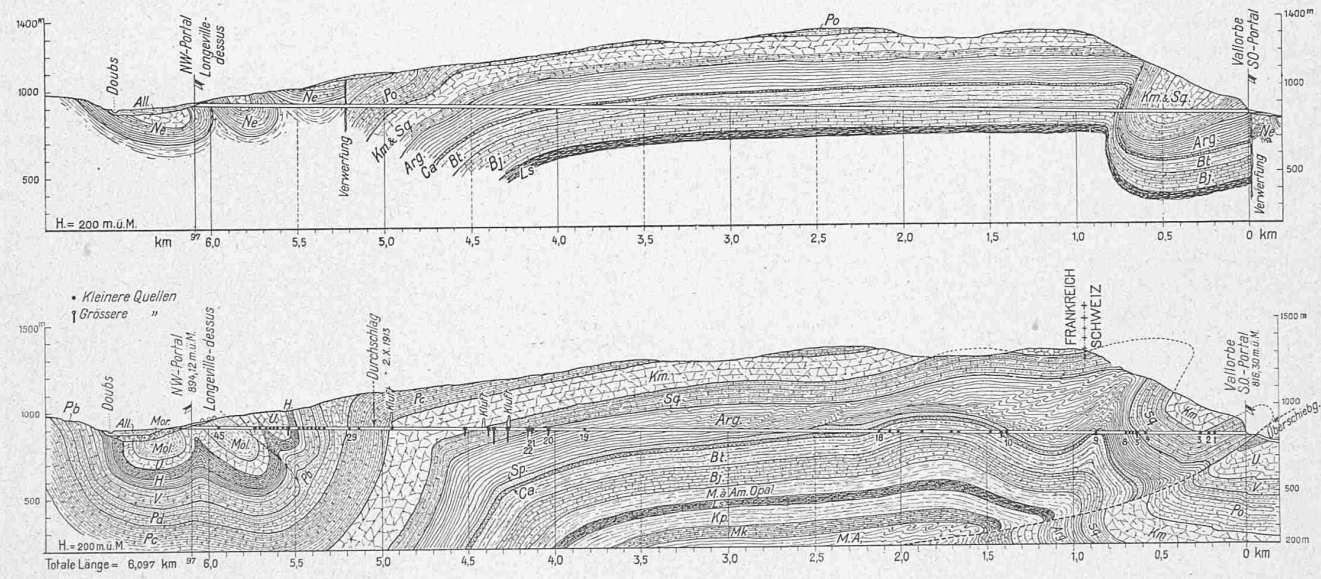

Abb. 3 (oben) Geologische Prognose und Abb. 4 (darunter) Geologisches Profil nach den Aufschlüssen der Tunnelbohrung, bearbeitet von Prof. L. Collot, Dijon.

LEGENDE: *All.* Alluvium; *Mor.* Moräne (Glazialgebilde); *Mol.* Molasse, Miocaen; *A* Albien (mittl. Kreide, auf Seite Vallorbe über dem *U* liegend); *U.* Urgon; *H.* Hauterivien; *V.* Valangien; *U+H+V=Ne* (in Abb. 3) Neocom. — *Jura*: *Pb.* Purbeckien; *Pd.* Portland-Dolomit; *Pc.* Portland-Kalk; *Km.* Kimeridge; *Sq.* Sequan; *Arg.* Argovien (Effinger); *Sp.* Spongitien (Birmensdorfer); *Ca.* Callovien; *Bt.* Bathonien; *Bj.* Bajocien; *M à Am. Opal.* Opalinuston. — *Ls. Lias.* — *Trias*: *Kp.* Keuper; *Mk.* Oberer Muschelkalk; *M. A.* Anhydrit und Salzton. Masstab beider Profile 1 : 40 000.

NB. In Abb. 4 (rechts) ist die untere Hälfte der als *U* bezeichneten Schicht als *H* zu bezeichnen, analog der Schichtenfolge im Doubs-Tal (links).

Vom SO-Portal aus war der erste Teil ziemlich übereinstimmend mit der Prognose, indessen war die Form der Kalkmulde etwas verschieden; der Kimeridgekern wurde, bei 250 *m*, vom Tunnel kaum angeschnitten. Bei 610 *m* (statt 710) wurden die grauen Mergel und Mergelkalke des Argovien angefahren, aber nicht reduziert, sondern in voller Mächtigkeit mit 210 *m* und nicht überkippt, sondern mit 70° nach SO einfallend.

Bei 821 *m* wurden die knolligen Kalkmergel des Spongitien (Birmensdorferschichten) mit zahlreichen Fossilien und Pyrit erreicht. Sie bilden im Profil des Tunnels auf eine Länge von 80 *m* zwei kleine Gewölbe, in deren Kern noch etwas Callovien in Form von eisenschüssigem Spatkalk (Dalle nacrée) über die Tunnelsohle aufsteigt, während dazwischen von der Decke herunter eine Einschaltung von Effingermergel heruntergreift. Bei 903 *m*, nach ziemlich steilem Absinken des Spongitien, folgen wieder die Argovienschichten, eine deutliche Mulde bildend, auf eine Länge von fast 500 *m*. Sie erscheinen sehr zusammengepresst und zerknittert. Bei 1350 *m* treten mit etwa 20° Neigung die Spongitienkalke wieder hervor, unter denen bald die glitzernden Echinodermenkalke der Dalle nacrée (Callovien) hervorkommen. Von 1450 bis 2150 *m* hat der Tunnel eine in der Mitte ganz flache Kuppel von grauen, sandigen, dünngeschichteten Mergelkalken angefahren, die dem obern Bathonien (Marnes du Furcil) entsprechen. Hierauf folgt wieder Dalle nacrée, dann, zuerst steil, hierauf ganz flach nach NW einfallend, auf mehr als 300 *m* wieder Spongitien mit Fossilien und Pyrit und dann wieder bei 2528 *m* Argovienmergel. Also ein ganz flaches Gewölbe von Bathonien, das vom Tunnel nur wenig angeschnitten wurde. Als im Januar 1912 diese Schichten eben angefahren wurden, glaubte Prof. Collot, es müssten dies die Spathkalke des Bajocien sein, die unvermittelt die Argovienmergel infolge einer Ueberschiebung (pli faille) überlagern[1]), sozusagen in Anpassung des prognostischen Profils an die bisherigen Befunde.

[1]) Siehe „Bull. de la Carte géol. de France", Nr. 132, Mai 1912.

schen, oft auch Echinodermentrümmer enthaltenden Kalken. Mit diesen sind auch die grossen Wassereinbrüche aufgetreten, von denen noch eingehender die Rede sein wird. Im Sequan blieb der Tunnel von 4100 bis 4450 *m* mit langsam zunehmendem Fallen der Schichten von 12 bis 17° NW. Der darauf folgende Kimeridgekalk ist schlecht gebankt und ausserordentlich zerklüftet, mit fein oolitischem bis grobkörnigem Gefüge und weisser oder hellgelblicher Farbe; sein Fallen nimmt rasch zu und erreicht die Vertikale noch vor dem Uebergang in den Portlandkalk, was ungefähr bei 4950 *m* stattfindet, dort, wo eine grosse Höhle angetroffen wurde (Abb. 5). Eine scharfe Abgrenzung ist schwer zu bestimmen. An der Oberfläche bildet eine Nerineen führende Schicht die obere Grenze des Kimeridge; diese wurde aber im Tunnel nicht beobachtet. Beim Km 5,200 (900 vom NW-Portal) geht der Portlandkalk in den weissen oder grauen zuckerkörnigen Portlanddolomit über, dessen dünnbankige Lagen ausserordentlich verbogen und gequetscht sind. Noch viel mehr ist dies der Fall bei den zwischen 748 und 800 *m* (vom NW-Portal) durchfahrenen, teils limnischen, teils braktischen Purbeckkalken und Mergeln, die förmlich zerquetscht und von Rutschspiegeln durchschossen sind (Spiegelbreccie).

Die vom NW-Portal gebohrte Strecke von 748 m unterfährt die Mulde von Longevilles, und zwar die beiden östlichen der drei Teilmulden. Das Hauptergebnis des Tunnelbaues liegt hier in der Feststellung, dass diese Teilmulden nicht nur aus Neocom (Valangienkalk und Limonit, Hauterivien-Mergel und Spatkalk, dann gelbe Mergel und weisse Kalke des Urgon) bestehen, sondern dass die mittlere noch eine beträchtliche Kernmasse von *Molasse* (Sandsteine und Mergel) enthält, in der der Tunnel auf über 200 *m* liegt. Das nämliche ist sicher auch der Fall für die ausserhalb und unter dem Tunnelniveau liegende, ganz von Alluvium und Moräne überdeckte westliche Teilmulde. Die Molasseschichten gehören der *marinen* Molasse an, woraus hervorgeht, dass die untere Süsswassermolasse,

[1]) Siehe „Bull. soc. géol. de France", 4 s. XV, 1915. p. 278.

die in andern Juramulden und im schweizerischen Mittelland so mächtig entwickelt ist, hier vollständig fehlt. Ebenso fehlt die mittlere Kreide; sie wurde *vor* der Ablagerung der marinen Molasse abgetragen, sodass die Glauconit führenden Sande der marinen Molasse direkt auf dem Urgon auflagern, wie übrigens auch in den Muldenzonen von Les Verrières und La Chaux-de-Fonds.

Ueberblicken wir nun den Unterschied zwischen dem prognostischen und dem wirklichen Profil, so ergibt sich, dass das Nichtzutreffen der Prognose im mittlern Teile dadurch sich erklärt, dass die tiefern, harten Schichten (mittlerer Jura oder Dogger, inkl. Birmensdorferschichten) anders gefaltet sind, als die an der Oberfläche anstehenden obern Jurakalke (Malm). Die dazwischen eingeschalteten mächtigen Argovienmergel haben, dank ihrer Plastizität, *als ausgleichendes Medium gewirkt,* indem sie auswichen, wo stärkerer Druck herrschte, und sich durch Fältelungen verdicken und akkumulieren konnten, wo infolge der inkongruenten Faltung hätten Hohlräume entstehen sollen; so gerade über der Mulde des Callovien beim Km. 1,200, die im Sequan an der Oberfläche kaum angedeutet ist, und über dem Gewölbe bei 850 *m*, das im Sequan noch schärfer ist. Die Ursache, die zur Ausbildung dieser inkongruenten Faltung geführt hat, ist ohne Zweifel in der Ueberschiebung der NO-Seite der Senke von Vallorbe entlang zu suchen. Diese ist eigentlich als eine *Unter*schiebung dieser Mulde unter das Mont d'Or-Gewölbe aufzufassen, indem der gebirgsbildende Schub von SO her wirkte, was aber vom Standpunkt der mechanischen Wirkung aus ganz gleichbedeutend ist. Durch die Ausbildung dieser Ueber- bezw. Unterschiebung, längs einer in der Tiefe flachen, weiter oben steil werdenden Fläche, entwickelten sich Ungleichheiten in den Widerstand-Verhältnissen der sonst gleich beschaffenen Schichtenkomplexe, was leicht ersichtlich ist, wenn man sich den Mechanismus der Entwicklung einer solchen Bewegung vorzustellen sucht.

(Forts. folgt.)

Die Wasserkraftanlagen Tremp und Seros der Barcelona Traction, Light & Power Co.

Von Ing. *A. Huguenin*, Direktor der A.-G. Escher Wyss & Cie., Zürich.

(Fortsetzung von Seite 245.)

Nach dieser allgemeinen Orientierung kehren wir zu den *Turbinen* zurück (Abb. 85, S. 266, und Abb. 81 in vorletzter Nummer. Einkränzige Turbinen von dieser Leistung bestehen, so viel mir bekannt ist, in Europa noch nicht. Neben der ungewohnten Grösse sämtlicher Verhältnisse war noch mit einem kurzen Liefertermin zu rechnen. Die Turbinen sind uns Mitte Dezember 1912 bestellt worden und im Juli 1913 verliess die letzte Turbine unser Werk. Die erste Turbine und der erste Generator waren Mitte Januar 1914 fertig montiert, die zweite Generatorturbine und die Erregerturbinen Ende Februar 1914. Anfangs April 1914 schon wurde Strom nach Barcelona gesandt.

Die schwierigste Frage zur Einhaltung so kurzer Lieferfristen war diejenige des *Spiralgehäuses*, da bisher noch nie Gehäuse von auch nur annähernd gleicher Grösse zur Ausführung gekommen waren. Es blieb die Wahl offen zwischen einem Gussgehäuse und einem Blechgehäuse. Ein Blechgehäuse in der alten Ausführungsform mit ebenen Wänden und entsprechenden Versteifungen musste von vornherein für diese grossen Verhältnisse und den relativ schon hohen Druck von 50 *m* verworfen werden. Das Gussgehäuse wäre wohl möglich gewesen, hätte aber ein enormes Gewicht ergeben und nicht gestattet, den geforderten kurzen Liefertermin einzuhalten, aus dem einfachen Grunde, weil erst bei der Druckprobe, also nach vollständiger Verarbeitung dieses schwierigen Stückes, hätte festgestellt werden können, ob es brauchbar sei oder nicht. Irgend eine gefährliche Gusspannung, die bei so ausnahmsweise grossen Stücken kaum vermieden werden kann, hätte beim Abpressen auf 8 *at* Druck sehr leicht einen Bruch herbeiführen und das Stück unbrauchbar machen können. Eine entsprechende, nach Monaten zählende Verlängerung des Termines wäre zudem notwendig gewesen. Meine Firma schlug deshalb ein vollständig neues System vor, nämlich ein Blech-Gehäuse mit rundem Querschnitt, das aus verschiedenen, sich verjüngenden, durch Laschen zusammengenieteten Segmenten zusammengestellt werden sollte (Abb. 84). Diese Blechsegmente sollten oben und unten je an einem starken, mit Stegen versehenen Stahlgussring angenietet werden. Diese Ausführung versprach ein sehr steifes Gehäuse, ein geringes Gewicht und daneben die Möglichkeit der Einhaltung der kurzen Liefertermine, weil man bei der Druckprobe absolut keinen Ueberraschungen ausgesetzt war. Auf Grund einer Eingabe mit dieser vollständig neuen, gesetzlich geschützten Spiralanordnung erhielt denn auch meine Firma den Zuschlag auf die Lieferung. Das Gehäuse

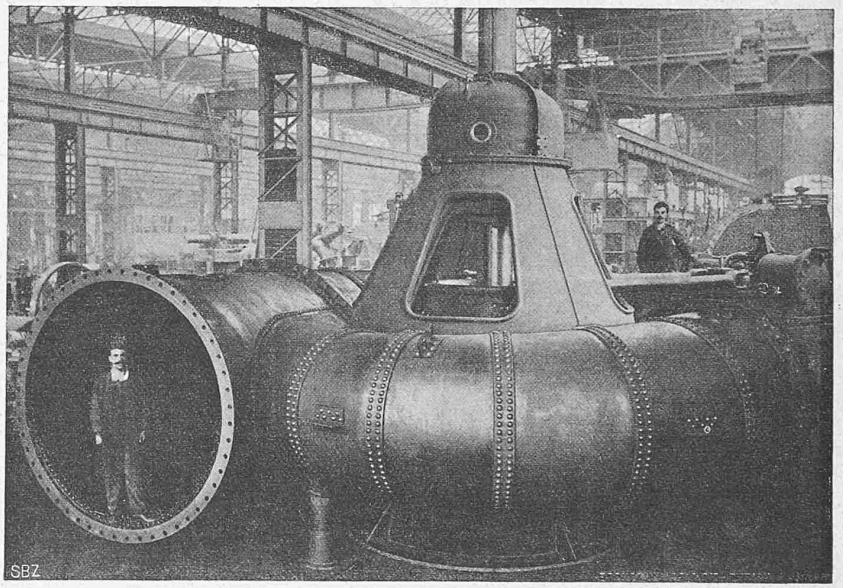

Abb. 84. Seros-Turbinen-Gehäuse in den Werkstätten von Escher Wyss & Cie. in Zürich.

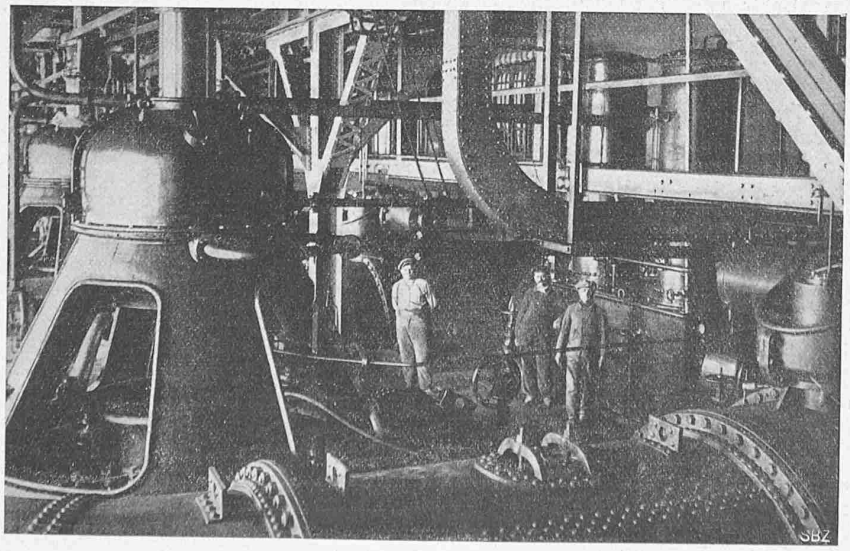

Abb. 87. Blick in den Turbinen-Raum der Zentrale Seros.