

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 65/66 (1915)
Heft: 16

Artikel: Das Wasserkraftwerk Refrain am Doubs
Autor: Kürsteiner, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-32223>

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: 21.02.2026

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

INHALT: Das Wasserkraftwerk Refrain am Doubs. — Küchlins Variété-Theater in Basel. — Miscellanea: Kunstmuseum Basel. Vorschläge zur Verhütung von Oelschalterexplosionen. Die Wasserkraft-Elektrizitätswerke am Bishop Creek, Cal. Simplon-Tunnel II. Das neue Fernkraftwerk bei Bitterfeld. Grenchenbergtunnel. Eindeichungen an der ostfriesischen Küste. Eine direkte Telegraphenverbindung London-Petersburg. Der schweizerische Wasserwirtschaftsverband. Hauenstein-Basistunnel. —

Konkurrenzen: Gestaltung des Areals des ehemaligen Badischen Bahnhofes in Basel. — Nekrologie: E. Bosshard, F. W. Taylor. — Literatur: Ueber die Wirtschaftlichkeit der zur Zeit gebräuchlichsten Hebezeuge in Lokomotivwerkstätten der Eisenbahn-Verwaltung. Literar. Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. St. Gallischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

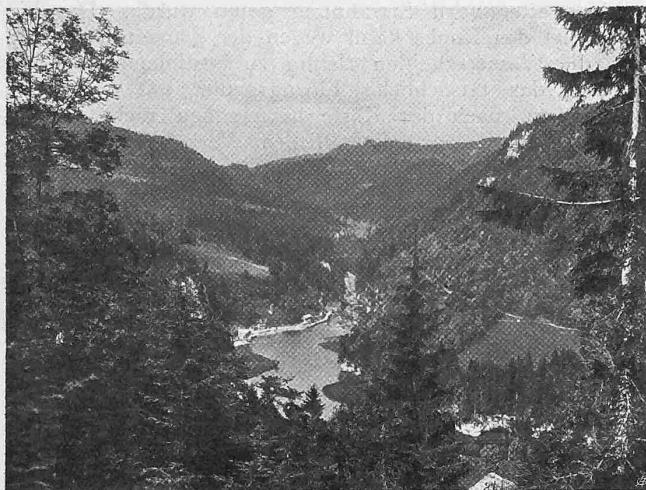


Abb. 1. Seeartige Aufstauung des Doubs bei der Wasserfassung.

Das Wasserkraftwerk Refrain am Doubs.

Von Ing. L. Kürsteiner in Zürich.

Einleitung. Das aussergewöhnlich tief eingeschnittene Hauptgewässer des schweizerisch-französischen Jura, der Doubs, bildet auf eine Strecke von über 40 km die natürliche Landesgrenze zwischen der Schweiz und Frankreich. In der bis zu 500 m tiefen Schlucht wechseln kleinere und grössere Wasserfälle mit seeartigen, stellenweise durch Bergstürze gebildeten Erweiterungen in häufiger Wiederkehr ab. Auf lange Strecken ist das Gefälle ein sehr mässiges, konzentrierte Abstürze finden sich nur an wenigen, meistens sehr schwer zugänglichen Punkten. Zu diesen, für die Ausnützung der Wasserkräfte nicht sehr verlockenden Verhältnissen gesellen sich ausserordentliche, auch für schweizerische Wasserläufe ungewöhnlich starke Schwankungen der Wasserführung. Einer nicht gar selten konstatierten Niederwassermenge von nur $2,5 \text{ m}^3/\text{sek}$ stehen Hochwassermengen von über $1000 \text{ m}^3/\text{sek}$ gegenüber, die den schmalen Talgrund alljährlich auf lange Strecken und während geraumer Zeit unter Wasser setzen. Neben diesen, einer rationellen Verwertung seiner Wassermengen wenig günstigen Verhältnissen sind beim Doubs als weitere erschwerende Momente zu nennen: die grosse Einsamkeit und Abgelegenheit der Gegend und der Mangel an guten Verbindungsstrassen, sowie die, für die praktische Verwertung von Wasserkräften nicht gerade beliebte Eigenschaft als Grenzfluss zweier Länder. Die ganze Talsohle, vom Lac des Brenets bis zum Austritt aus der Schweiz ist auf grosse Strecken unbewohnt, die Besiedelung hat sich beinahe überall auf die Hochebenen des schweizerischen und französischen Jura zurückgezogen und am Flusslauf sind nur ganz wenige Siedlungen, sowie einige alte, zum Teil verlassene kleinere Sägewerke vorhanden.

Diese, durch die Natur bedingte Verlassenheit der Gegend wurde erstmals unterbrochen durch die im Jahre 1895 erfolgte Erstellung des Elektrizitätswerkes „La Goule“¹⁾. Der sichtbare technische und wirtschaftliche Erfolg dieses, von der „Société des Forces électriques de la Goule“ als eines der ersten Wasserwerke der Schweiz mit elektrischer Kraftübertragung auf grössere Distanz erstellten Kraftwerkes gab bald Veranlassung, den Doubs auch noch auf

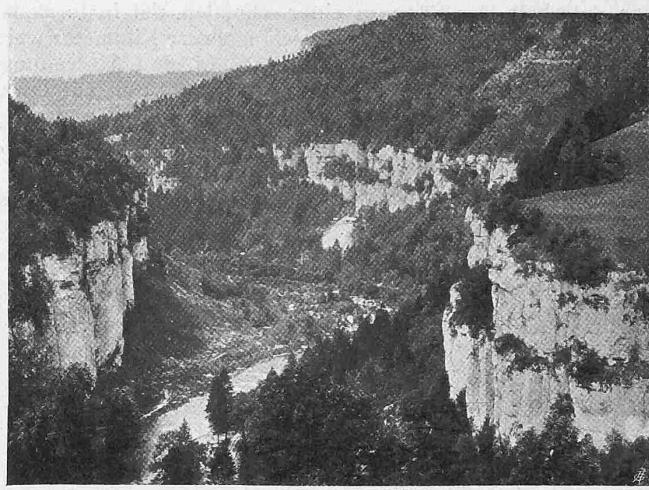


Abb. 2. Die Schlucht des Doubs oberhalb des Maschinenhauses.

andere Ausnutzungsmöglichkeiten zu untersuchen, und es wandten sich die Blicke einiger bei „La Goule“ Beteiligten auf eine etwa 7 km flussaufwärts gelegene Stelle, zunächst der seit alten Zeiten bestehenden Säge im Refrain und der, allen Touristen und Jurakennern in Erinnerung stehenden „Echelles de la Mort“, woselbst auf einer verhältnismässig kurzen Strecke ein bedeutendes Gefälle konzentriert ist. Es ist das Verdienst des Herrn Geneux, Direktor des Elektrizitätswerkes „La Goule“, zuerst auf diese Stelle hingewiesen und die ersten Schritte zur Ausnutzung dieser Gefällestrecke getan zu haben.

Da die betreffende Flusstrecke ganz auf französischem Gebiet liegt (die Schweizergrenze geht längs des rechten, zur politischen Gemeinde „Les Bois“ gehörenden Ufers) und für die Verwendung der verfügbaren Energie in nicht zu grosser Entfernung ein bedeutendes französisches Industriegebiet zur Verfügung stand, war es gegeben, dass sich eine französisch-schweizerische Studiengesellschaft bildete, um die ersten Grundlagen für die Verwirklichung der Idee zu schaffen. Nachdem dieses Komitee, das durch den Verfasser dieses Berichtes im Jahre 1905 eine erste, die Grundlage für die Ausarbeitung des definitiven Bauprojektes bildende Entwurfskizze ausarbeiten liess, den Nachweis leisten konnte, dass mit relativ bescheidenen Kosten ein Gefälle von 60 m ausgenutzt werden könne, bildete sich im Jahre 1906 die „Société des Forces motrices du Refrain“. Die Verwaltungsratsmitglieder bestanden zum Teil aus französischen Industriellen, zum Teil aus Schweizern, die gleichzeitig auch dem Verwaltungsrat des Elektrizitätswerkes „La Goule“ angehörten, welche Gesellschaft sich auch finanziell wesentlich an dem neuen Unternehmen beteiligte.

Sofort nach Konstituierung der Gesellschaft und Fertstellung der definitiven Baupläne begannen im Jahre 1906 die Bauarbeiten, die unter der allgemeinen Oberleitung des Verfassers derart gefördert wurden, dass im Juli 1909 das vollendete Werk dem Betrieb übergeben werden konnte.

Da in Fachzeitschriften des deutschen Sprachgebietes bisher keine Darstellung über das Werk erfolgt ist, dieses aber doch einige interessante, damals neuartige Einzelheiten und Eigentümlichkeiten aufweist, dürfte eine kurze Beschreibung, im besondern des tiefbautechnischen und hydraulischen Teiles, für Fachkreise Interesse bieten.

¹⁾ Dargestellt in Band XXVI, Seite 144 (30. Nov. 1895).

Wasserverhältnisse. Etwa 2,5 km unterhalb des schweizerischen Weilers Biaufond im Kanton Bern, der durch eine vorzügliche Fahrstrasse von etwa 8 km Länge mit Chaux-de-Fonds verbunden ist, befindet sich am Ende einer der am Doubs häufig vorkommenden, durch Bergstürze gebildeten, seeartigen Aufstauungen, auf dem französischen linken Ufer seit alten Zeiten eine Säge, Le Refrain genannt. Die seeartige Erweiterung verengt sich unmittelbar unterhalb der Säge zu einer schmalen, tief in Jurakalk eingeschnittenen Schlucht, die sich mehrere Kilometer weit fortsetzt, um bei La Goule neuerdings in eine Ausweitung überzugehen. In dieser Schlucht hat sich nun auf etwa 3,5 km Länge ein starkes Gefälle herausgebildet, das in Verbindung mit den bereits vorhandenen, teils natürlichen,

gangen werden musste. Aeusserst günstige Verhältnisse boten sich hier schliesslich auch für die Lage des Maschinenhauses, das so nahe an die Ausmündung des Stollens gelegt werden konnte, dass für die Druckleitung mit der für ein Gefälle von 60 m sehr geringen Länge von nur 122 m ausgekommen werden konnte.

Etwas weniger ideal als die baulichen Verhältnisse sind dagegen die Wasserverhältnisse des Doubs, derer bereits weiter vorn Erwähnung getan wurde. Das Einzugsgebiet des Doubs kann wegen der grossen Schwierigkeit, die Wasserscheiden richtig zu bestimmen, und weil offenbar das tatsächliche Einzugsgebiet mit dem topographischen, nach der Karte bemessenen nicht übereinstimmt, nur auf sehr umständlichem Wege bzw. überhaupt

Das Wasserkraftwerk Refrain am Doubs.

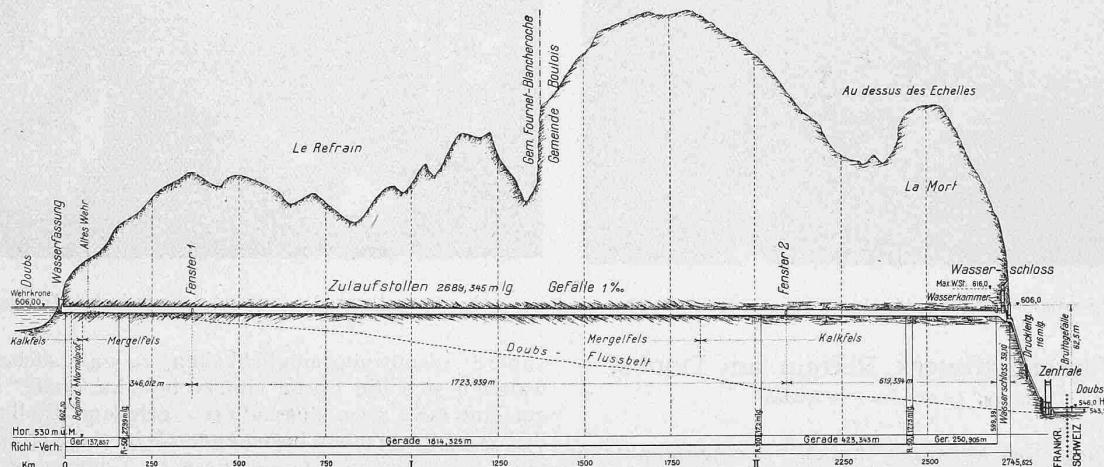


Abb. 4. Längenprofil der ausgenützten Gefällsstrecke. — Masstab für die Längen 1:20000, für die Höhen 1:4000.

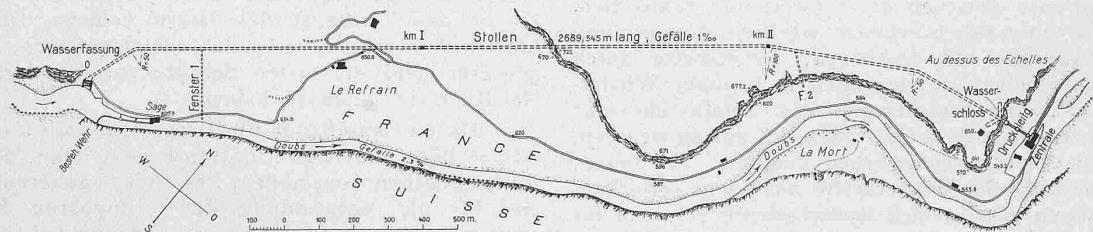


Abb. 3. Lageplan von Wasserfassung, Stollen, Wasserschloss, Druckleitung und Zentrale. — 1:20000.

teils künstlichen Aufstauungen oberhalb der Säge für die moderne Ausbeutung der Wasserkräfte auf den ersten Blick als sehr vorteilhaft erkannt werden musste. Die Konzentration des Gefälles von 60 m auf etwa 3 km ist bedeutender als auf irgend einer andern Strecke des Doubs zwischen dem etwa 18 km weiter flussaufwärts gelegenen „Saut du Doubs“ und dem Austritt des Flusses auf französisches Gebiet bei Ocourt (Abb. 3 und 4).

Durch die topographische Gestaltung des Flusslaufes — tief eingeschnittene, schmale Schlucht mit steil aufragenden, stellenweise beinahe senkrechten Felswänden — war die allgemeine für eine Wasserkraftanlage an dieser Stelle vorzusehende Anordnung gegeben. Die bereits vorhandene, noch in recht gutem Zustand befindliche Wehranlage mit sehr grosser Ueberfalllänge sollte benutzt werden; für den Oberwasserkanal konnte einzig und allein eine unterirdische Leitung in den rechts- oder linksseitigen Felswänden in Frage kommen. Ein Blick auf den Lageplan (Abb. 3) zeigt ohne weiteres, dass die Stollenführung und die Lage des Maschinenhauses auf dem linken Ufer die gegebene war; hiefür sprach im weitern auch der Umstand, dass eine Situierung der Anlage auf dem rechtsufrigen, schweizerischen Boden für die französische Gesellschaft, deren Stromabnehmer mit wenigen Ausnahmen nur in Frankreich zu suchen waren, auch aus allgemeinen und politischen Gründen um-

nicht zuverlässig berechnet werden. Die eidg. Landeshydrographie gibt für den Pegel am „Saut du Doubs“ bei Les Brenets das Einzugsgebiet zu 943 km² an, sodass für den Pegel Biaufond, der nur 1,5 km oberhalb des Wehres beim Refrain liegt, etwa 1000 km² angesetzt werden können. Da zur Zeit der Projektbearbeitung nur die beiden Pegel in Biaufond und beim Lac des Brenets vorhanden und auch für diese keine Wassermengenkurven konstruiert waren, wäre man bezüglich des Verlaufs der Wasserführung des Doubs ziemlich im Unklaren geblieben, wenn nicht das bereits seit bald 20 Jahren im Betrieb stehende Kraftwerk „La Goule“ zuverlässige Aufzeichnungen geliefert hätte. Auf Grund jener Angaben konnte man folgende als massgebend angenommene Zahlen rechnen:

Aeusserstes Niederwasser	$2,5 \text{ m}^3/\text{sek} = 2 \text{ l/sec}/\text{km}^2$
Normales, alljährliches Niederwasser $4,0 \text{ m}^3/\text{sek} = 3,5 \text{ l/sec}/\text{km}^2$	
Während 9 Monaten verfügbare Wassermenge	$8,0 \text{ m}^3/\text{sek}$
Während 6 bis 7 Monaten	$15,0 \text{ m}^3/\text{sek}$
Während 4 bis 5 Monaten	$20,0 \text{ m}^3/\text{sek}$
Normales Hochwasser	$250 \text{ m}^3/\text{sek}$
Aussergewöhnliches Hochwasser	$1200 \text{ m}^3/\text{sek}$

Da die mittlere jährliche Niederschlagshöhe im Einzugsgebiet des Doubs etwa 1440 mm beträgt, so darf im Jahresmittel ein Abfluss von rund 23 l pro km² und Sekunde = $25 \text{ m}^3/\text{sek}$ an der Fassungsstelle erwartet werden.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen wäre es nun gegeben gewesen, das Werk für eine mittlere Ausnützung von etwa 8 bis 10 m^3/sek zu erstellen. Da man aber über die künftige Belastung des Werkes und besonders

kommen mit einer französischen Grubengesellschaft (Houillères de Ronchamp), wonach sich letztere verpflichtet hat, unmittelbar bei ihren, in erreichbarer Nähe des künftigen Versorgungsgebietes des Werkes gelegenen Gruben auf eigene Kosten eine Reservekraftanlage mittels Dampfturbinen zu erstellen und die Ersatzkraft zu sehr mässigen Preisen zu liefern. Dank dieser interessanten und für beide Teile vorteilhaften Kombination war nun das Werk in der Lage, auch solch hohe Wasserrstände des Doubs auszunützen, die nur während sechs bis sieben Monaten vorhanden sind. Die Erreichung dieses Ziels wurde im weitern auch dadurch gesichert, dass mehrere bedeutende Stromlieferungsverträge mit französischen Industriellen die Möglichkeit einer beschränkten Kraftlieferung bei Niederwasserständen vorsehen. Auf Grund einer Kapazität des Werkes von 15 m^3/sek kamen nun nachstehend beschriebene Bauten zur Ausführung.

Wehranlage. Die genaue Untersuchung der bereits seit Jahren bestehenden Wehranlage der Säge Refrain ergab, dass nach erfolgter Behebung einiger unbedeutender Undichtheiten, teilweiser Erweiterung der Leerlaufschüttze und Reparatur des Sägenkanals die Anlage eines neuen Wehrs nicht nötig und dass das alte nach aller

Voraussicht noch viele Jahre genüge und zweckentsprechend sei. Da eine Höherstauung damals ausgeschlossen war und jede Änderung langwierige staatsrechtliche Verhandlungen zwischen dem Kanton Bern und Frankreich nach sich ziehen musste, war es sehr willkommen, dass das alte Wehr unangetastet bleiben konnte; der seitherige fünf-

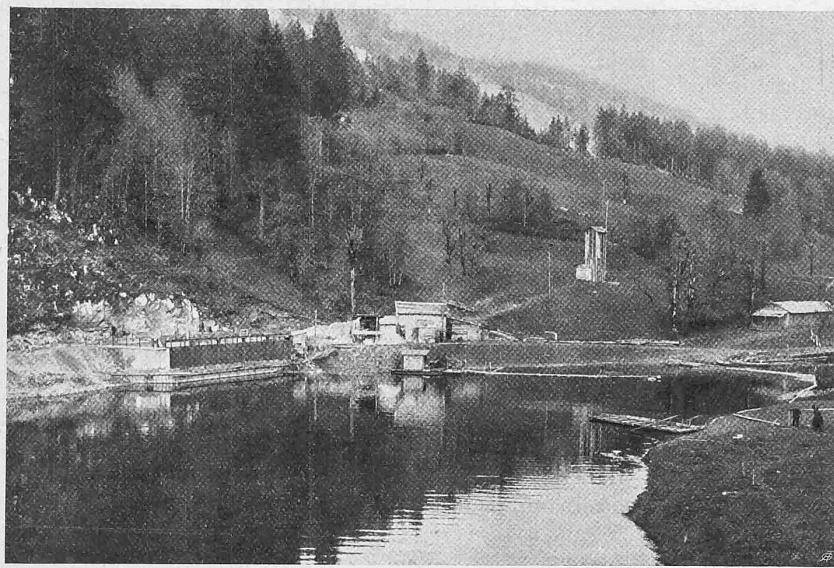


Abb. 6. Wasserfassung oberhalb des alten Stauwehrs vom Refrain.

über das Verhältnis zwischen durchschnittlicher und Spitzenbelastung keinerlei Anhaltspunkte hatte, wurde beschlossen, die Anlage derart zu dimensionieren, dass annähernd das Doppelte dieser Wassermenge, also etwa 15 m^3/sek verwendet werden können. Ausschlaggebend war dabei das bei der Gründung der Gesellschaft getroffene Ueberein-

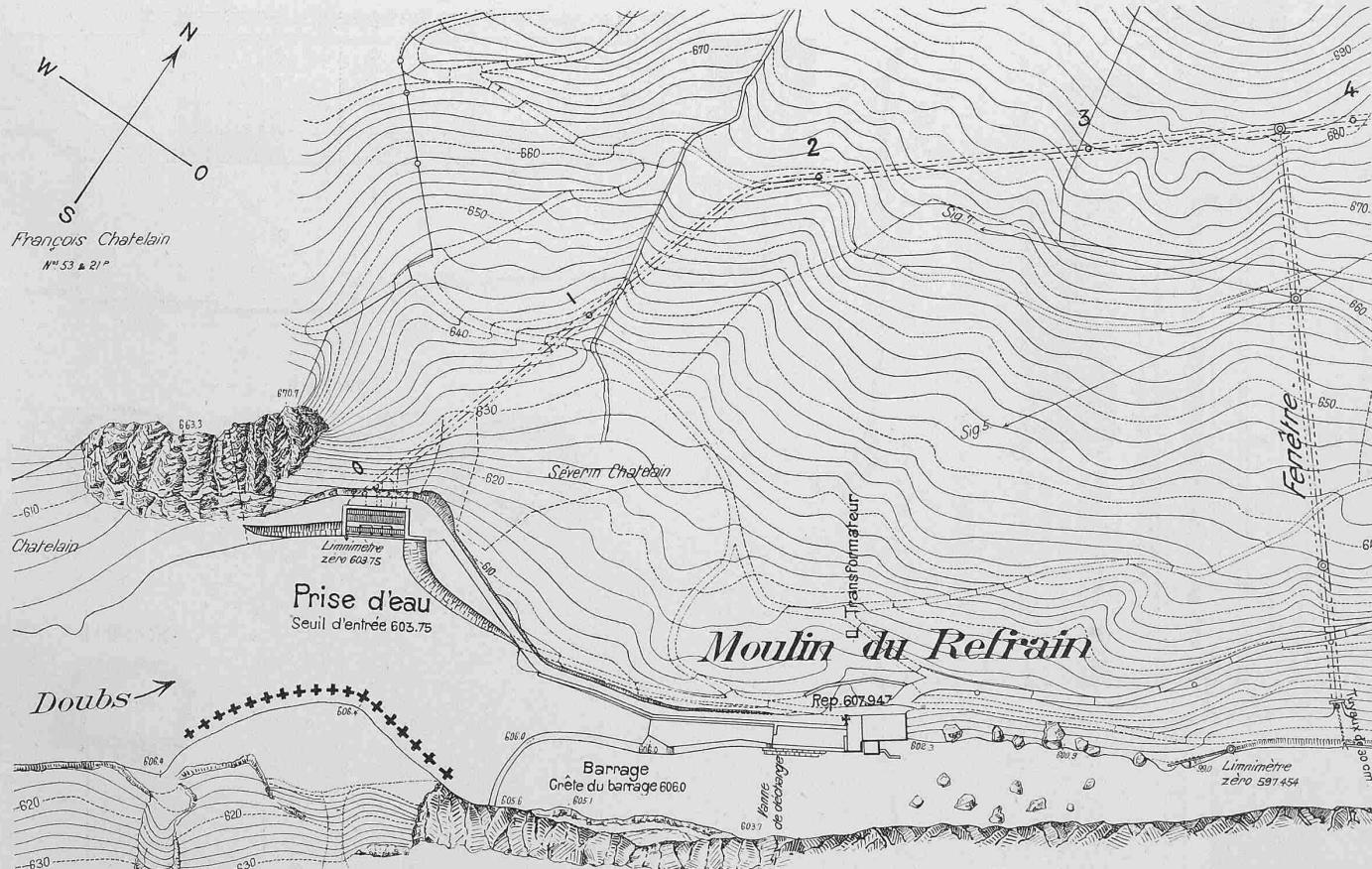


Abb. 5. Lageplan der Wasserfassung mit dem bestehenden Stauwehr des «Moulin du Refrain». — 1:2500.
(Photographische Verkleinerung des französisch beschrifteten Originalplans.)

jährige ununterbrochene Werkbetrieb hat dessen Brauchbarkeit in jeder Beziehung bestätigt.

Das alte Wehr ist eine Konstruktion von Stein und Holz, hat eine sehr schwach geneigte Vorderfläche und eine Ueberfalllänge von 70 m (siehe Abb. 5). Ein eigentlicher Grundablass ist im Wehrkörper nicht vorhanden, dagegen bestand ein alter, jetzt neu erstellter Grundablass im alten Sägekanal. Bei grösstem Hochwasser liegt der Wasserspiegel des gestauten Doubs hinter dem Wehr 2,80 m über der Ueberfallschwelle. Gleich unterhalb des Wehres verengt sich das Bett des Doubs zu einer schmalen Schlucht mit starkem Gefälle; trotzdem sind wegen der felsigen Sohle Auskolkungen niemals zu erwarten. Das Fehlen eines genügend grossen Grundablasses könnte zu Bedenken Anlass geben; da sich aber der Doubs unmittelbar oberhalb des Staues auf etwa 2300 m Länge seeartig erweitert, auf dieser Strecke bei normalem Wasserstand nur ein Gefälle von etwa 0,2% aufweist und bei einer mittleren Wasserspiegelhöhe von 606,0 m ü. M. eine grösste Wassertiefe von durchschnittlich 6 bis 7 m vorhanden ist, so ist hier auf natürlichem Wege ein bedeutendes Klärbecken entstanden, das den Transport von grösserem Geschiebe vollständig verhindert; die Oberfläche der seeartigen

Erweiterung auf Kote 606,0 beträgt 90 000 m². Um sich für spätere Zeiten die Möglichkeit einer noch stärkeren Ausnutzung des Retentionsvermögens dieses kleinen Sees zu verschaffen, hat die Gesellschaft das ganze in Betracht fallende Gelände erworben, sodass später auch eine Erhöhung der jetzigen Stauhöhe — selbstverständlich nach vorheriger Verständigung mit den zuständigen schweizerischen und französischen Behörden — möglich ist. Vorläufig gestattet die Höhenlage des Einlaufes eine Absenkung des Wasserspiegels um etwa 80 cm und damit einen Wasserszuschuss von 70 000 m³, was bei Niederwasser zur Spitzendeckung sehr willkommen ist. Wenn später die Erstellung eines neuen Wehres notwendig wird, wobei wohl nur ein bewegliches Wehr in Frage kommen kann, so dürfte es sich empfehlen, den Stau um mindestens 2 m zu erhöhen, was zulässig ist, da die grössten Hochwasser den Wasserspiegel beim Pegel Biaufond über 3 m heben. Bei einer Aufstauung um 2 m und einer Absenkung um 50 cm würde alsdann der nutzbare Stauraum mindestens 600 000 m³ betragen.

Einlauf. All diesen Verhältnissen und der Möglichkeit, den Stauspiegel senken und später eventuell auch wesentlich heben zu können, ist bei der Disposition der

Das Wasserkraftwerk Refrain am Doubs.

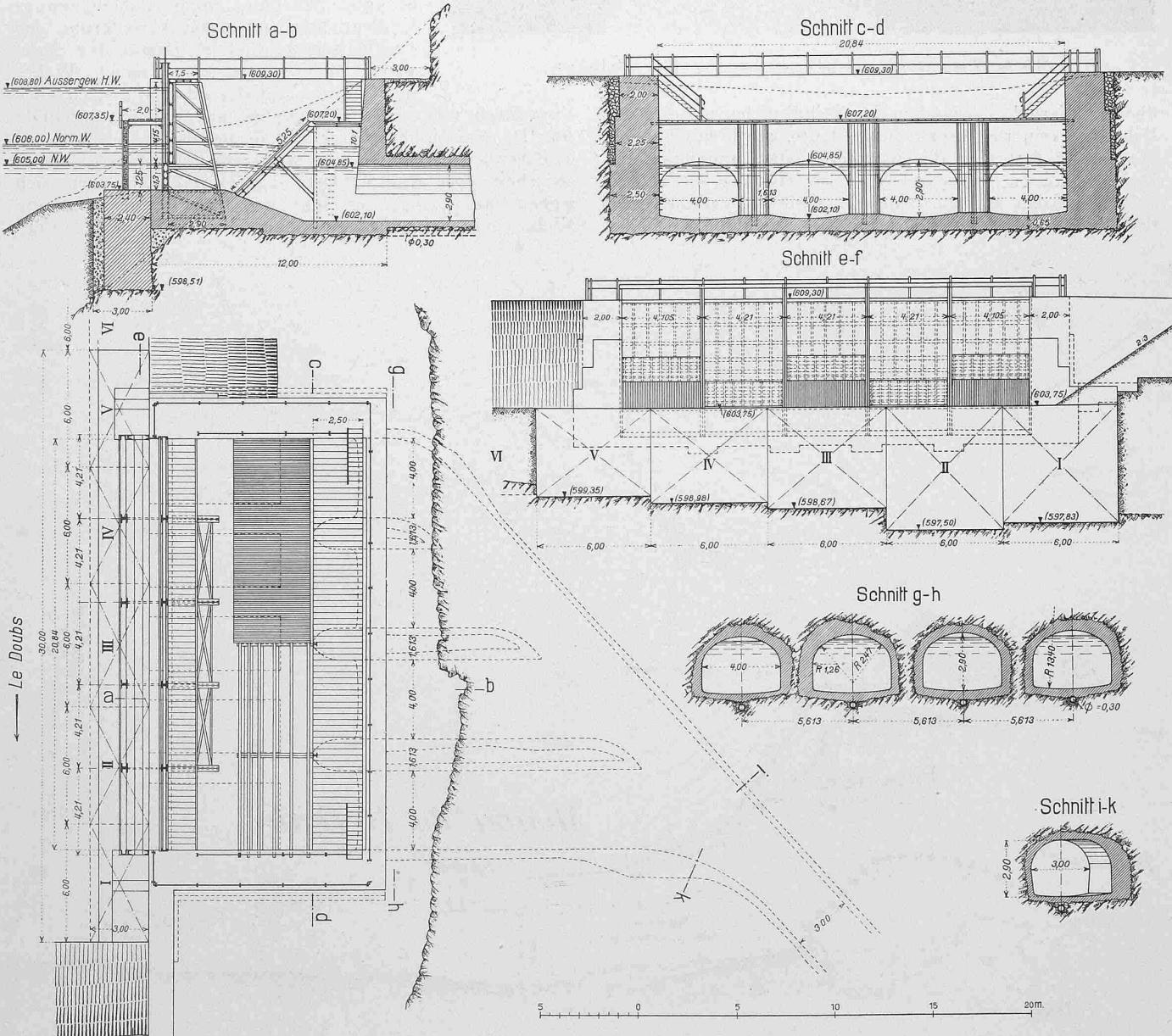


Abb. 7. Einlaufbauwerk der Wasserraffinerie und Stollen-Anfang. — Maßstab 1:300.

Wasserfassung und des sich daran anschliessenden Stollens in vollem Masse Rechnung getragen worden. Wie aus Abbildung 7 ersichtlich, wurde die Einlaufschwelle auf Kote 603,75, also 2,25 cm tiefer als die heutige Wehrschwelle gelegt, während die Umfassungsmauern und Bedienungsstege hochwasserfrei 3,30 m über die Wehrkrone reichen. Die Einlaufbreite der fünf Einlauföffnungen beträgt 20 m, sodass selbst bei einem Wasserspiegel, der um 1 m tiefer steht als die Wehrkrone, noch eine Einlauftiefe von 1,25 m besteht und die Eintrittsgeschwindigkeit selbst in diesem ungünstigsten Falle bei 16 m³/sek Durchfluss nur 0,65 m/sec beträgt, während sie bei normalem Wasserstand auf Wehrhöhe nur 0,35 m/sec erreicht.

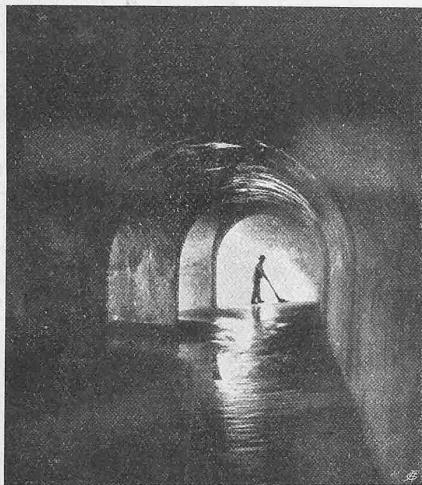


Abb. 8. Stollen-Einlaufkammer.

Das Einlaufschützenwerk besteht aus fünf Einzelschützen von je 4 m Breite und 1,25 m Höhe, die sich auf eiserne, im Fundament verankerten Fachwerkböcken abstützen. Der obere Teil der Öffnungen ist durch eine feste, mit Blech verkleidete Tauchwand gegen Hochwasser abgeschlossen. Unmittelbar hinter den eisernen Böcken der Einlaufschützen schliesst der unter 45° geneigte Rechen an, dessen Wasserquerschnitt bei normalem Stand etwas über 30 m² beträgt, sodass die Geschwindigkeit des durchfliessenden Wassers 0,50 m/sec nicht übersteigt. Der bisherige Betrieb hat gezeigt, dass Verstopfungen des Rechens sozusagen nie vorkommen und dass die Reinhaltung einen nur sehr geringen Arbeitsaufwand erheischt, was der richtigen Dimensionierung des Rechens, der Tauchwand und der tiefen Lage der stets von Wasser bedeckten Einlauföffnung zu verdanken ist.

Die Erstellung des Einlaufs erfolgte in offener Baugrube unter künstlicher Wasserhaltung und die Fundamente wurden, so weit dies der Wasserzudrang zuließ, bis auf den stark gegen den Fluss zu abfallenden Fels abgestellt. Das Hochwasser im Jahre 1910, das infolge unrichtiger Manipulationen mit der Einlaufschütze und dadurch bewirkter allzugrosser Eintrittsgeschwindigkeit kleine Auskolkungen hinter dem Einlauf verursacht hatte, veranlasste die Gesellschaft zur grössern Sicherheit vor der ganzen Längsseite des Einlaufes auf pneumatischem Wege noch eine Verstärkungs- und Dichtungsmauer bis auf den festen Fels, 5 m unter der Einlaufschwelle, erstellen zu lassen, welche Arbeit im Spätherbst 1911 durchgeführt wurde. In diese neue Dichtungs- und Sicherungsmauer wurden vor jeder Schütze I-Eisen als Dammbalkenmuttern eingesetzt, sodass nun ein vollständiger Abschluss mittels Dammbalken auch dann möglich ist, wenn die Schützen nicht bewegt werden können oder in Reparatur genommen werden müssen.

Am Einlauf ist ein gewöhnlicher sowie ein selbsttätig registrierender Pegel aufgestellt, dessen Aufzeichnungen auf elektrischem Wege nach dem Maschinenhaus übertragen

werden. Die Bedienung der Einlaufschützen geschieht von Hand; der elektrische Antrieb erschien nicht erforderlich und hat sich bis jetzt auch im Betrieb nicht als nötig erwiesen.

Stollen. Unmittelbar hinter dem Rechen fällt die Sohle des Vorbeckens stark gegen den Stolleneinlauf ab, dessen Sohle um 1,65 m tiefer liegt als die Einlaufschwelle. Der Übergang vom Einlaufbecken zum eigentlichen Stollen erfolgt mittels vier kurzen, durch je eine dünne Felsrippe voneinander getrennten Stollen von je 4 m Lichtweite und 2,85 m Höhe, deren Axen parallel der Axe des Einlaufs liegen, um alsdann nach rechts umzubiegen und in die Hauptstollen-Richtung einzumünden (Abbildung 8). Diese Disposition wurde erforderlich, um den Hauptstollen unter allen Umständen tief genug in den festen, anstehenden Fels verlegen zu können. Der Scheitel der Einlauföffnungen liegt 1 m tiefer als die Wehrkrone, sodass er auch bei abgesenktem Wasserspiegel stets luftdicht abgeschlossen bleibt.

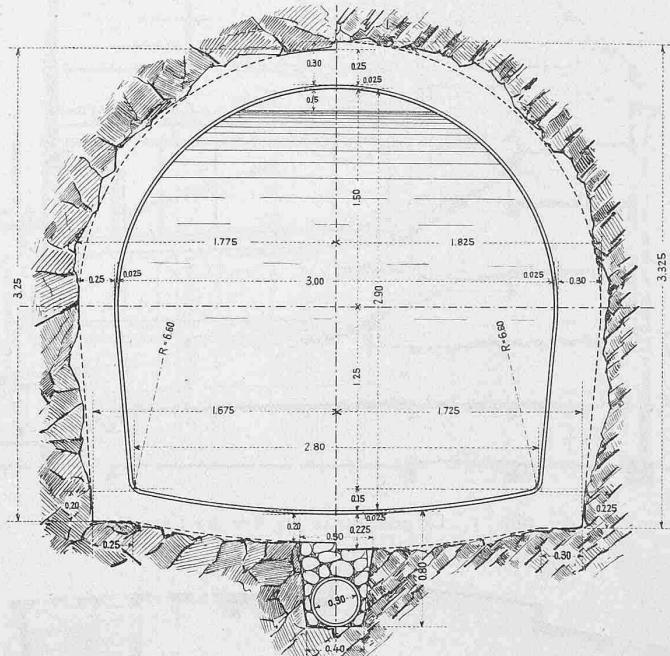


Abb. 9. Stollenprofil, links im Kalk, rechts im Mergel. — 1:50.

Profil I:

Ausbruch 10,31 + 5% = 10,83 m ²	Ausbruch 10,79 + 5% = 11,33 m ²
Dohle = 0,26 m ²	Dohle = 0,25 m ²
Verkleidung = 3,23 m ²	Verkleidung = 3,79 m ²

Lichter Querschnitt des Stollens 7,44 m², Wasserquerschnitt 7,30 m², Benetzter Umfang 8,67 m.

Bei dem bestehenden Sohlen- und Wasserspiegelgefälle von 1% beträgt die berechnete Kapazität des in Abbildung 9 dargestellten Stollens 15,35 m³/sek (Rauhigkeitskoeffizient der Kutter'schen Geschwindigkeitsformel $n = 0,0135$). Im Betrieb hat sich herausgestellt, dass der Stollen tatsächlich 18 bis 19 m³/sek, also rund 20% mehr liefert, was einer Wasser-Geschwindigkeit bei Vollausnützung von 19,0 : 7,3 = 2,6 m/sec entspricht. Diese wirkliche Leistung ergibt ein n von nur 0,0115, was durch die aussergewöhnlich sorgfältige Ausführung des glatten Stollenverputzes ermöglicht wurde und ein Beweis dafür ist, dass keinerlei Ablagerungen oder stärkere Inkrustationen entstanden sind, was angesichts der bedeutenden Wassergeschwindigkeit auch nicht sehr verwundern muss. Da es sich aber im vorliegenden Fall um ein eigentliches Zusammentreffen günstiger Umstände handelt (lange, gerade Strecken, relativ reines Wasser, bedeutende Geschwindigkeit während eines grossen Teils des Tages und sehr sorgfältiger Verputz), so wird es sich dennoch empfehlen, bei Projektierung solcher Stollenanlagen mit dem Rauhig-

keitskoeffizienten nicht unter 0,0135 zu gehen, um unter allen Umständen spätere unangenehme Ueberraschungen zu vermeiden.

Die Richtung des Stollens war durch die geologischen Verhältnisse der Oberfläche bestimmt. Auf einer grossen Strecke zwischen der Wasserfassung und den Felswänden bei La Mort hat sich über den tief liegenden Felsschichten ein gewaltiger Bergsturz abgelagert, dessen Mächtigkeit aus äussern Anzeichen nur sehr schwer beurteilt werden konnte, da auch am linksseitigen Flussufer anstehender Fels auf lange Strecken nicht zu sehen war. Die genaue Lage des Stollens wurde daher erst festgesetzt, als mittels eines vom Fluss aus annähernd senkrecht zu den Schichten-

kurven des Geländes vorgetriebenen Seitenstollens der Fels bei etwa 180 m Distanz vom Ufer einwandfrei festgestellt werden konnte.

Es war umso wichtiger, sich durch diesen Seitenstollen klaren Aufschluss zu verschaffen, als das geologische Gutachten, das vor Baubeginn von Herrn Prof. Dr. Rollier eingeholt wurde, darauf aufmerksam machte, dass auch die obern Schichten des Oxford-Mergels, auf dem der Bergsturz abrutschte, unter Umständen selbst teilweise deformiert sein könnten. Die tatsächlichen Verhältnisse zeigten sich dann insofern nicht ungünstig, als mit einer Länge des Seitenstollens von 200 m die wirklich festen und unveränderten Schichten angetroffen worden sind.

Im weitern Verlauf des Tracé war man alsdann über die Lage des soliden Felsens im Klaren und es wurde die Stollenaxe definitiv festgesetzt, wie sie nun zur Ausführung gekommen ist. Zur Erleichterung und Beschleunigung der Arbeit wurde weiter abwärts ein zweites Fenster vorgetrieben, sodass der Vortrieb im allgemeinen von vier Punkten aus erfolgen konnte. Die ganze Stollenlänge beträgt 2689 m, die einzelnen Teilstücke hatten 346, 1724 und 619 m Länge. Uebereinstimmend mit der geologischen Voraussage wurden auf der obern Strecke die Oxford-Mergel, auf der untern der Calcaire rauracien angeschnitten.

Mit Ausnahme einiger Stellen im Kalkmergel war nur geringer Einbau nötig und der Wasserzufluss auf grosse Strecken beinahe Null, nur auf der untern Strecke war man genötigt, einige Quellen zu fassen und abzuleiten.

(Forts. folgt.)

Küchlins Variété-Theater in Basel.

