

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Band:** 65/66 (1915)  
**Heft:** 17

**Artikel:** Das Wasserkraftwerk Refrain am Doubs  
**Autor:** Kürsteiner, L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-32225>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.11.2024

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

INHALT: Das Wasserkraftwerk Refrain am Doubs. — Die Entwicklung der amerikanischen Hochspannungs-Gleichstrombahnen und die Systemfrage der elektrischen Zugförderung. — Ein Vermächtnis. — Wiederherstellungsarbeiten am Strassburger Münster. — Aus den Anemometer-Aufzeichnungen der Schweiz. Meteorologischen Zentral-Anstalt. — Miscellanea: Drahtlose Signalübertragung im Eisenbahndienst. Der Harlem-River-Tunnel. Der Heliumgehalt von Grubengas. Die Wasserkraftanlage am Coosa-Fluss der Alabama Power Co. Hauenstein-Basistunnel. Das „Haus zur Kaufleuten“.

Eidgenössische Technische Hochschule. Untersuchung von Stahlguss mittels Röntgenstrahlen. Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik. Taucherarbeiten bis 49 m Tiefe. — Konkurrenzen: Architektonische Gestaltung der Bauten am neuen Bahnhofplatz in Biel. — Literatur: Eine deutsche Stadt. Ueber Erfahrungen mit Wendepolmotoren im Eisenbahnbetrieb. Die Dachformen des Bauernhauses in Deutschland und in der Schweiz. Literar. Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Bündner. Ing.- u. Arch.-Verein. G. e. P.: Stellenvermittlung.

Band 65.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 17.

## Das Wasserkraftwerk Refrain am Doubs.

Von Ing. L. Kürsteiner in Zürich.

(Fortsetzung von Seite 180.)

Der Stollen-Ausbruch erfolgte von Fenster II an mit Bohrhämmern System Flottmann, wofür die Unternehmung eine zentrale Druckluftanlage erstellt hatte. Die übrigen Attaken arbeiteten teils mit elektrischen Bohrmaschinen, teils von Hand. Mit dem Ausbruch des längsten Zwischenstückes wurde am 1. Oktober 1907 begonnen, der Durchschlag erfolgte am 15. April 1909. Für 848 m sind somit 562 Kalendertage aufgewendet worden, was einem mittleren Fortschritt des Vortriebes von nur  $848:562 = 1,50$  m oder etwa 1,7 m auf den wirklichen Arbeitstag ergibt. Der grösste Monatsfortschritt betrug 85 m, somit 2,9 m im Tag. Auf der untern Strecke, wo harter, sehr trockener Fels zu durchfahren war, blieben die Fortschritte nicht unwesentlich geringer und es machte sich der beim Bohren entwickelte intensive Kalkstaub sehr unangenehm und störend bemerkbar. Der Richtstollen wurde im allgemeinen in einem Querschnitt von rund  $4 \text{ m}^2$  vorgetrieben und zwar anfänglich auf der obern Strecke als Firststollen, was sich begreiflicherweise nicht besonders bewährt hat, und auf den andern Strecken zum Uebergang auf Sohlenstollenbetrieb führte.

Das ganze Profil ist mit Zementbeton 1:9 verkleidet und zwar in drei verschiedenen Typen von 25 bis 35 cm

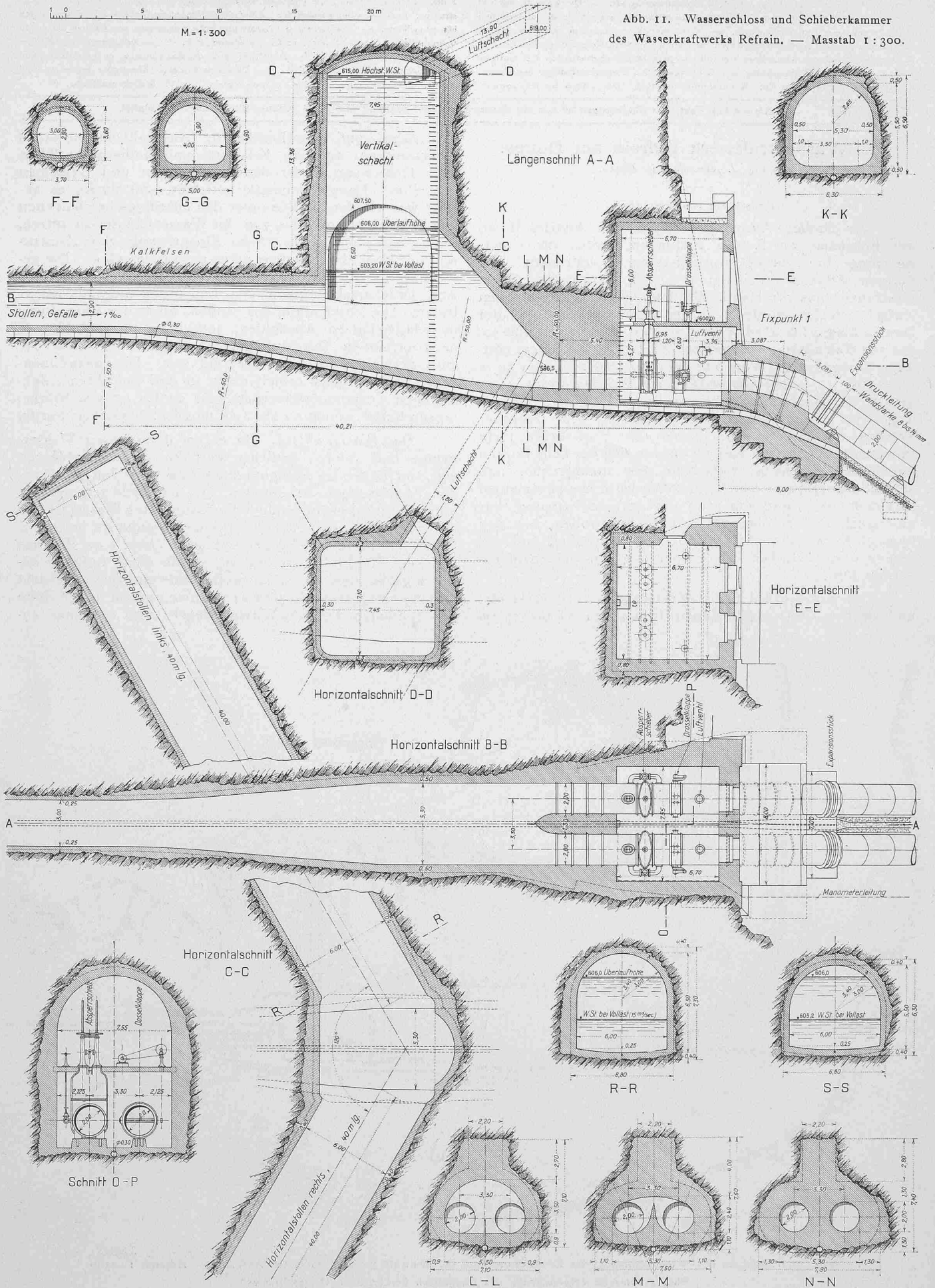
Widerlager- und Gewölbestärken. Auf vollkommen sattes Anbetonieren an den Fels und vollständiges Auffüllen aller Hohlräume hinter den Widerlagern und Gewölbem wurde ein Hauptaugenmerk gerichtet. So durfte es gewagt werden, den Stollen unter den allerdings bescheidenen Normal-Druck von 4 bis 5 m (im Wasserschloss) zu setzen, ohne dass eine nachträgliche Einspritzung von Zementmörtel hinter die Gewölbe nötig geworden wäre. Die gewählten Profile haben sich durchaus bewährt; allerdings sind Druckscheinungen von Bedeutung nirgends aufgetreten. Die Verkleidung des Stollens folgte der Ausweitung in relativ kurzen Abständen, sodass schon zwei Monate nach erfolgtem Durchschlag der längsten Stollenstrecke auch deren Ausmauerung beendet war. Die ganze Innenfläche des Stollens erhielt einen in drei Schichten aufgetragenen Zementmörtelverputz von 22 bis 25 mm Stärke, dessen letzte Schicht so glatt als möglich abgerieben wurde.

*Das Wasserschloss.* Da es bei der grossen Wassermenge und infolge örtlicher Verhältnisse ausgeschlossen war, am Ende des Stollens einen Ueberlauf von genügenden Abmessungen zu erstellen, sah man sich genötigt, ein unterirdisches, entsprechend dimensioniertes Wasserschloss zu erstellen, dem die Funktion eines Regulators bei plötzlichen Belastungsänderungen zukommt (Abb. 10). Wie aus Abb. 11 (S. 188) zu ersehen ist, wurde diese Aufgabe dadurch gelöst, dass über dem Stollende ein Vertikalschacht von  $53 \text{ m}^2$  Querschnitt und 14 m Höhe, zudem in der Höhe der normalen Betriebs-Wasserspiegel zwei von ihm ab-



Abb. 10. Lageplan des Wasserschlosses, der Druckleitung und der Zentrale (letztere im ersten Ausbau). — Masstab 1:2500. (Photographische Verkleinerung des französisch beschrifteten Originalplans.)

Abb. 11. Wasserschloss und Schieberkammer des Wasserkraftwerks Refrain. — Masstab 1 : 300.



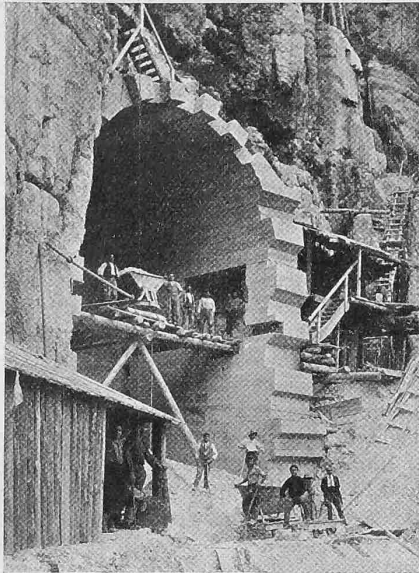


Abb. 12. Schieberkammer im Bau.

zweigende, horizontale Seitenstollen von je 40 m Länge und 27 m<sup>2</sup> mittlerem Querschnitt angeordnet wurden. Die im Vertikal-Schacht eingeschlossene und durch das aufsteigende Wasser verdrängte Luft kann durch einen, an seinem oberen Ende angebrachten schiefen Zugangsstollen, dessen Mündung erheblich über dem höchstmöglichen Wasserspiegel liegt, entweichen. Alles Nähere ist aus der Abbildung 11 ersichtlich. Der nutzbare Inhalt der

Wasserkammern beträgt etwa 1600 m<sup>3</sup>, der des Schachtes 500 m<sup>3</sup>, insgesamt etwa 2100 m<sup>3</sup>. Er wurde derart berechnet, dass bei einer plötzlichen Ausschaltung der ganzen Maschinenbelastung die vom zufließenden Wasser des

Wasserschloss erhöht werden müsste, wobei dann auch zu berücksichtigen wäre, dass der Stollen tatsächlich eine normale Wasserführung von 19 m<sup>3</sup>/sek statt der berechneten 15 m<sup>3</sup>/sek besitzt. Eine solche Erhöhung oder die Erstellung eines zweiten Schachtes am Ende eines der beiden Seitenstollen wäre jedoch ohne jede Betriebsstörung und ohne zu grosse Kosten leicht möglich.

Wie aus Abb. 11 und 12 ersichtlich ist, gestattete die Lage des Wasserschlosses unmittelbar vor der senkrecht abfallenden Felswand eine sehr günstige Ueberführung in die Druckleitung. Schon einige Meter vor dem Schacht senkt sich die Stollensohle beträchtlich, sodass vor dem Anschluss an die beiden Rohrleitungen auch bei abgesenktem Wasserspiegel noch eine Wassertiefe von etwa 7,5 m vorhanden ist. Die beiden Druckröhren von je 2000 mm Lichtweite münden ohne Konus in diesen vertieften und auf 30 m<sup>2</sup> vergrößerten Vorraum des Stollens. Mittels eines Betonklotzes von 6 m Länge, der die Blechröhren umgibt, ist der Stollen gegen die zur Hälfte aus dem Felsen ausgesprengte Schieberkammer abgeschlossen. Der Zugang zum Stollen kann nur durch den Entlüftungsschacht des Wasserschloss-Schachtes erfolgen.

Die Entwässerungsleitung, die unter der ganzen Länge der Stollensohle behufs Ableitung des angefahrenen Quellwassers und zur Aufnahme allfälligen Sickerwassers durchgeführt ist, und deren Wasser bei den beiden Fenstern nach aussen geleitet wird, führt unter dem Wasserschloss und der Schieberkammer hindurch ins Freie.

Die Druckleitung besteht aus zwei, in einem Axabstand von 3,30 m parallel laufenden Strängen genieteteter

Wasserkammern beträgt etwa 1600 m<sup>3</sup>, der des Schachtes 500 m<sup>3</sup>, insgesamt etwa 2100 m<sup>3</sup>. Er wurde derart berechnet, dass bei einer plötzlichen Ausschaltung der ganzen Maschinenbelastung die vom zufließenden Wasser des

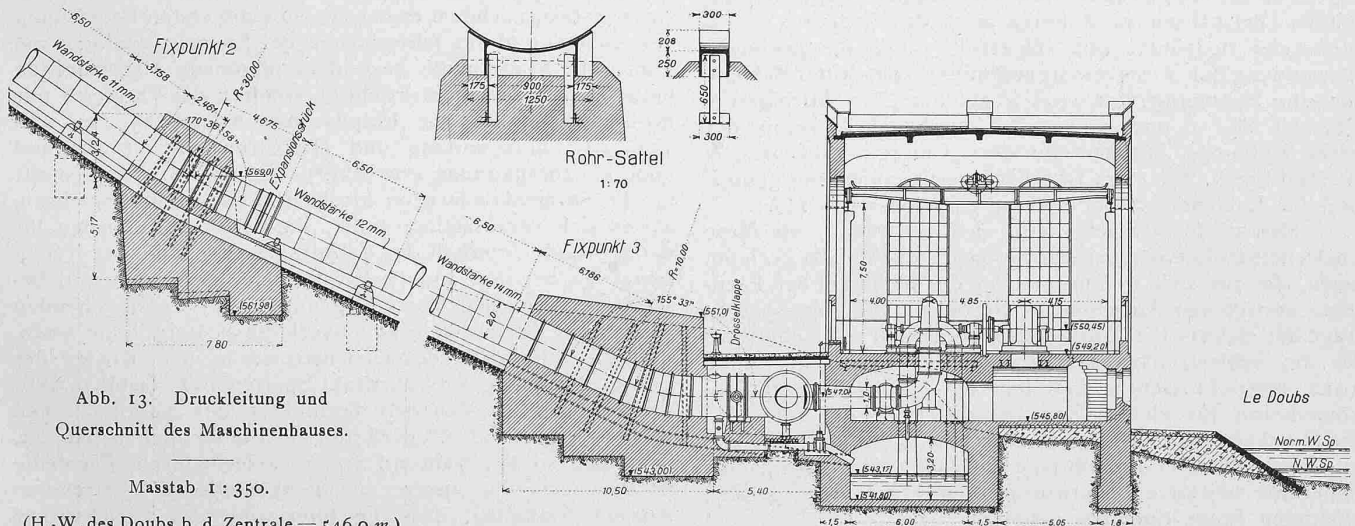


Abb. 13. Druckleitung und Querschnitt des Maschinenhauses.

Masstab 1 : 350.

(H.-W. des Doubs b. d. Centrale = 546,0 m.)

Stollens (15 m<sup>3</sup>/sek) geleistete kinetische Arbeit durch entsprechende Hebung der Wassersäule im Schacht aufgebraucht wird, und dass umgekehrt beim plötzlichen Uebergang vom Ruhestand (Wasserspiegel-Ueberlaufhöhe) in die annähernd volle Belastung ein genügender Wasservorrat für die Zeit vorhanden ist, die es braucht, bis nach erfolgter Absenkung des Wasserspiegels im Wasserschloss der Stollen wieder die genügende Wassermenge liefern kann, wobei die Absenkung des Wasserspiegels ein gewisses Mass, in unserem Falle die Kote 601,50, nicht unterschreiten soll. Die Erfahrungen des praktischen Betriebes haben die Richtigkeit der getroffenen Dispositionen in allen Teilen erwiesen; die grösste Erhöhung des Wasserspiegels im Wasserschloss trat bei einem starken Blitzschlag ein, der alle Maschinen bis auf eine einzige ausser Tätigkeit setzte und den Wasserverbrauch plötzlich von 12 auf 3 m<sup>3</sup>/sek herabsetzte. Die Erhöhung betrug damals nach den Angaben des Manometers 3,8 m, was mit den rechnermässigen erhaltenen Zahlen recht gut übereinstimmt.

Wollte man später den Stau beim Wehr erhöhen, so hätte dies zur Folge, dass auch der Schacht im Wasser-

Blechröhren von 2000 mm Lichtweite und 122 m Länge zwischen Wasserschloss und Verteilleitung. In der sich an das Wasserschloss anschliessenden Schieberkammer ist für jedes Rohr ein Flanschenschieber sowie eine Drosselklappe eingebaut, die von Hand und mechanisch von einem höher liegenden Boden der Schieberkammer aus bedient werden können. Hinter der Drosselklappe trägt jedes Rohr ein automatisch wirkendes Luftventil zur Entlüftung der Leitung beim Füllen und zur Luftzufuhr bei allfälliger Entleerung. Automatisch wirkende Rohrabschlussventile sind wegen der geringen Druckhöhe und dem grossen Kaliber nicht zur Verwendung gekommen.

Behufs Beobachtung des Wasserstandes im Stollen und im Wasserschloss ist letzteres mittels einer 1" weiten Manometerleitung mit dem Maschinenhaus verbunden, woselbst neben dem Turbinenmanometer ein vom Wasserverbrauch bezw. dem Druckverlust in der Druckleitung unbeeinflusstes, automatisch aufzeichnendes Hauptmanometer aufgestellt ist.

Die Druckleitung verläuft in gerader Richtung und weist einen einzigen Bruchpunkt des Gefälles ungefähr in

der Mitte auf. Mittels stark dimensionierter Betonklötze ist die Leitung nach ihrem Austritt aus der Schieberkammer, beim Knickpunkt und vor der Vereinigung mit der Verteilung fixiert und die dadurch entstandenen zwei geraden Strecken durch Expansionsstücke beweglich gemacht. Die Wandstärke der Röhren steigt von 6 auf 14 mm; ihre Lagerung und die Fixierung beim Gefällsbruchpunkt ist aus den Abbildungen 11 und 13 ersichtlich. Die Leitung wurde an Ort und Stelle aus einzeln angelieferten Stößen zusammengenietet und hat nur dort Flanschenverbindungen, wo Expansionen eingebaut sind.

Die Röhren sind in Abständen von 6,5 m mittels eiserner, einbetonierter Gleitsättel auf Betonsockel gelagert. Bedeutende Erdarbeiten waren infolge des ziemlich gleichmässigen Gefälles des eine Schutthalde mit natürlicher Böschung bildenden Hanges nicht erforderlich. Ebenso wenig mussten besondere Schutz- und Sicherungsbauten gegen Rutschungen vorgenommen werden. Dagegen waren zur Konsolidierung der oberhalb des Wasserschlosses befindlichen Felswände erhebliche Sicherungsarbeiten in Form von Unterbetonierungen und Aufbetonierung von Felspalten, sowie zur Ableitung des Wassers wie auch Schutzmassregeln gegen das Herabstürzen von Eisblöcken notwendig. (Schluss folgt.)

## Die Entwicklung der amerikanischen Hochspannungs-Gleichstrombahnen und die Systemfrage der elektrischen Zugförderung.

Von Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

Für die Entwicklung der elektrischen Zugförderung mittels Gleichstrom in Amerika wird das Jahr 1914 von bleibender Bedeutung sein, einerseits durch die geglückte Anwendung der Stromversorgung mittels sog. dritter Schiene für eine Spannung von 2400 V auf der „New Michigan & Chicago Ry“<sup>1)</sup> und andererseits durch den Beginn der Elektrifizierungs-Arbeiten auf der „Chicago Milwaukee & St. Paul Ry“<sup>2)</sup>, bei einer Oberleitungsspannung von 3000 V und für Lokomotiv-Stundenleistungen von 3500 PS.

Man dürfte versucht sein, sich zu fragen, ob diese unzweifelhaft hervorragenden Fortschritte allenfalls geeignet seien, die zur Zeit in Europa von der Mehrzahl der Fachleute vertretenen Ansichten in Bezug auf die sog. Systemfrage der elektrischen Zugförderung ernsthaft zu erschüttern; für die Schweiz hätte das die Folge, dass die auf Ende 1912 abgeschlossenen Arbeiten der „Schweiz. Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb“, die zum Teil die Druckerpresse heute noch nicht einmal verlassen haben, an Wert bedeutend einbüßen müssten. Es scheint uns daher die objektive Beantwortung einer so naheliegenden wichtigen Frage durchaus geboten.

Die erzielten Fortschritte in der Ausbildung von Hochspannungs-Gleichstrombahnen können auf das Deutlichste gekennzeichnet werden durch die Angabe der durch Erfahrung heute sichergestellten obern Spannungsgrenzen. Als solche sind nunmehr anzusehen:

a) 1750 V für die Kollektoren bzw. 3500 V für seriegeschaltete Motoren, zufolge Gelingens des einjährigen Probebetriebes 1913 bis 1914 auf der Strecke Bury-Holcombe der englischen „Lancashire & Yorkshire Ry“,

b) 3500 V für die einpolige Oberleitung, ebenfalls zufolge des Probebetriebes auf der Strecke Bury-Holcombe,

c) 2400 V für die dritte Schiene zufolge der Betriebserfahrungen von 1914 auf der „New Michigan & Chicago Ry“.

Demgegenüber hatte die Schweiz. Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb als zulässige obere Spannungsgrenzen erklärt<sup>3)</sup>:

a) 1500 V für die Kollektoren der Motoren, bzw. 3000 V für die Motoren,

<sup>1)</sup> Band LXIV, Seite 273 (19. Dez. 1914).

<sup>2)</sup> Bd. LXIV, S. 273 (19. Dez. 1914) u. Bd. LXV, S. 66 (6. Febr. 1915).

<sup>3)</sup> Nach der im Buchhandel erhältlichen «Mitteilung Nr. 4» der Studienkommission, aus der ein Auszug in Bd. LX, S. 235 bis 240 (2. Nov. 1912) der «Schweiz. Bauzeitung» zu finden ist.

b) 3000 V für die einpolige und 2×3000 V für zweipolige Oberleitung (Dreileiteranlagen),

c) 800 V für die dritte Schiene.

Die Vergleichung der unter a, b, c aufgeführten Spannungsgrenzen mit denjenigen unter a', b', c' zeigt, dass die Angaben der Studienkommission eigentlich nur in Bezug auf die Anwendbarkeit der sog. dritten Schiene wesentlich überholt wurden. Gerade die dritte Schiene bildet aber auch heute noch ein beschränkendes Element für die Spannungssteigerung. Dagegen könnte die Spannung der Oberleitung mit Rücksicht auf diese allein sehr wohl viel höher sein. Es gilt diesbezüglich auch heute noch, was 1909 im ausführlichen und massgebenden Berichte der Studienkommission unter „Technische Gesichtspunkte für die Bemessung der Spannung und des Spannungsabfalls in den Kontaktleitungen der verschiedenen Bahnsysteme“ hinsichtlich der Spannungsgrenze in Gleichstrom-Oberleitungen — damals also 3000 bzw. 2×3000 V — gesagt wurde, dass nämlich „diese Spannung die obere Grenze ist, infolge der Unmöglichkeit, die Motoren und Apparate für höhere Spannungen dauernd betriebssicher zu isolieren.“<sup>1)</sup>

Die von der „General Electric Co.“ in Arbeit genommene Elektrifizierung der „Chicago, Milwaukee & St. Paul Ry“ für 3000 V und für Lokomotiv-Stundenleistungen von 3500 PS ist somit eigentlich nur als die Ausführung dessen anzusehen, was unsere Studienkommission schon 1909 als technisch ausführbar bezeichnete und demgemäss dann auch beim Kostenvergleich der elektrischen Betriebssysteme für den Gleichstrom als grundlegende Annahme benutzt hat. Dieser Kostenvergleich ist indessen nicht ganz vollständig durchgeführt worden; vielmehr wurde das Gleichstromsystem, nachdem es bereits bei einer ersten Beurteilung der Anlage- und der Jahreskosten der Energiegestehung am Fahrdrabt-Speisepunkt besonders ungünstig abgeschnitten hatte, nicht weiter berücksichtigt, sondern der Vergleich nur noch auf die Systeme Einphasenstrom mit 15 Per und 15000 V Fahrspannung und Drehstrom mit 50 Per und 5000 V Fahrspannung erstreckt.<sup>2)</sup> Hieraus könnte allenfalls für die Studienkommission insofern ein Vorwurf erwachsen, als es sich herausstellen sollte, dass heute die Kosten für Anlage und Unterhalt der Fahrdrabtanlage und der Triebfahrzeuge bei den andern Stromarten (Drehstrom und besonders Einphasenstrom) gegenüber den entsprechenden Kosten bei Gleichstrom so unverhältnismässig hohe seien, dass die Inferiorität des Gleichstroms in den Kosten der Energiegestehung am Fahrdrabt-Speisepunkt reichlich wettgemacht würde. Von den Technikern der amerikanischen „General Electric Co.“ wird nun auch tatsächlich behauptet, dass dem so sei, während andere amerikanische Fachleute an der auch von unserer Studienkommission vertretenen Ansicht festhalten, dass die Inferiorität des Gleichstroms hinsichtlich der Energiegestehungskosten fortahre, absolut ausschlaggebend für die Ablehnung des Gleichstroms für Hauptbahnbetriebe zu sein; diese Stellungnahme gegen das von der „General Electric Co.“ als Universal-Betriebssystem für alle Bahngattungen angepriesene Gleichstromsystem kommt beispielsweise sehr scharf zum Ausdruck in der von der Pennsylvaniabahn gegebenen Begründung für die Wahl von Einphasenstrom von 11000 V und 25 Per auf den Vorortsstrecken von Philadelphia.<sup>3)</sup>

Es dürfte damit aus der gegenwärtigen Situation die Entscheidung der Studienkommission in der Systemfrage noch keineswegs erschüttert werden können. Hingegen ist in Betracht zu ziehen, dass den jüngsten technischen Fortschritten des Hochspannungs-Gleichstromsystems noch weitere folgen dürften und dass vielleicht in nächster Zeit doch eine allgemeine Rückkehr zum Gleichstrom, wie sie der „General Electric Co.“ vorschwebt, stattfinden könnte. Auch hierüber wollen wir eine Aussprache wagen. Offenbar

<sup>1)</sup> In den Wortlaut der «Mitteilung Nr. 4», die ja eine gekürzte Publikation der Studienkommission darstellt, wurde dieser Satz nicht aufgenommen.

<sup>2)</sup> Vergl. Band LX, Seite 237 (2. Nov. 1912), Spalte 2.

<sup>3)</sup> Vergl. die Notiz «Umformer-Lokomotiven mit Quecksilberdampf-Gleichrichter» auf Seite 41 dieses Bandes (23. Januar 1915).