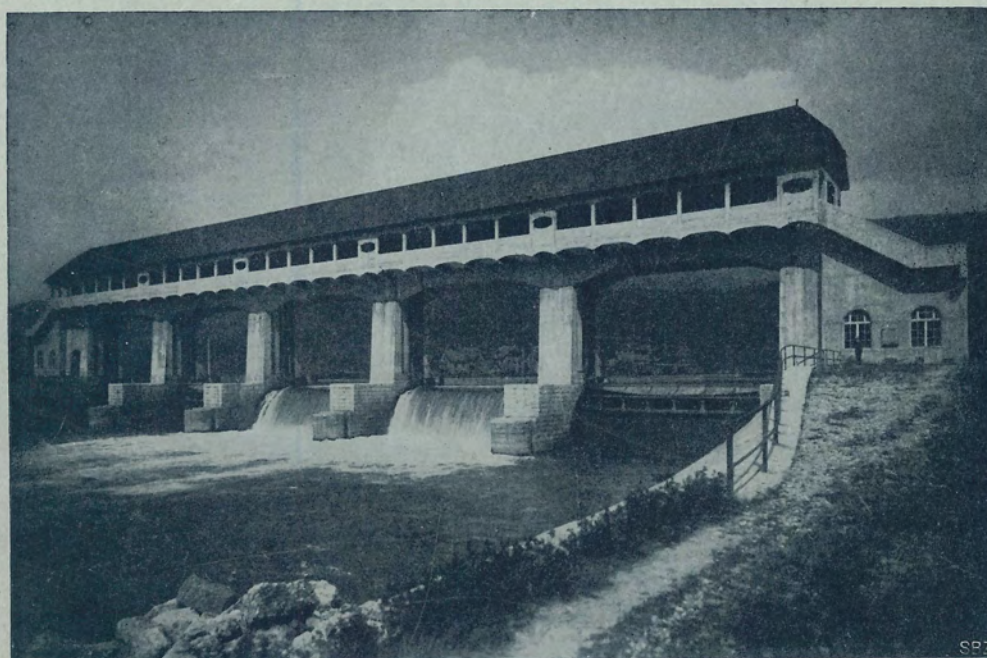


Die Wasserkraftanlage Gösgen

der „A.-G. Elektrizitätswerk Olten-Aarburg“

Erbaut von der A.-G. „Motor“ in Baden



Das Stauwehr in der Aare

Sonderabdruck aus der „Schweizer. Bauzeitung“, Band LXXV, 1920

Alle Rechte vorbehalten

Die
Wasserkraftanlage „Gösgen“
an der Aare



Abb. 1. Blick auf die korrigierte Aarestrecke flussabwärts der neuen Hauensteinlinie mit Stauwehr und Kanaleinlauf des Kraftwerks „Gösgen“. Links die eiserne Strassenbrücke bei der „Rankwaage“. (Aufnahme vom 12. Juni 1917.)

Die Wasserkraftanlage „Gösgen“ an der Aare der A.-G. „Elektrizitätswerk Olten-Aarburg“.

Allgemeines.

Die Wasserkraftanlage „Gösgen“, die seit November 1917 im Betriebe ist, bezweckt die Nutzbarmachung der Aarewasserkräfte von unterhalb Aarburg bis Schönenwerd. Es sei vorerst kurz auf die Entstehungsgeschichte des Projektes für diese Anlage hingewiesen, da sie insofern einiges Interesse bietet, als sie anschaulich zeigt, wie in verhältnismässig kurzer Zeit die Ansichten über eine rationelle Wasserkraftausnutzung sich entwickelt haben. Als im Jahre 1896 das ebenfalls von dem E.-W. Olten-Aarburg erbaute Werk Ruppoldingen in Betrieb kam, glaubte man, die dort gewonnenen 2500 PS würden mindestens für ein Menschenalter für das in Betracht fallende Versorgungsgebiet ausreichen. Doch zeigte sich bald, dass das Werk besonders bei Niederwasser dem Kraftbedarf nicht mehr genügen konnte.

Als erste Erweiterung kam im Jahre 1904 die Akkumulier-Anlage auf dem Born zur Ausführung. Durch Nachtkraft aus dem eigenen Werke wird hier Wasser auf 320 m Höhe in ein Reservoir von 12000 m³ gepumpt, um es bei entsprechendem Kraftbedarf am Tage wieder abzulassen und so eine Zusatzkraft von etwa 1000 PS während acht Stunden zu gewinnen. Aber auch diese Zusatzkraft genügte in kurzer Zeit bei Niederwasser nicht mehr, und es kam im Jahre 1906 als Reserve ein Dampfturbinenaggregat von 900 PS zur Aufstellung, dem im Jahre 1909 ein weiteres von 1700 PS folgte. Gleichzeitig wurden aber bereits Studien durchgeführt für eine Erweiterung der bestehenden Wasserkraftanlage durch Verlängerung des Oberwasserkanals. Dieses Projekt erwies sich jedoch als unrationell und wurde fallen gelassen zugunsten eines solchen unterhalb Olten (vergl. Uebersichtskarte Abbildung 2 auf S. 5).

Die ersten Projektstudien bezogen sich hier auf die Aarestrecke südlich des Dorfes Ober-Gösgen. Hier sollte

das grosse Aare-Knie durch einen Kanal abgeschnitten werden, um etwa 3000 PS zu gewinnen. Weitere, vom Ingenieurbureau Conradin Zschokke in Aarau im Auftrage des E.-W. Olten-Aarburg unternommene Studien führten dann dazu, dieses Projekt zu erweitern und eine Konzession nachzusuchen, die vom Regierungsrat des Kantons Solothurn am 17. September 1909 erteilt wurde. Dieses Konzessions-Projekt sah im einzelnen vor: das Stauwehr an der gleichen Stelle, wie das zur Ausführung gelangte, einen Oberwasserkanal von 3,2 km und das Maschinenhaus bei der Ruine Gösgen. Es wäre hierdurch ein Nettogefälle von 8,0 bis 9,70 m gewonnen worden, wobei ein Ausbau der Anlage auf eine Wassermenge von 150 m³/sek beabsichtigt war, was einer mittleren Leistung von 13 500 PS entsprochen hätte. Die Ausnutzung der Flusstrecke war nach oben begrenzt durch die konzessionsmässige Bestimmung, dass der Stau, der beim Wehr auf die Maximal-Kote von 390,30 m¹) festgesetzt war, bei keinem Wasserstand die Kantonsgrenze Solothurn-Aargau in der Klos oberhalb Olten überschreiten dürfe. Die Folge hiervon wäre gewesen, dass bei Niederwasser 1,0 m weniger hoch hätte gestaut werden dürfen als bei Hochwasser, woraus sich eine unrationelle Ausnutzung der Gefällstrecke ergeben hätte. Flussabwärts war die Ausnutzungsmöglichkeit begrenzt durch die bestehende Kraftanlage der Firma C. F. Bally, Schönenwerd, deren Aufstau bis ungefähr an die Gemeindegrenze Ober-Niedergösgen reichte. Diese Firma liess damals einen besseren Ausbau und die Erweiterung ihrer Anlage, die nur etwa 300 PS lieferte, studieren. Die Untersuchungen ergaben aber, dass eine rationelle Erweiterung der alten Anlage nicht möglich sei. Die Firma Bally machte daher, durch das Ingenieurbureau Locher & Cie.

¹) Sämtliche Höhenangaben beziehen sich auf den alten Horizont (R. P. N. = 376,86 m ü. M.).

beraten, den Vorschlag auf Einbeziehung ihres Gefälles in das Projekt Gösgen. Es kam auch ein dahingehender Vertrag zwischen der Firma Bally und dem Elektrizitätswerk Olten-Aarburg zustande, und so konnte an die Ausnutzung des ganzen Gefälles von Olten bis Schönenwerd in einer Stufe geschritten werden. Die Konzession für diese Erweiterung wurde im Jahre 1912 erteilt. Das Nettogefälle für dieses Projekt schwankte zwischen 13,0 und 15,0 m und es sollte eine Wassermenge bis zu 220 m³/sek ausgenützt werden. Es war ein Ausbau von sechs Einheiten zu 5000 PS vorgesehen. Die Nachfragen nach Kraft liessen es aber für angezeigt erscheinen, noch weiter zu gehen.

Wie bereits erwähnt, durfte nach den Konzessions-Bestimmungen die Kantonsgrenze oberhalb Olten nicht überstaut werden, was bei Niederwasser eine 1,0 m tiefe Absenkung, d. h. auf Kote 389,30 des Staues beim Wehr bedingte. Es musste daher zum mindesten eine Konstanthaltung des Staues, wenn möglich sogar eine Erhöhung desselben angestrebt werden. Die Stauhöhe war aber, auch ohne Rücksichtnahme auf die Kantonsgrenze, durch die besonderen Verhältnisse im Staugebiet begrenzt. Hierfür waren, ausser verschiedenen umzubauenden Kanalisationsleitungen, einige tief gelegene Gebiete der Stadt Olten massgebend. Die Stauberechnungen ergaben, dass bei einem konstanten Stau am Wehr auf Kote 391,30 keine schädlichen Einwirkungen im Staugebiet entstehen können. Bei dieser Stauhöhe am Wehr greift die Staugrenze bei Niederwasser bis etwa 1 km unterhalb der Strassenbrücke bei Aarburg hinauf, während sie bei Hochwasser von über 800 m³/sek nur bis unterhalb der Dünnernmündung reicht. Es wurde deshalb kurz nach Baubeginn ein neues Gesuch um entsprechende Erweiterung der Konzession eingereicht und die Bauobjekte bereits für den vorgesehenen Höherstau ausgeführt. Die neue Konzession wurde denn auch im Jahre 1917 von den Kantonen Solothurn und Aargau erteilt und damit nicht nur die Konstanthaltung des Staues erreicht, sondern auch dessen Erhöhung um minimal 1,0 m, sodass nun beim Maschinenhaus ein nutzbares Gefälle von 14 bis 17 m vorhanden ist.

Wie das Projekt bezüglich der ausnutzbaren Fluss-Strecke und dem entsprechenden Gefälle im Laufe der Zeit verschiedene Erweiterungen erfuhr, so verhielt es sich

ähnlich auch in Bezug auf die ausnutzbare Wassermenge. Die Konzession enthält in dieser Beziehung nur die einschränkende Bestimmung, dass mindestens ein Fünftel des jeweiligen Wasserzuflusses der Aare durch das alte Aarebett abfliessen müsse. Beim ersten Projekt vom Jahre 1909 ging man aber, wie bei allen damals bestehenden Anlagen an der Aare, nur wenig über die Niederwasserführung hinaus, indem ein Ausbau für 150 m³/sek vorgesehen war, während beim Konzessionsprojekt vom Jahre 1912 bereits mit 220 m³/sek gerechnet wurde. Für das Bauprojekt wurde das ausnutzbare Quantum auf 300 m³/sek festgesetzt. Auf Grund eingehender Studien namentlich über die Möglichkeit, unkonstante Kraft abzusetzen, kam man dazu, als mit der Bauausführung bereits begonnen war, die Anlage sogar für eine Wasserführung bis zu 350 m³/sek auszubauen.

Nach diesen Erörterungen über die Entstehungsgeschichte der Kraftanlage „Gösgen“ seien die Grundlagen des Werkes kurz angeführt.

Die ausgenützte Flusstrecke von 1 km unterhalb der Brücke bei Aarburg bis etwa 300 m oberhalb der Brücke bei Schönenwerd misst rd. 14 km; das relative Gefälle beträgt etwa 1,3⁰/₁₀₀, sodass ein Niederwasser-Rohgefälle von etwa 18 m vorhanden ist. Das Nutzgefälle wird teils durch Aufstauung, teils durch die Kanalanlage beim Maschinenhaus konzentriert. Der Aufstau beträgt im Mittel etwa 4,00 m und erzeugt einen Rückstau von etwa 5,5 km Länge bei Niederwasser und von 3,0 km Länge bei grösstem Hochwasser. Die Flusstrecke zwischen Stauwehr und Ausmündung des Unterwasserkanales misst etwa 9 km, und da Ober- und Unterwasserkanal zusammen eine Länge von 6,2 km haben, ergibt sich eine Minderlänge des Kanals gegenüber der Flusstrecke von etwa 3 km. Das bei der Zentrale sich ergebende Nettogefälle beträgt bei Niederwasser 17,0 m, bei Mittelwasser über 15,0 und bei Hochwasser noch 14,0 m. Die baulichen Teile des Werkes sind für eine grösste Wassermenge von 350 m³/sek angelegt. Der vorläufige maschinelle und elektrische Ausbau erfolgte für 300 m³/sek, sodass sich hieraus eine grösste Turbinen-Leistung von rd. 45 000 PS ergibt.

Die Aare führt in der fraglichen Strecke, ohne den Einfluss der zur Erhöhung des Niederwassers angestrebten

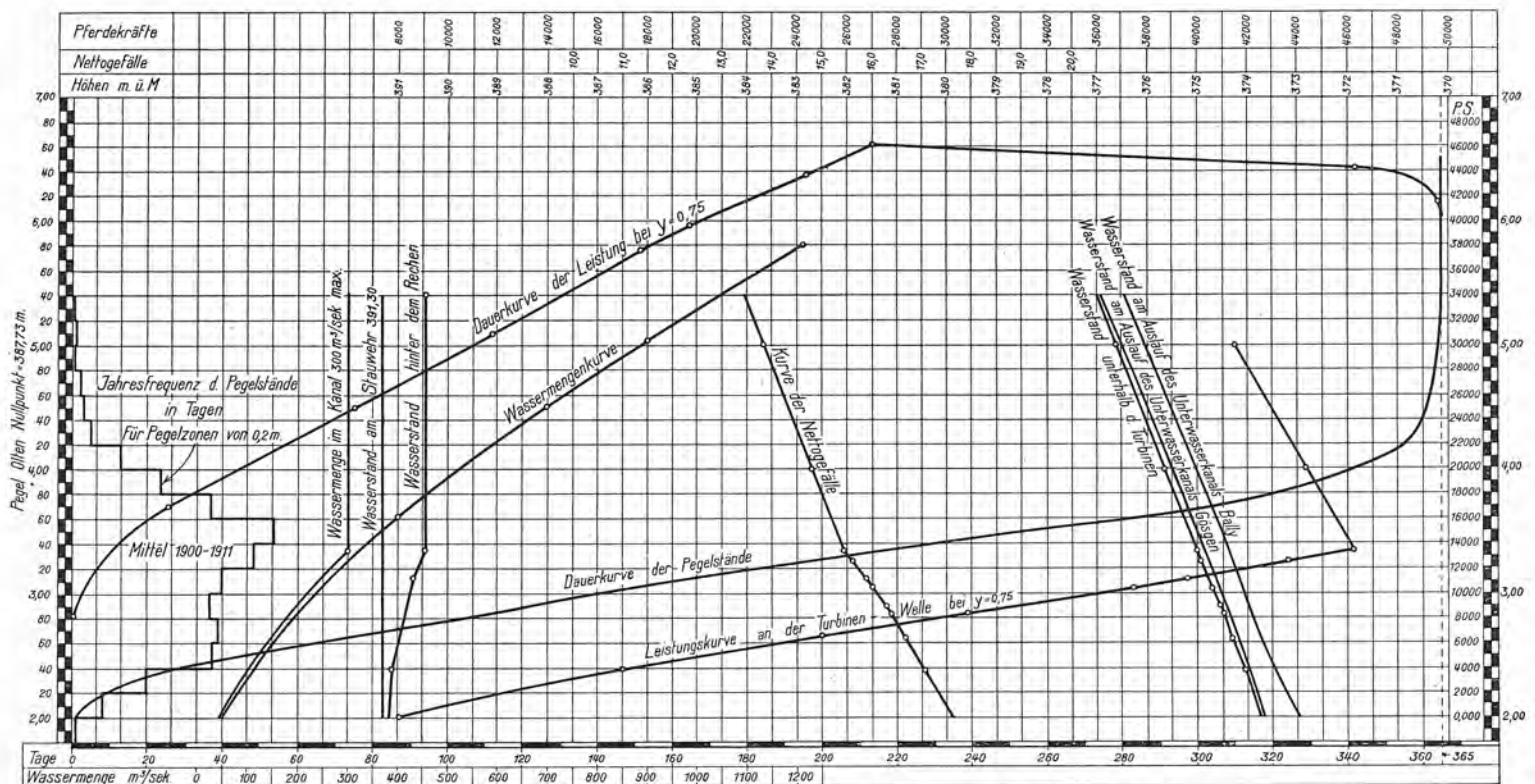


Abb. 3. Diagramm der jährlich verfügbaren Wassermengen, Gefälle und Leistungen der Kraftanlage Gösgen.

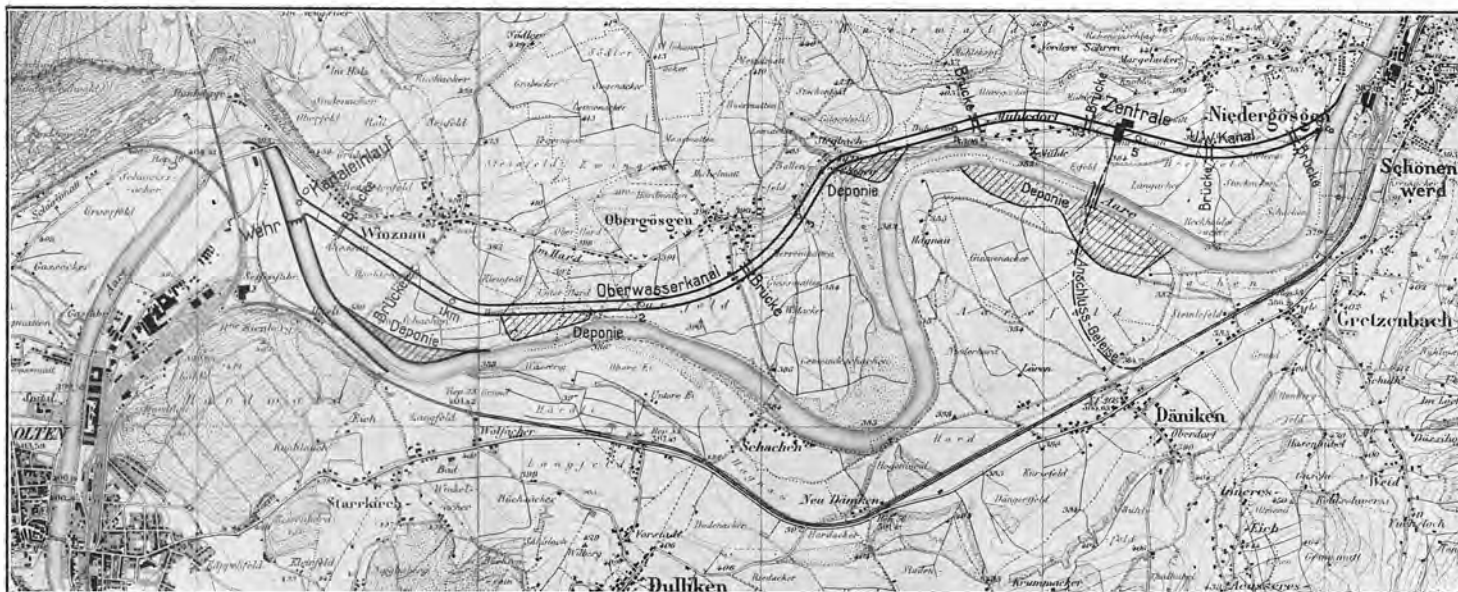


Abb. 2. Uebersichtskarte der Kraftanlage Gösgen, Masstab 1:40 000. — Mit Bewilligung der Schweiz. Landestopographie vom 14. Juli 1919.

besseren Regulierung der Juraseen, ein mittleres Niederwasser von $100 \text{ m}^3/\text{sek}$, während die Wassermenge von $300 \text{ m}^3/\text{sek}$ an etwa 180 Tagen und die zur Ausnützung vorgesehene Höchstwassermenge von $350 \text{ m}^3/\text{sek}$ nur noch an etwa 120 Tagen durchschnittlich vorhanden ist. Während man bei den älteren bestehenden Kraftanlagen an der Aare zwischen Bielersee und Einmündung der Reuss und Limmat mit dem Ausbau nur auf etwa $150 \text{ m}^3/\text{sek}$ ging, ist also in dieser Beziehung bei Olten-Gösgen ein grosser Fortschritt zu verzeichnen, was dadurch möglich geworden ist, als es gelang, auch für die unkonstante Sommerkraft Abnehmer zu finden. Weitern Aufschluss über die Wasser-, Gefäll- und Kraftverhältnisse gibt das hydrographische Tableau (Abbildung 3), das für eine maximale Betriebswassermenge von $300 \text{ m}^3/\text{sek}$ aufgestellt ist.

Die allgemeine Projektdisposition ist aus der Uebersichtskarte (Abbildung 2) ersichtlich. Der Aufstau der Aare erfolgt durch eine Wehranlage quer zum Flusse etwa 400 m unterhalb der Aarebrücke im Zuge der Strasse Olten-Winznau (Abb. 1 und 2). Das Flussbett wurde oberhalb und unterhalb des Stauwehres korrigiert. Der Kraftwerk-Kanal ist auf der linken Flussseite angeordnet, hat eine Länge von 6,2 km, wovon 4,8 km auf den Oberwässerkanal entfallen. Dieser geht südlich vom Dorfe Winznau vorbei, durch den untern Teil des Dorfes Obergösgen und durch den Dorfteil Mühledorf von Niedergösgen. Das Maschinenhaus ist an einer natürlichen Geländestufe unterhalb Mühledorf angeordnet, wo das ganze Bauwerk auf Felsen fundiert werden konnte. Der Unterwässerkanal mündet etwa 300 m oberhalb der Schönenwerder Brücke wieder in die Aare. Das zum Bau des Werkes beanspruchte Land umfasst rund 60 ha; sieben Landhäuser fielen in die Bauzone.

Ausführung der Anlage.

Das Elektrizitätswerk Gösgen ist Eigentum der Aktien-Gesellschaft „Elektrizitätswerk Olten-Aarburg“ in Olten. Die Projektierung und Bauleitung der Anlage wurde vom „Motor“, Aktiengesellschaft für angewandte Elektrizität in Baden, besorgt. Für die Zwecke der lokalen Bauleitung hat diese Gesellschaft ein Baubureau in Olten errichtet und dessen Leitung Ing. A. Moll anvertraut.

An der Ausführung des Werkes und an den Lieferungen waren hauptsächlich folgende Unternehmungen und Firmen beteiligt:

Die Fundierungs- und Mauerwerksarbeiten für den Wehrbau und Kanaleinlauf samt Wehrsteg und die Bearbeitung der dazu gehörenden Baupläne wurden durch Locher & Cie., Ingenieur-Bureau und Bauunternehmung in Zürich, ausgeführt. Die gesamte Eisenkonstruktion ist durch

die A.-G. Alb. Buss & Cie., Basel, in Verbindung mit der Giesserei Bern der Gesellschaft der L. von Roll'schen Eisenwerke, die insbesondere die Aufzugvorrichtungen erstellte, geliefert worden. — Die Aarekorrektur war an Belart & Cie. in Olten übertragen.

Der obere Teil des Oberwässerkanales von 1,9 km Länge ist durch die Firma Belart & Cie. und Gebrüder Baumann & Stiefenhofer in Olten, der untere Teil von 2,9 km Länge mit der Dammartie durch die A.-G. Alb. Buss & Cie. in Basel ausgeführt worden.

Die Fundierungs- und Mauerwerksarbeiten für das Maschinen- und Schalthaus sind der Firma Ed. Züblin & Cie. A.-G. in Zürich übertragen worden, die auch die statischen Berechnungen sowie die Pläne für die Konstruktionen in Eisenbeton geliefert hat. Die Eisenkonstruktionen zum Rechen und zu den Schützen mit den Aufzugvorrichtungen erstellte die A.-G. Buss & Cie. in Basel in Verbindung mit den L. von Roll'schen Eisenwerken in Bern, welche letztere Firma ebenfalls die Krananlage, die Rechenreinigungsmaschine und verschiedene maschinelle Einrichtungen lieferte. Die Turbinenanlage stammt von der A.-G. Escher Wyss & Cie. in Zürich, die Generatoren, Transformatoren und das gesamte übrige elektrische Material von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden. Die Verbindungskabel zwischen den Generatoren und der Schaltanlage wurden von der Firma Berthoud, Borel & Cie. in Cortaillod bezogen. Die allgemeine Anordnung und konstruktive Durchbildung der Schaltanlage wurden durch die A.-G. Motor entworfen, die auch ihre Montage besorgte.

Der Unterwässerkanal wurde durch die Firma Müller, Zeerleder & Gobat in Zürich und Bern hergestellt. Die Aarebrücke in armiertem Beton für das Zufahrtgeleise ist durch Ed. Züblin & Cie. A.-G. in Zürich nach deren eigenem Entwurf ausgeführt worden.

Mit der architektonischen Ausgestaltung des Wehrsteges und des Maschinenhauses waren die Architekten v. Arx und Real in Olten und Zürich betraut.

Mit den Bauarbeiten an der Aarekorrektur ist im Frühjahr, am Stauwehr im Herbst 1913, am Kanal im Sommer 1914 und am Maschinenhaus im Sommer 1915 begonnen worden. Sie mussten bei Kriegsausbruch während etwa drei Monaten unterbrochen werden; ihre Fortsetzung war wegen der durch den Krieg verursachten Hemmnisse erschwert; dessenungeachtet gelang es unter Ausbietung starker Anstrengung der Bauherrschaft, der Unternehmer und der Lieferanten, die Anlage bereits am 27. November 1917 in Betrieb zu setzen. — Der am meisten im Rückstand befindliche Anlageteil, die Schaltanlage, wurde erst später fertig erstellt; man behalf sich, um die Inbetrieb-

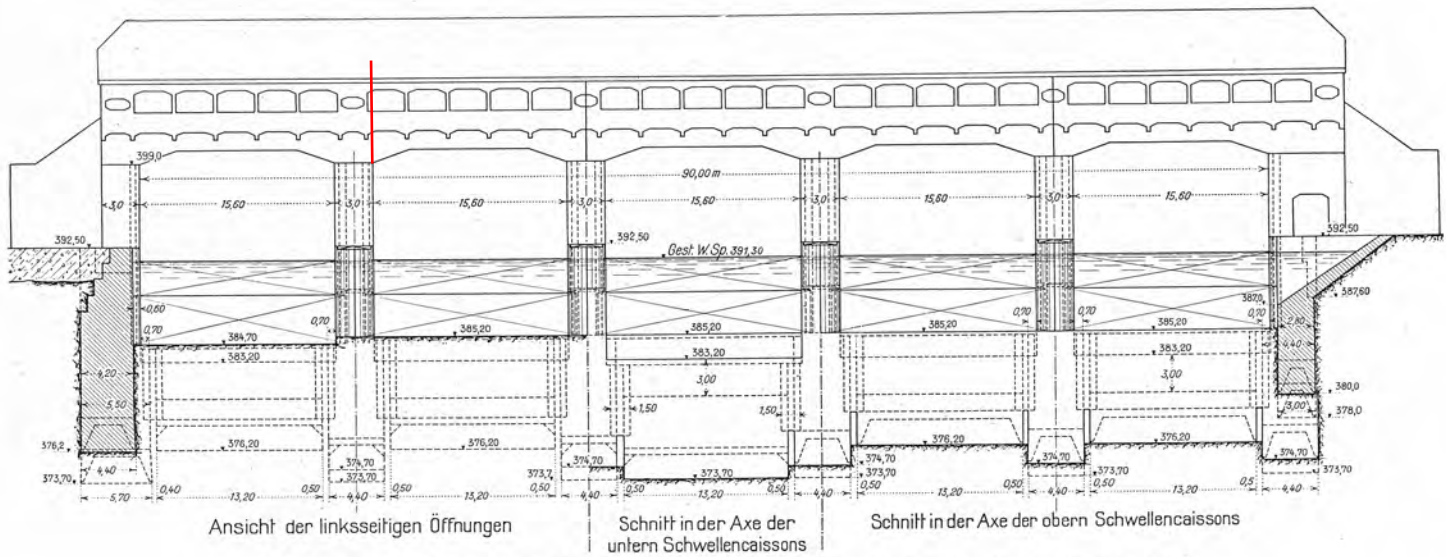


Abb. 8. Ansicht und Schnitte des Stauwehres in der Aare, vom Oberwasser aus gesehen. — Masstab 1:600.

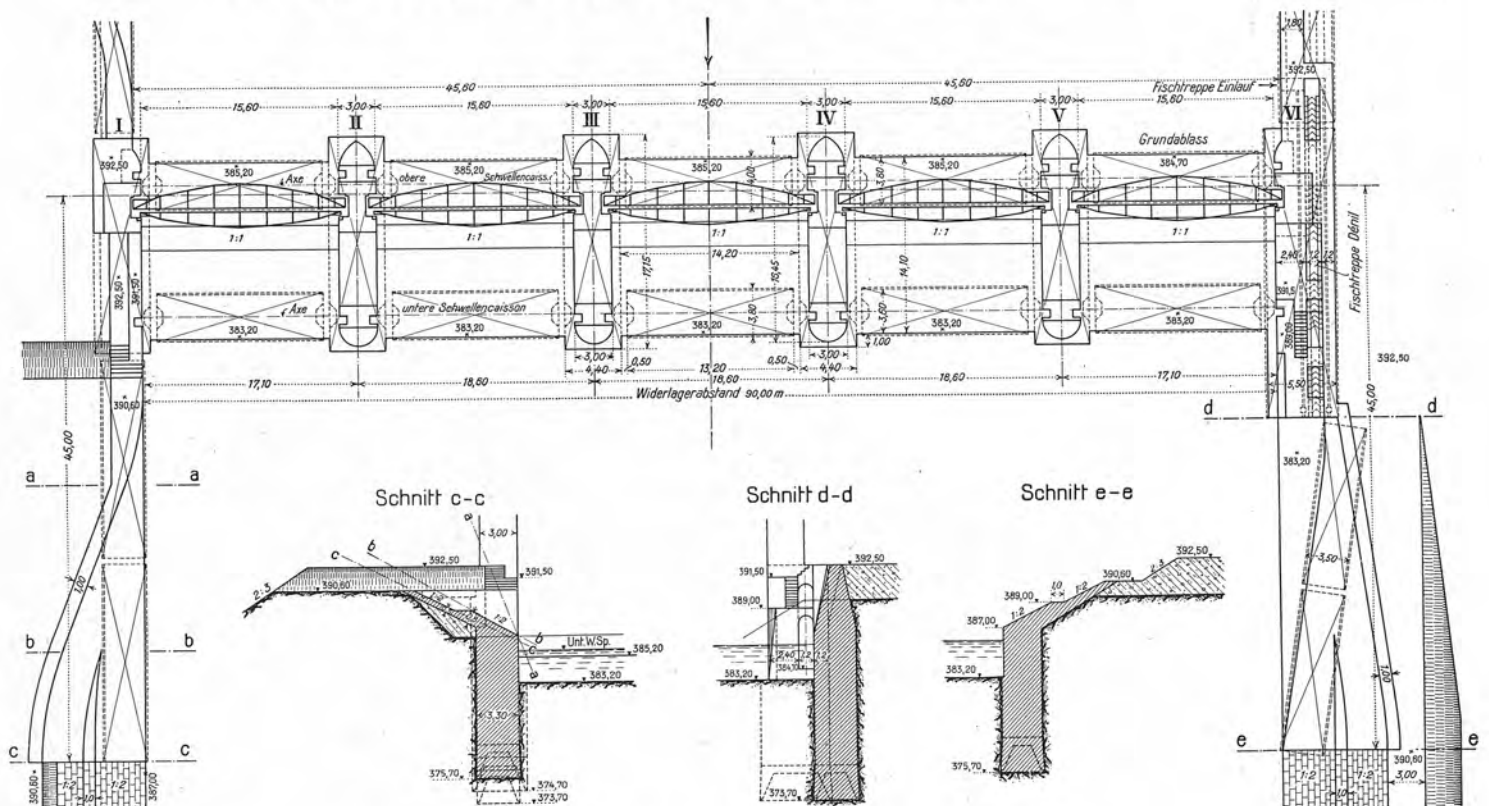


Abb. 9. Grundriss des Stauwehres und Schnitte der Unterwasser-Flügelmauern. — Masstab 1:600.



Abb. 4. Uferbruch am rechten Aareufer, Km. 15 bis Km. 18,40 (Gemeinde Dulliken). — Aufnahme vom 14. Mai 1914.



Abb. 5. Fertige Aarekorrektur bei Dulliken (Rechtes Uferbord). Blick flussabwärts. — Aufnahme vom 20. März 1915.

setzung zu beschleunigen, in der Weise, dass provisorische Transformatoren- und Schalt-Anlagen in der Nähe des Maschinenhauses in Holzbaracken untergebracht wurden.

Eine möglichst frühe Inbetriebsetzung war namentlich durch den Umstand erwünscht, dass für den Winter 1917/18, infolge des starken Zuwachses der Nachfrage nach elektrischer Energie, ein Mangel an solcher bei den schweizerischen Kraftwerken zu gewärtigen war. Dank seiner geographischen Lage und den bestehenden Fernleitungen war das Kraftwerk „Gösgen“ dazu berufen, den Nachbarwerken Aushilfskraft zu liefern. Diese Aushilfe konnte rechtzeitig einsetzen und wurde in ausgiebiger Weise auch in der Folge geleistet. Die beschleunigte Fertigstellung des Werkes wurde auch dadurch erleichtert, dass seitens des Bundes entsprechende Massnahmen getroffen wurden, wie Ueberlassung von Genie-Truppen für diverse Vollendungs-Arbeiten des baulichen Teiles, Dispensationen des Montage-Personals vom Militärdienst usw.



Abb. 6. Stauwehr und Kanaleinlauf (Kanal leer). — Aufnahme vom 13. Juni 1917.

Aarekorrektur und Staugebiet.

In Verbindung mit der Erstellung des Stauwehres musste auch die Aare korrigiert werden. Die Flussstrecke von der Aarebrücke Olten-Winznau abwärts auf etwa 2 km Länge war stark verwildert. Es hatten sich im Laufe der Zeit nicht weniger als drei grosse Inseln herausgebildet und an beiden Flussufern konnten starke Einbrüche trotz provisorischen Verbauungen nicht mehr zurückgehalten werden. Im sogenannten Hasli, 800 m unterhalb des Stauwehres, war am rechten Ufer nicht bloss ein ganzes Gehöft, sondern auch der Eisenbahnkörper der Linie Olten-Aarau stark gefährdet. Diese unhaltbaren Zustände führten, bereits bevor der Bau des Werkes Olten-Gösgen definitiv beschlossen war, dazu, dass sich ein Konsortium von Interes-

senten zur Verbauung der Aare entschloss. Die Kosten dieser Korrektur wurden getragen vom Bund, Kanton, den Bundesbahnen, der Stadt Olten und dem Elektrizitätswerk. Der Fluss wurde nach einem Projekt der S. B. B. reguliert (siehe Uebersichtskarte). Da die



Abb. 7. Hebung der Rankwaag-Brücke mittels hydraulischer Winden.

Arbeiten mit jenen am Stauwehr teilweise im Zusammenhang waren, wurde die Bauleitung für die Aarekorrektur ebenfalls der A.-G. Motor übertragen.

Der Fluss wurde auf ein Normalprofil von 90 m Sohlenbreite reguliert. Die Böschungen sind auf der oberen Strecke, auf- und abwärts vom Wehr, mit Betonplatten verkleidet. In der untern Korrektur-Strecke sind die Böschungen durch Steinrollierungen geschützt (Abbildungen 4 und 5). Der Böschungsfuss ist durch einen Steinwurf von etwa 2 m³ auf den Meter Uferlänge gegen Unterkolkungen gesichert. In der Nähe des Wehres, besonders unterhalb

desselben, ist wegen den zu erwartenden Kolkungen der Steinwurf entsprechend verstärkt worden. Es gelangten hier ausser Natursteinen auch Betonblöcke in Grössen von 2 bis 3 m³ zur Verwendung. Oberhalb des Stauwehres bedingte der Aufstau die Anschüttung von Dämmen bis zur Aarebrücke. Zur Entwässerung des Gebietes sind hinter den Dämmen Parallel-Gräben ausgeführt, von denen der rechtsseitige unterhalb des Wehres in die Aare ausmündet, während das Wasser vom linksseitigen unterhalb des Kanaleinlaufes mittelst eines Dückers unter

dem Kanal hindurch ebenfalls ins Unterwasser des Wehres geleitet wird. Die alten, aufgegebenen Seitenarme der Aare wurden rechtsseitig mit Ausbruchmaterial vom neuen Hauensteinbasistunnel, dessen Ausführung mit der des Werkes „Gösgen“ zeitlich zusammenfiel, linksseitig mit Aushub vom Kanal ausgefüllt (Abbildung 1 und 6).

Die Hebung des Aare-Wasserspiegels infolge des Aufstaus erforderte verschiedene Umänderungsarbeiten an bestehenden Objekten und Verbauungsarbeiten an den Ufern im Staugebiet. So musste u. a. die Brücke im Zuge der Strasse Olten-Winznau, in der sogenannten Rankwaag (Abbildung 1), um rd. 70 cm gehoben werden. Die Brücke hat bei 73 m Spannweite und 6 m Fahrbahnbreite mit dem gesamten Schotterbett ein Gewicht von rd. 500 t. Zur Hebung wurden unter dem zweiten Brückenpfosten provisorische Pfeiler erstellt und die Brücke daselbst mit acht hydraulischen Winden gefasst und gehoben (Abb. 7). Einzelne Konstruktionsglieder der Brücke mussten zu diesem Zwecke entsprechend verstärkt werden. Die Hebungsarbeiten wurden von der Firma A.-G. Cd. Zschokke, Aarau (Werkstätte Döttingen), die seinerzeit diese Strassenbrücke erstellt hatte, ausgeführt. Ferner erhielt die hölzerne Aarebrücke in Olten neue Joche, wobei die Holzpfähle bis über den gestauten Niederwasserspiegel durch armierte Betonpfähle ersetzt wurden. In Olten wurde rechtsseitig in der Nähe des Bahnhofplatzes eine Quaimauer erstellt und der Stadt an diese sowie an die Verbauung der Dünnern-Ausmündung vom E.-W. Olten-Aarburg angemessene Beiträge geleistet.

Das Stauwehr.

Lage und Tiefe.

Für die Wahl der Lage des Stauwehres waren in erster Linie die örtlichen Verhältnisse massgebend; so musste das Wehr mindestens etwa 400 m weit abwärts von der schon genannten Strassenbrücke in der Rankwaag verlegt werden, um genügend Platz für das Einlaufbauwerk

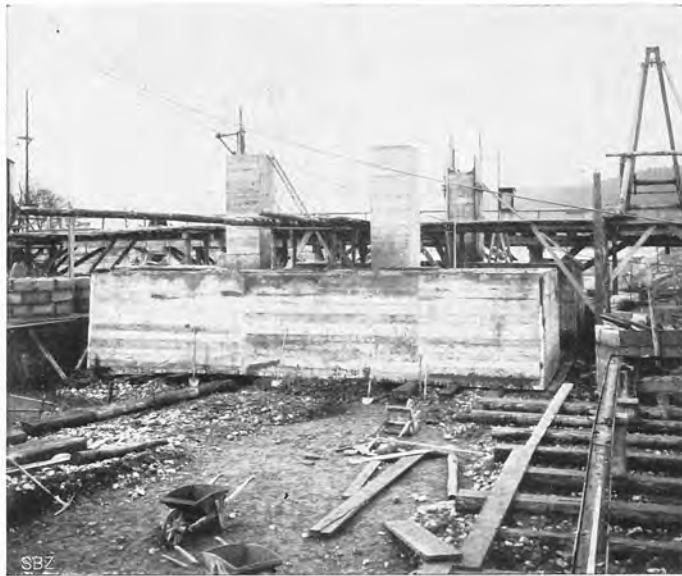


Abb. 13. Betonierte Schwellen-Caissons in Oeffnung 1. (28. II. 1914.)



Abb. 14. Oeffnung 1 bei H.-W. von $700 \text{ m}^3/\text{sek.}$ (W.-St. 388,95, am 8. III. 1914.)

und den Kanal zwischen der Winznauerflühe und der Aare zu haben. Weiter flussabwärts zu gehen, schien wiederum aus baulichen Rücksichten nicht geboten. Es hätten sich oberhalb des Wehres höhere Dämme ergeben, deren Erstellung bei einem Flusse wie die Aare immerhin, wenn nicht unbedingt nötig, lieber umgangen wird. Zweitens wäre an der Wehrstelle der Aufstau höher ausgefallen,

was aber im Hinblick auf die Untergrundverhältnisse nicht wünschbar erschien. Die Sondierungen ergaben nämlich, dass bis auf 18 m Tiefe unter dem Wasserspiegel kein Felsen anzutreffen war; das Wehr musste daher auf Kies fundiert werden, und so schien es ratsam, im Hinblick auf die Durchsickerungen, Kolkbildungen usw., deren Gefahr mit der Stauhöhe zunimmt, mit der

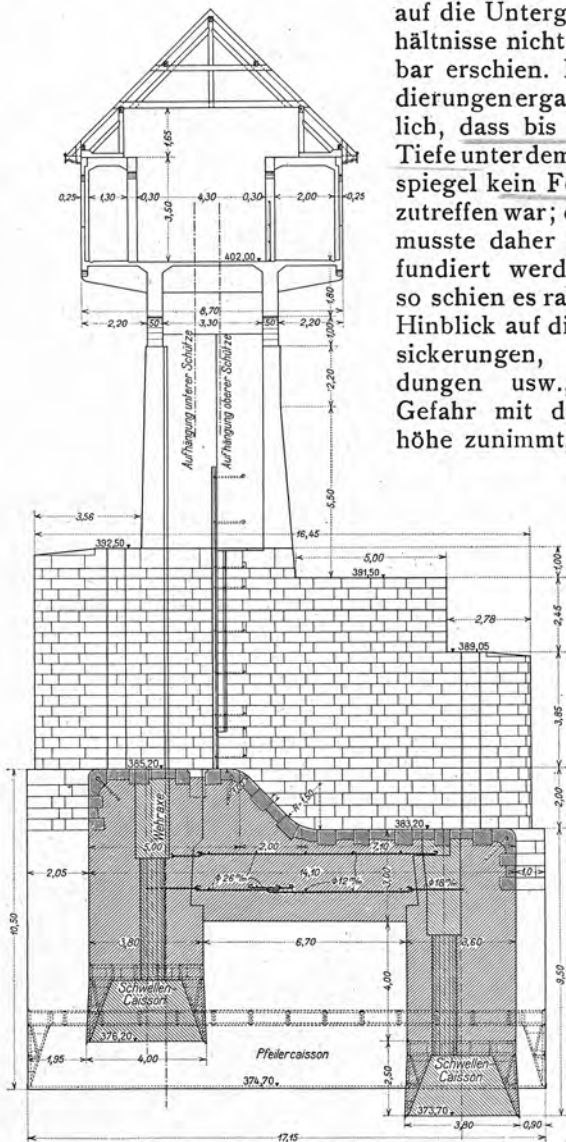


Abb. 11. Pfeileransicht mit Schnitt durch Schwelle und Dienstbrücke. — 1:250. —

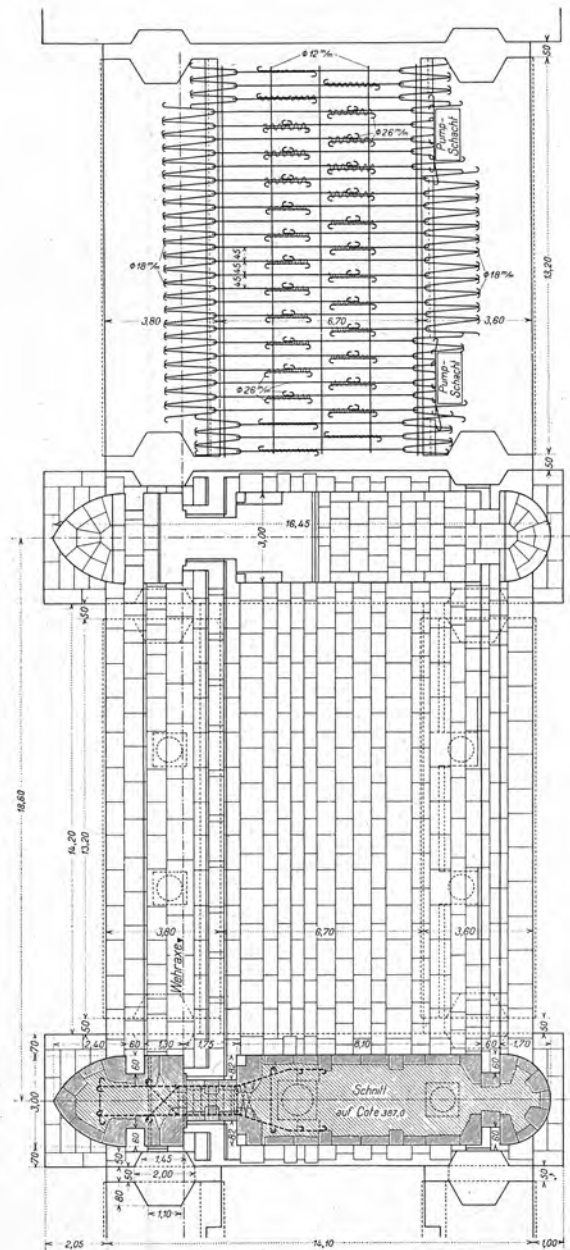
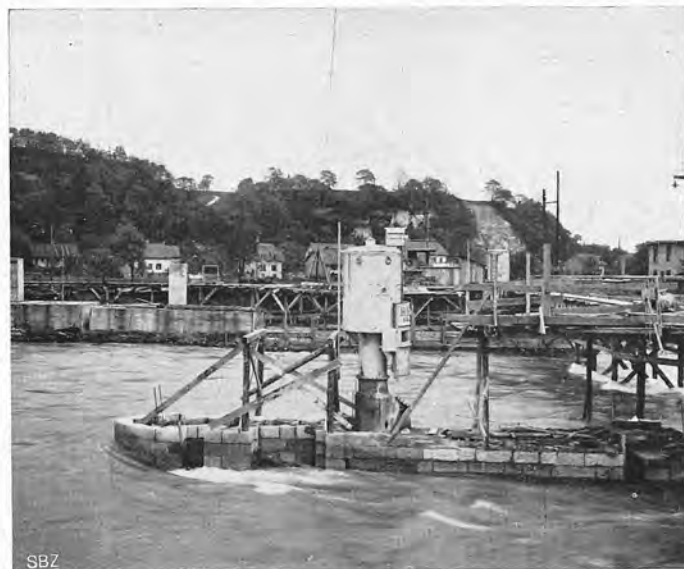


Abb. 12. Grundriss und Armierung der Wehrschwelle und Pfeilerschnitt.



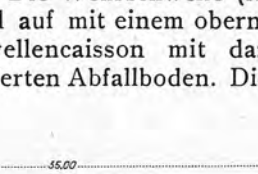
Erfahrungen vorlagen. Da der maximale Aufstau über der Wehrschwelle immerhin bis zu 6,0 m betragen kann, musste das Wehr so fundiert werden, dass es nicht nur gegen Unterkolungen gesichert war, sondern dass auch beim vorhandenen Kiesgrund keine gefährlichen Durchsickerungen

entstehen konnten. Zur Verminderung der Durchsickerungen wurde namentlich die Wehrschwelle möglichst tief fundiert und dieser ein besonders für diesen Zweck passender Querschnitt gegeben, wodurch auch die gefährlichen Folgen allfälliger Auskolkungen für die Wehr-Anlage wesentlich vermindert wurden. Im fernern wurde im Gegensatz zur bisherigen Praxis vorgesehen, den Wasserspiegel durch Ueberfall und nicht durch Grundablass zu regulieren; zu diesem Zwecke sind Doppelschützen eingebaut worden, wobei das Regulieren durch Absenken der oberen Schütze und nicht durch Ziehen, wie bis anhin üblich, bewerkstelligt wird. Bei dieser Anordnung wird die freiwerdende Energie des Wassers unmittelbar beim Absturz beinahe vernichtet; sie geht in molekuläre Arbeit über und wirkt nicht mehr zerstörend auf die anschliessenden Ufer und die Flussole, wie dies bei Grundablass-Schützen auf eine beträchtliche Länge der Fall ist.

Das Wehr (Abbildungen 8 und 9) hat eine gesamt lichte Weite zwischen den Widerlagern von 90 m und ist durch vier Pfeiler in fünf Oeffnungen von 15,60 m l. W. abgeteilt. Alle Pfeiler und Schwellen wurden mittels fester Caissons pneumatisch fundiert.

Wehrschwelle und Pfeiler.

Die Wehrschwelle (Abb. 10 bis 12) weist ein Doppelprofil auf mit einem obern und einem untern tief fundierten Schwellencaisson mit dazwischenliegendem weniger tief fundierten Abfallboden. Diese Form der Schwelle verhindert jedenfalls am ehesten die Durchsickerungen. Oberkant Wehrschwelle liegt etwa 2,0 m unter Niederwasser und zwar ungefähr auf der Tiefe des Talweges im früheren Flusslauf. In der linksseitigen Oeffnung liegt sie 0,5 m tiefer, damit diese Oeffnung als Grundablass dienen und vor dem Kanal-Einlauf, wenn notwendig, eine bessere Spülpwirkung erzielt werden kann. Der Abfallboden liegt für die ganze Wehrbreite 2,0 m unter Oberkant der normalen Wehrschwelle. Die Fundation der Schwelle reicht beim untern Caisson bis auf 11,50 m unter Schwellenhöhe oder



(deren Caissons gestrichelt). — 1 : 600.

Abb. 17. Oeffnung 5. Untere provisorische Abschlusswand, Schwelle noch unverkleidet (8. XII. 1915).

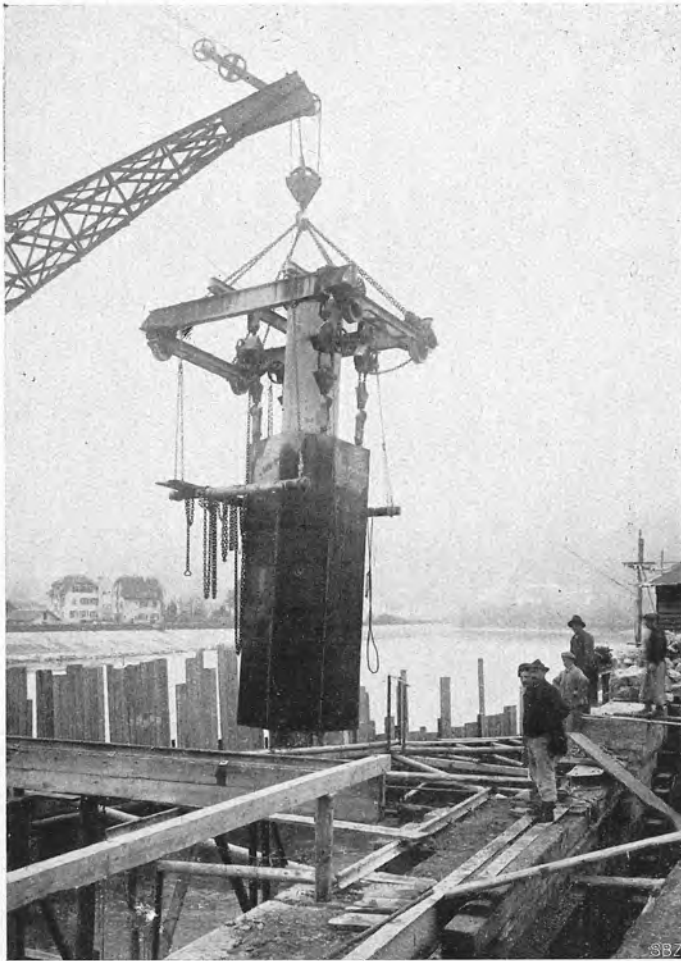


Abb. 19. Rollwagen mit Fugenschluss-Taucherglocke (8. XI. 15).

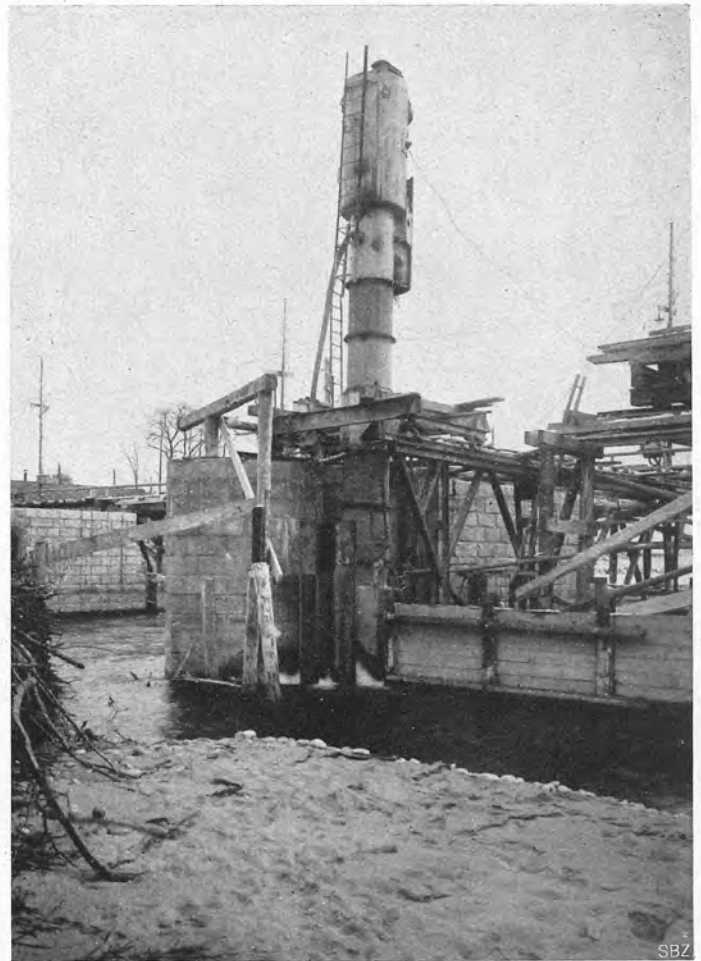


Abb. 20. Fugenschluss-Taucherglocke im Betrieb in Oeffnung 2 (27. III. 15).

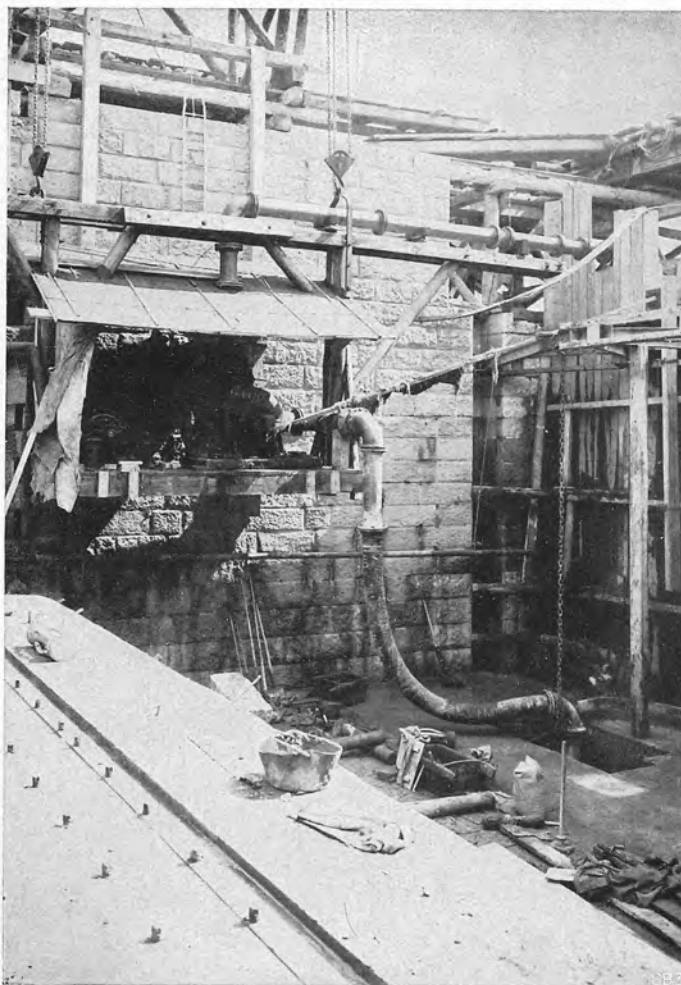


Abb. 18. Verkleiden der Schwelle 2, links hängende Pumpanlage (1. IV. 15).

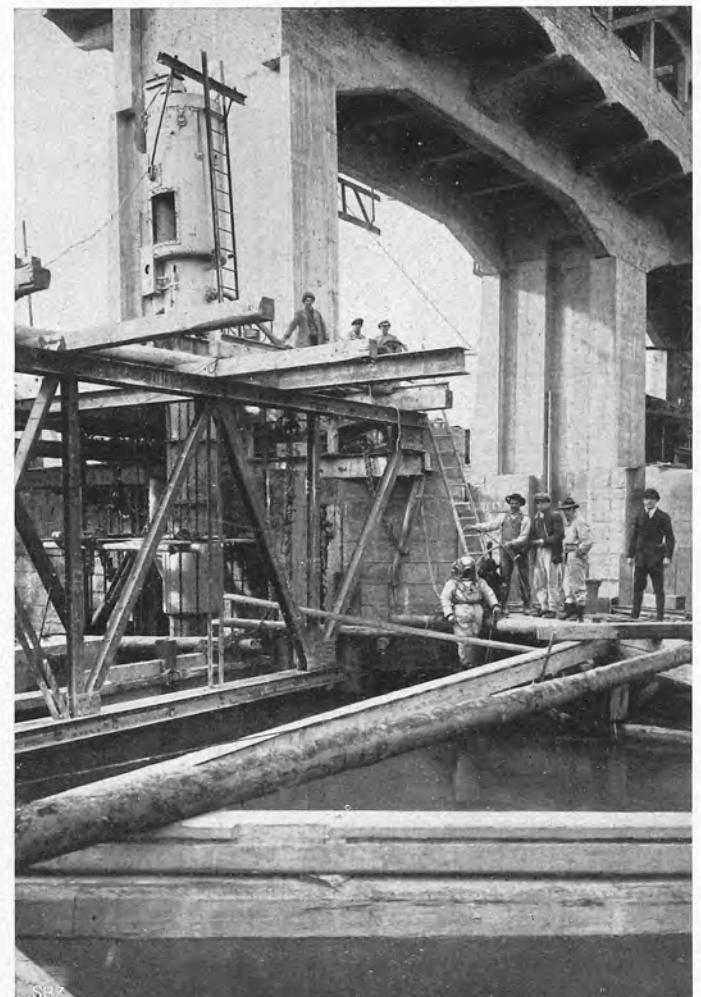


Abb. 21. Fugenschluss beendet, in Oeffnung 4 (16. III. 1916).

etwa 14,0 m unter normalem Niederwasser, bzw. 17,60 m unter den gestauten Wasserspiegel, während der obere Caisson 2,50 m weniger tief greift. Bei den Pfeiler-Caissons ist die Absenkung um 1,0 m geringer als bei den untern Schwellen-Caissons. Um aber unterwasserseits eine durchgehende Fundation auf die Tiefe der untern Schwellen-Caissons zu erhalten, wurde im Pfeiler-Caisson in der Richtung der untern Schwelle noch 1,0 m unter die Schneide abge-

von der Taucherglocke aus die untere horizontale Eisenarmierung zur Verbindung des obern und untern Schwellen-Caissons in deren entsprechenden Eisen eingehängt und einbetoniert werden (Abb. 11 u. 12). So war die Baugrube nicht nur seitlich, sondern auch nach unten abgedichtet und konnte durch Pumpen trocken gelegt werden, worauf die Granitverkleidung, die Stahlplatte der Schützenauflagerung und die seitlichen Laufbahnen der Schützen planmäßig eingebracht

werden konnten (Abb. 17 und 18).

Besonderer Wert musste beim vorhandenen Kiesgrund auf die Fugen-Verschlüsse zwischen Pfeiler- und Schwellen-Caissons gelegt werden, um Durchsickerungen durch diese und damit Ausspülungen von Sand unter dem Schwellen-Mittelstück zu verhindern. Während gewöhnlich diese Fuge unter dem Schutze von Spuntbalken ausgehoben und durch Schüttung unter Wasser ausbetoniert wird, wobei der Wasser-

Durchfluss nie ganz verhindert werden kann und also kein guter Beton entsteht, erschien dieses Verfahren hier als ungenügend. Es wurden daher im Aufbau sowohl der Pfeiler- wie der Schwellen-Caissons trapezförmige Aussparungen gemacht (Abb. 12); mit einem kleinen sechseckigen mobilen Caisson wurden dann diese Aussparungen ausgeräumt und ausbetoniert. Auf diese Weise erhielt man in der Fuge einen solid erstellten und dichten Zapfen, der beidseitig sowohl in den Pfeiler wie in die Schwelle eingreift (Abb. 19, 20 und 21).

Dienststeg.

Die sonst übliche Ausführung eines eisernen Dienststeges in Fachwerk-Konstruktion mit den Blechkasten zum

schachtet. Die Caissons der Ufermauern und der beiden Oeffnungen rechts bestehen aus armiertem Beton, die übrigen, die im Flussbett abgelassen werden mussten, aus Eisen. Pfeiler und Schwellen sind in Zementbeton und mit Quadern aus Kalk- und Granit-Steinen verkleidet. Unterwasserseits sind die Pfeiler so ausgebildet, dass später darüber eine Brücke für ein Industriegeleise gelegt werden kann.

Um den Zusammenhang des Mauerwerkes im Pfeiler trotz dessen Schwächung durch die Schützennischen einwandfrei zu sichern, ist dieses in der fraglichen Zone durch vertikale und horizontale Eisen armiert (Abb. 12 Seite 8). Ebenso ist zum sichern Verbande der obern mit den untern Schwellencaissons im Abfallboden eine doppelte horizontale Rundeisenarmierung eingelegt worden (Abbildungen 11 und 12).

Die Ausführung der Schwelle erfolgte in der Weise, dass nach Absenkung der Pfeiler vorerst der obere und der untere Schwellencaisson versenkt wurden (Abb. 13 bis 16). Auf diesen Caissons war die provisorische Abschlusswand aus eisernen Ständern mit eingelegtem kurzem Dammbalken vor der Absenkung bereits aufgesetzt. Nach erfolgter Abdichtung der Fuge zwischen Pfeiler und Schwelle war beabsichtigt, das mittlere Schwellenstück, den sogen. Abfall-Boden, in offener Baugrube unter Wasserhaltung auszuführen. Der Wasserzudrang von unten durch den Kiesgrund war aber bei einem Wasserüberdruck von rd. 8,0 m so stark, dass der Sand mitgerissen wurde und eine allzustarke Auflockerung des Untergrundes befürchtet werden musste, wodurch den Durchsickerungen unter dem Wehr Vorschub geleistet worden wäre. Es wurde daher in der allseitig geschlossenen Baugrube das mittlere Schwellenstück mittels eines beweglichen Caissons (Taucherglocke) pneumatisch bis 2,0 m Stärke erstellt. Hierbei musste auch



Abb. 27. Bau des Dienststeges: über Oeffnung 1 vollendet, in Oeffnung 2 und 3 Verschalungsgerüst. (16. XII. 1915.)



Abb. 26. Verschalungsgerüst für die Tafel des Dienststeges über Oeffnung 2 und 3. (15. XI. 1915.)

Schutze der Windwerke wirkt meist unschön, abgesehen davon, dass das Bedienungspersonal vollständig den Unbilden der Witterung ausgesetzt ist. Um diese Nachteile zu vermeiden und der Konstruktion ein gefälliges Aussehen zu geben, ist eine gedeckte Brücke, nach Art der alten gedeckten Holzbrücken, in armiertem Beton erstellt worden.

Die Tragkonstruktion dieser rd. 100 m langen Brücke ist als kontinuierlicher Träger auf Pendelstützen ausgebildet. Die vier Öffnungen links sind durch zwei kontinuierliche Doppel-Träger, die je über zwei Öffnungen reichen, die Öffnung rechts durch einen Doppel-Träger überbrückt; der letztere ist zwecks Verminderung des Biegemomentes in der Mitte durch ein uferseitig angehängtes Gegengewicht entlastet. Dieser über das rechte Widerlager auskragende Teil mit angehängter, nicht fundierter Mauer lässt zugleich eine Durchfahrt unter dem Wehrsteg frei, von wo aus mit dem Wehrkran Lasten auf den Steg gehoben werden können.

Die beiden Tragbalken haben also auf dem rechten Widerlager, dem zweiten und dem vierten Flusspfeiler von rechts, feste Auflager, während die übrigen Auflager als Pendelpfeiler mit einer Trennungsfuge ausgebildet sind. Um die Pendelpfeiler, deren äussere Abmessungen durch die Schützenführungen bedingt waren, elastischer zu gestalten, sind sie hohl erstellt. Aus dem gleichen Grunde sind die vorspringenden Teile des Pfeilerquerschnittes, die die Schützenschneise bilden, durch horizontale Fugen mit Korkeinlage zerschnitten worden. Dieser gegliederte Pfeilerteil konnte demnach, weil leicht deformierbar, in der statischen Berechnung der Pendelstützen vernachlässigt werden (Abb. 22 bis 24). Entsprechend diesen Dehnungsfugen ist der weitere Aufbau in drei Abschnitte geteilt.

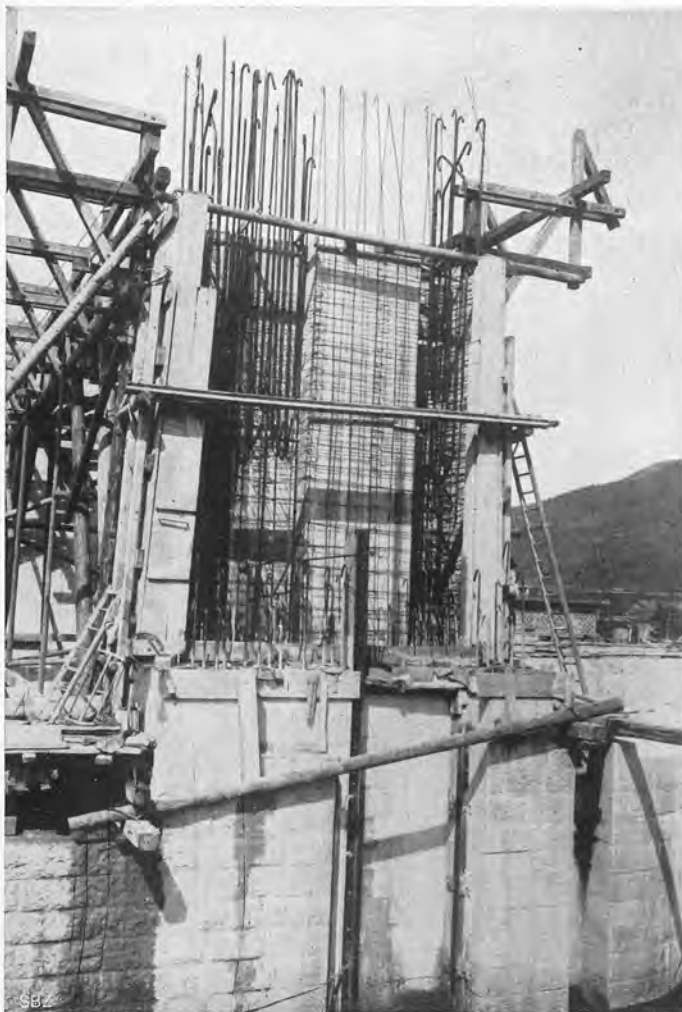


Abb. 23. Armierung der Pendelstütze auf Pfeiler II (9. VI. 1915).

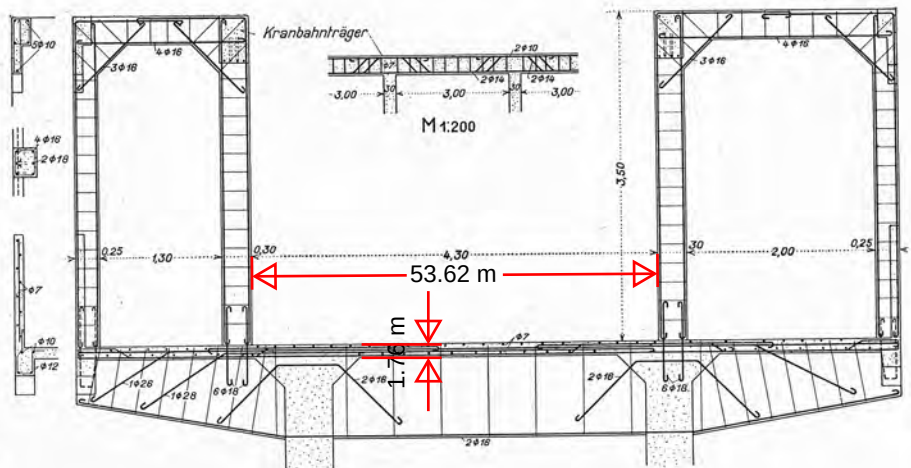


Abb. 25. Eisenbeton-Konstruktion des Dienststeges. — Querschnitt 1:80. Oben Längsschnitt des Kranbahnträgers, 1:200.

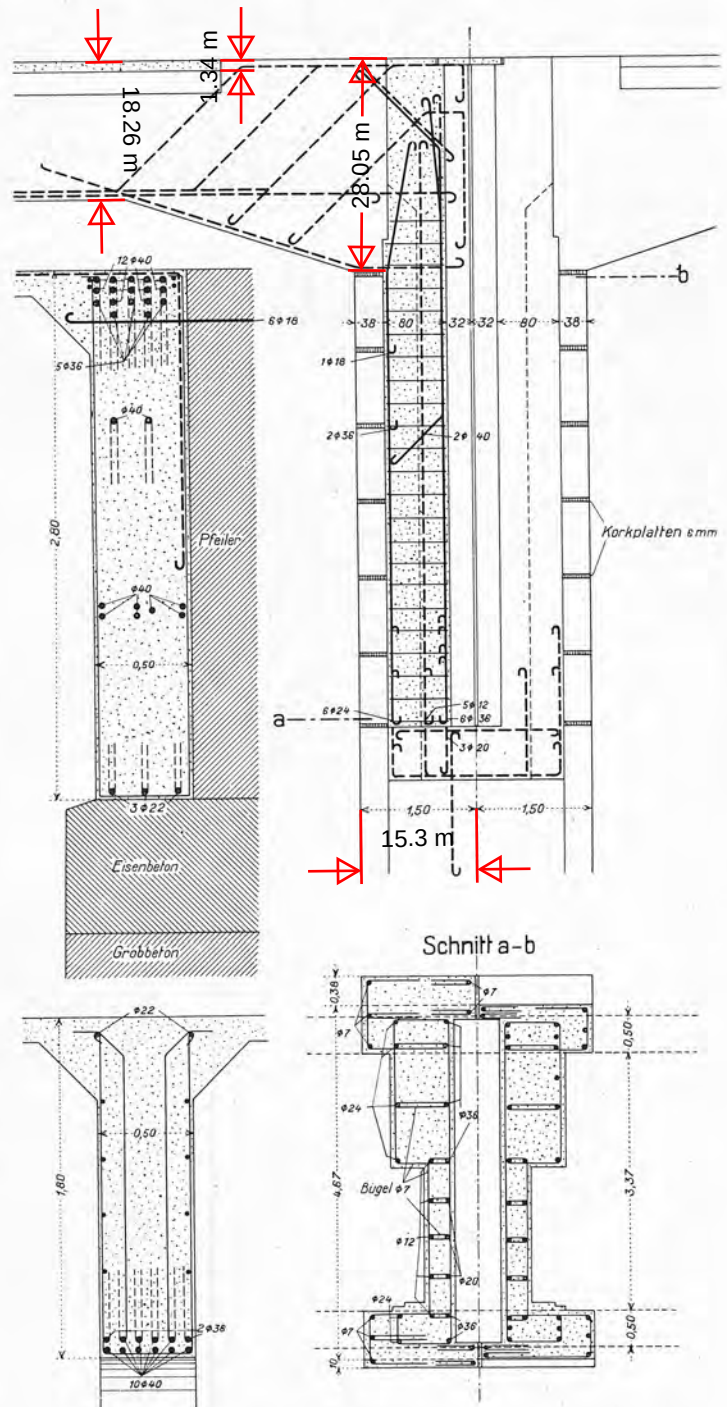


Abb. 22.

Links: Dienststeg-Tragbalken-Querschnitte (Auflager bzw. Mitte) 1:40. Rechts: Vertikal- und Horizontalschnitte der Pendelstützen, 1:100.

Die übrige Anordnung des Dienststeges ergibt sich aus dem Querschnitt Abb. 25. Die innere Ausbildung ist bedingt durch die Kranbahnträger zu dem für die Montage der Schützenwindwerke notwendigen 5 t-Kran und durch einen flussabwärts liegenden öffentlichen Durchgang von 2,0 m Breite.

Die beidseitigen Treppenvorbaue sind, weil sie in anderer Weise als der Wehrbau fundiert sind, von diesem durch Vertikalfugen getrennt. Im Treppenvorbau rechts befindet sich die Transformatorstation für den Kraftbedarf am Stauwehr und in jenem links ein Magazin und Aufenthaltssaal für das Wehrpersonal.

Der ganze Wehrsteg ist in roher, sauberer Schalung betoniert worden, ohne dass die Sichtflächen besonders bearbeitet worden wären.

Die Weherschützen.

Die zweiteiligen Abschlusschützen haben entsprechend der Stauhöhe über der Weherschwelle bei vier Schützen eine Höhe von 6,10 m, für den Grundablass links eine solche von 6,60 m und eine theoretische Stützweite von je 16,76 m. Zur Verringerung der Kolkgefahr an der Flusssohle und an den Ufern wurde, wie bereits früher erwähnt, die Regulierung des Oberwasserspiegels durch Ueberfall angestrebt. Die Schützen sind daher als sogenannte Doppelschützen ausgeführt. Es besteht die Möglichkeit, die obere Schütze bis 2,30 m abzusenken, womit ein entsprechender Ueberfall-Querschnitt frei wird (siehe Abbildungen 28 und 29, Stellung II). Bei vollständig abgesenkten fünf oberen Schützen können durch den Ueberfall 590 m³/sek abgeführt werden, sodass, mit den durch den Kanal fließenden 300 m³/sek, Hochwassermengen bis 900 m³ abgeführt werden können, ohne dass die Schützen gezogen werden müssen. Nur bei noch grösseren Hochwassern, die aber nur ganz kurze Zeit andauern, tritt dies ein. Bei dem dannzumal sich einstellenden Ueberdruck zwischen Ober- und Unterwasser von nur etwa 1,5 m ist aber auch die Gefahr der Auskolkungen eine viel geringere. Nach den bisherigen zweijährigen Betriebserfahrungen hat sich die Regulierung durch Ueberfall gut bewährt und sind oberhalb wie unterhalb des Stauwehres keine Kolkungen aufgetreten, die bei der vorhandenen Fundationstiefe irgendwelche besonderen Sicherungsarbeiten notwendig machten. Die mittlere, bald nach Inbetriebsetzung eingetretene Kolk-tiefe unterhalb des Wehres reicht nur bis 2,50 m unter Oberkant-Abfallboden, also 7,0 m über Schwellenfundament. Ebenso sind an den beidseitigen Uferböschungen vom Wehr abwärts keine Angriffe eingetreten, die eine Ergänzung des Uferschutzes erforderten.

In Abbildung 28 sind die verschiedenen Stellungen der beiden Schützen schematisch dargestellt. Bei Stellung I fließt alles Wasser durch den Kanal ab und schliessen beide Schützen die Wehroffnung bis zur vollen Stauhöhe

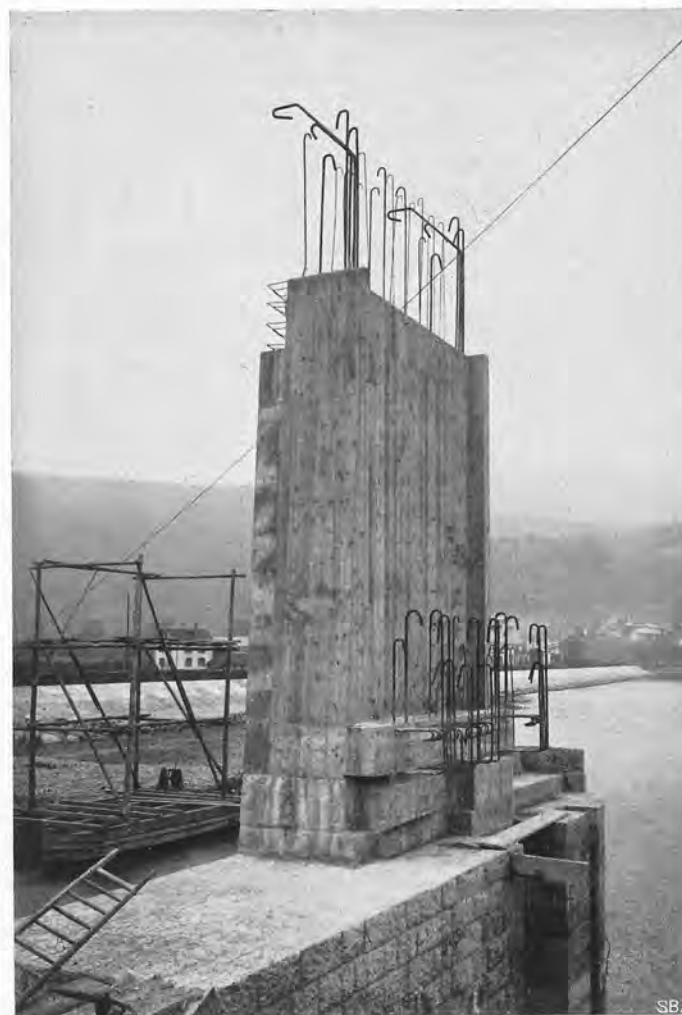


Abb. 24. Pendelstützen auf Pfeiler IV. Links: bis auf Kote 399,20 aufgeführt. Rechts: aus dem festen Pfeilerkopf vorragende Verankerungs-eisen für die Stütze gegen Oeffnung 4. (23. X. 1915.)

von Kote 391,30 ab, während bei Stellung II die obere Schütze vollständig hinter die untere abgesenkt ist, sodass der ganze Ueberfallquerschnitt frei wird. Selbstverständlich ist jede Zwischenstellung der oberen Schütze möglich, sodass der Stauspiegel genau auf der verlangten Höhe von Kote 391,30 innegehalten werden kann. Hat die obere Schütze die Endlage II erreicht und muss noch mehr Wasser durchgelassen werden, so können bei weiterem Drehen des Windwerkes in gleicher Richtung beide Schützen zusammen gehoben werden, wobei die obere Schütze von der untern durch einen Anschlag mitgenommen wird. Wenn notwendig, ist es möglich, die beiden Schützen in

dieser Lage bis 1,0 m über den gestauten Wasserspiegel zu heben, wie Stellung III der Abbildung 28, sowie Abbildung 30 zeigen. Soll aus irgend einem Grunde die untere Schütze gehoben werden, ohne dass die obere vorerst abgesenkt wird, ist es möglich, die beiden Schützen so gekuppelt hochzuziehen, wie Stellung IV zeigt (siehe auch Abbildung 31). Diese Bewegung kommt in Frage bei den temporären kurzen Spülungen, um die Beweglichkeit der unteren Schütze zu sichern und ein Versanden derselben zu verhindern. Die Stellung V ist eine Ausnahmestellung. Die obere Schütze ist für sich über den Stau gehoben, während die untere Schütze geschlossen bleibt, was bei Revisionen der erstern vorkommen kann. Die Höchstlage der Schützen bei Stellung III und IV ist durch einen automatischen Endausschalter festgelegt.

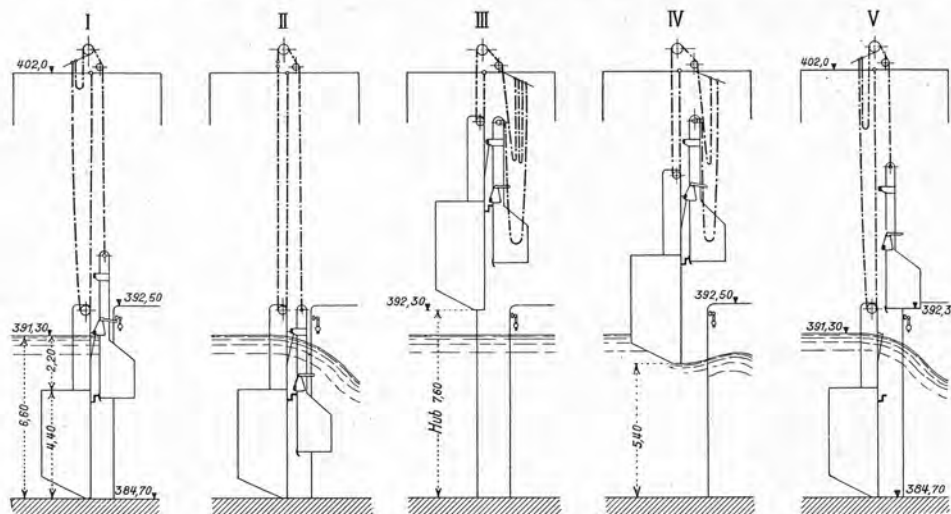


Abb. 28. Schematische Darstellung der verschiedenen Doppelschützen-Stellungen. — 1 : 300.

Um die Bewegung der beiden Schützen nebeneinander zu ermöglichen, ist die Fachwerkkonstruktion der untern Schütze flussaufwärts, jene der obern flussabwärts gerichtet (vergl. Abb. 29, 31 und 32). Die obere Schütze hat eine Blechabdeckung wegen des überströmenden Wassers und um das Eindringen von Schwemmsel in das Eisenfachwerk zu verhindern (Abbildung 30).

Als Auflager für die untere Schütze dient ein Kipp-
lager, das an dem Walzenlager frei anliegt. Die Walzen

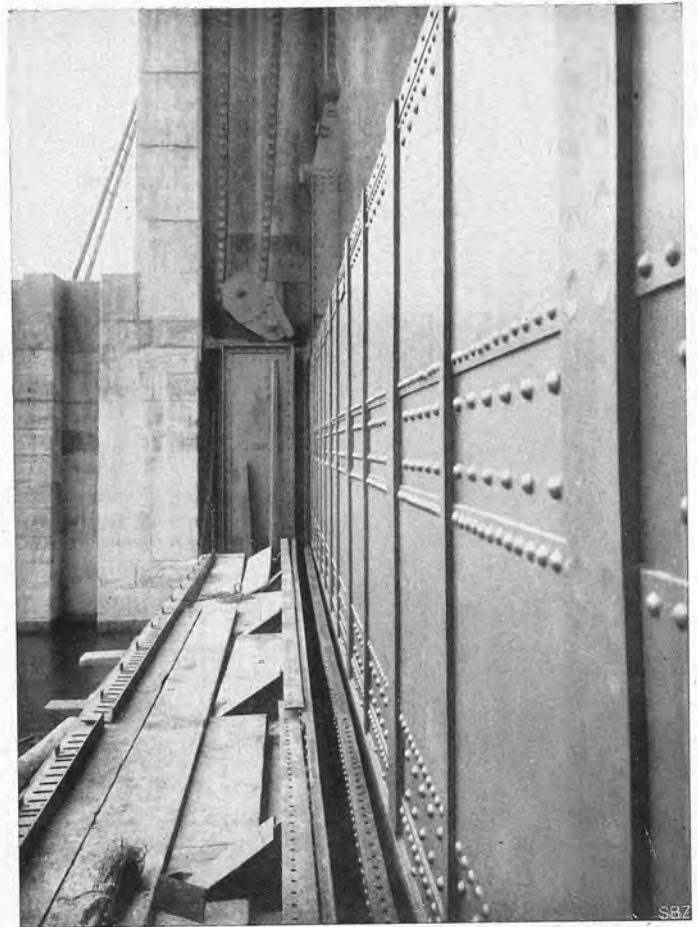
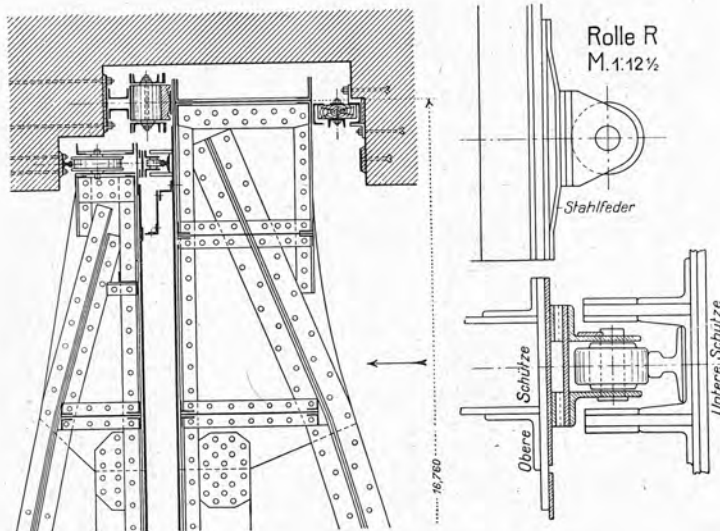
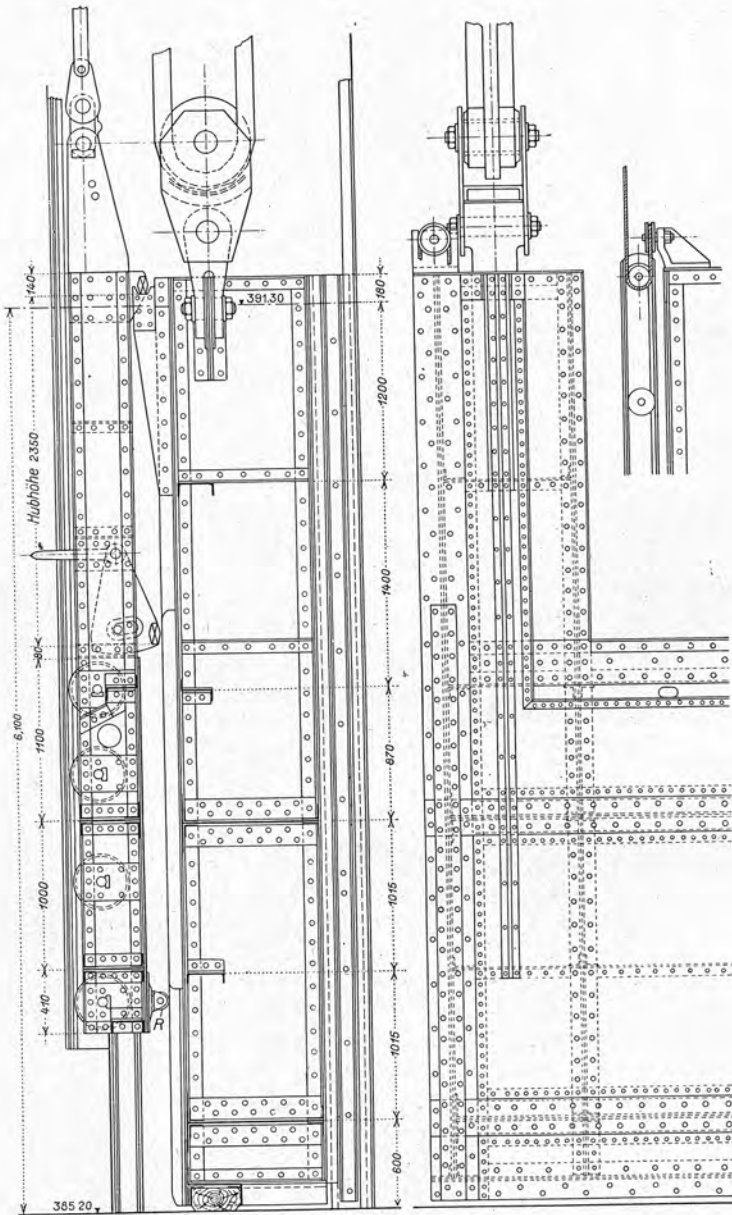
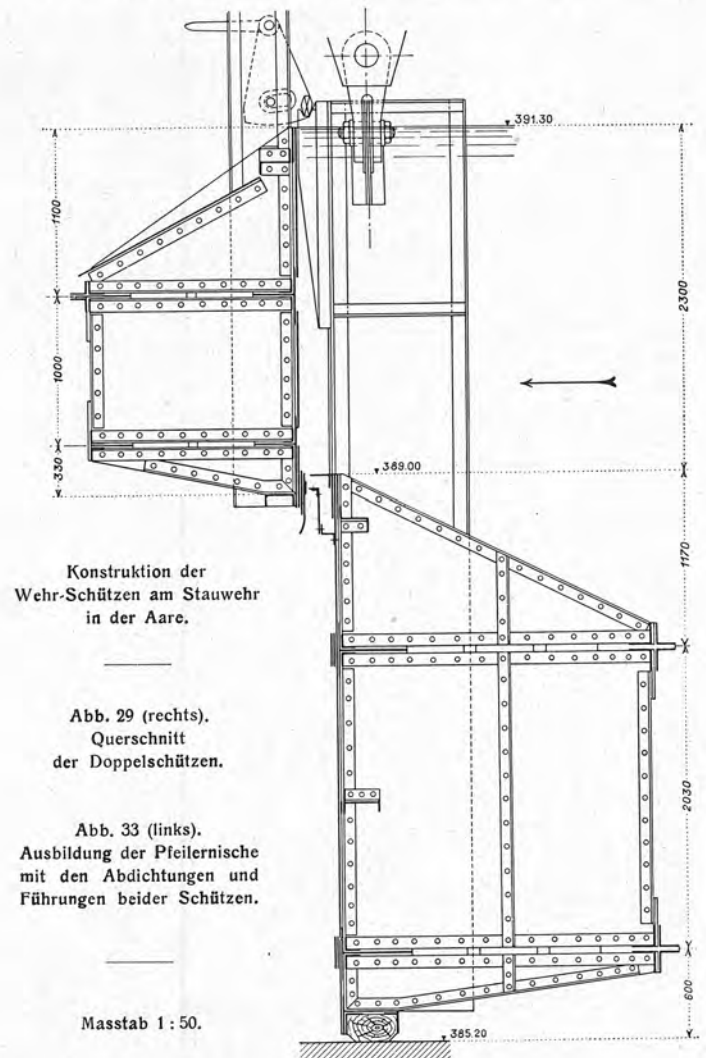


Abb. 34. Dichtungsfugen von der Oberwasserseite (Stellung I) vor Einschrauben der federnden Dichtungsbleche; rechts die Stauwand der obern Schütze.



Konstruktion der Wehr-Schützen am Stauwehr in der Aare.

Abb. 29 (rechts). Querschnitt der Doppelschützen.

Abb. 33 (links). Ausbildung der Pfeilernische mit den Abdichtungen und Führungen beider Schützen.

Masstab 1 : 50.

laufen auf der in der Pfeilernische am Mauerwerk befestigten Laufschiene und übertragen so den Druck auf den Pfeiler (Abbildung 33.) Der Walzenwagen und dessen Aufhängung entsprechen den üblichen Ausführungen. An der obern Schütze sind Laufrollen befestigt, die sich auf einer zweiten Laufschiene in der Pfeilernische bewegen. Ferner ist an deren unterem Ende eine Gegenrolle (*R*) angebracht zur Führung gegenüber der untern Schütze, die ebenfalls mit einer entsprechenden Laufschiene versehen ist (Abbildung 33).

Was die Dichtung der Schützen anbelangt, so ist sie gegenüber dem Mauerwerk bis über den gestauten Wasserspiegel in Verbindung mit der untern Schütze durchgeführt. Zu diesem Zwecke ist das beidseitige kastenförmige Ende der untern Schütze entsprechend verlängert, an welcher Verlängerung auch die Aufhängung der ganzen Schütze befestigt ist. Die Seitendichtung erfolgt mittels einer an der Schütze lose angehängten Holzleiste, die zwischen zwei $\square$ -Eisen liegt, von denen das eine an der Oberwasserseite der Schütznische, das andere ihm gegenüber an der Schütze befestigt ist. Durch den Wasserdruck wird das Holz an die Flanschen der beiden Eisen gepresst (Abbildung 33). Infolge dieser Anordnung braucht die obere Schütze nur gegen die untere abgedichtet zu werden. Diese Dichtung geschieht sowohl in der vertikalen als auch in der horizontalen Fuge durch ein an der untern Schütze befestigtes Z-förmiges, federndes Blech, das durch den Wasserdruck an eine Dichtungsleiste an der obern Schütze anschlägt. Gegen die Wehrschwelle ist die untere Schütze durch einen an der Schütze befestigten, auswechselbaren Balken aus Eichenholz abgedichtet, der auf einer im Schwellenkörper verankerten Stahlplatte aufruht (Abb. 28, 33 und 34). Nach den bisherigen Betriebserfahrungen haben sich die sämtlichen Dichtungen sehr gut bewährt; bei allen fünf Wehröffnungen zusammen erreicht der Wasser-

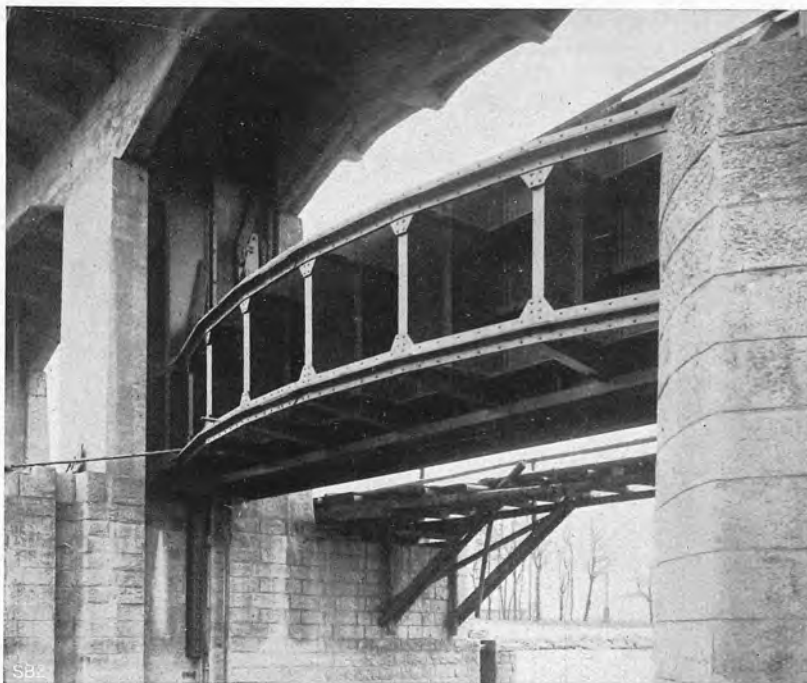


Abb. 32. Untere Schütze von der Oberwasserseite, in Stellung III.

Verlust die im Lieferungsvertrag festgesetzte maximale Menge von 800 l/sek bei weitem nicht.

Wie bereits erwähnt, ist es möglich, die obere und die untere Schütze derart mit einander zu verriegeln, dass sie als eine geschlossene Schütze hochgezogen werden können (nach Abbildung 28 aus Stellung I in Stellung IV). Die Verriegelung erfolgt automatisch; soll sie eingeschaltet werden, so ist zunächst die obere Schütze um etwa 10 cm über ihre Normalstellung hochzuziehen, wie in Abbildung 35 auf folgender Seite dargestellt. Der Zeiger der Pendelkonsole an der obern Schütze schlägt hierbei an das Mauerpendel

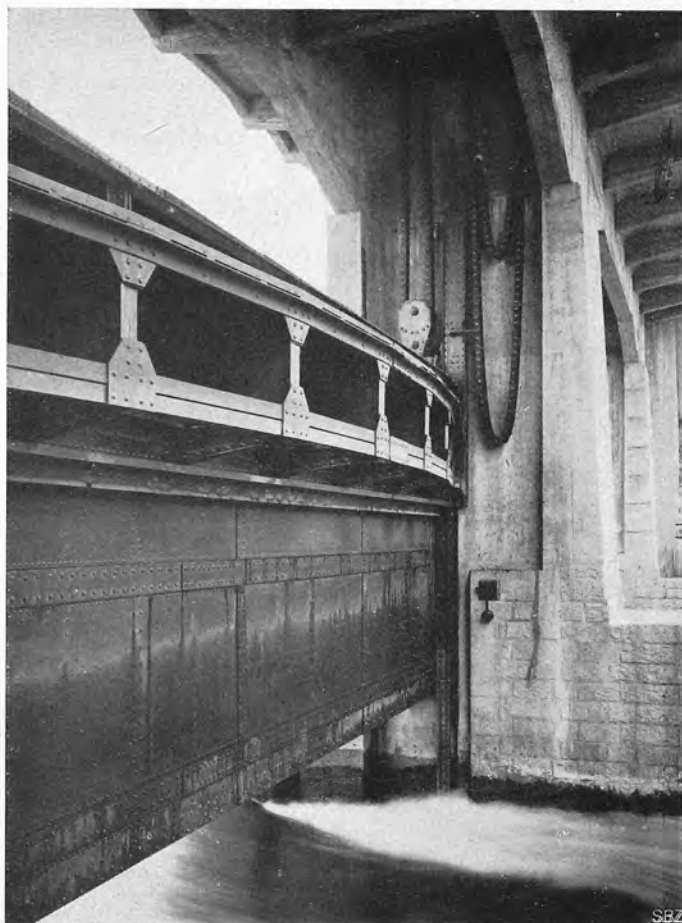


Abb. 31. Doppelschütze gehoben, in Stellung IV.

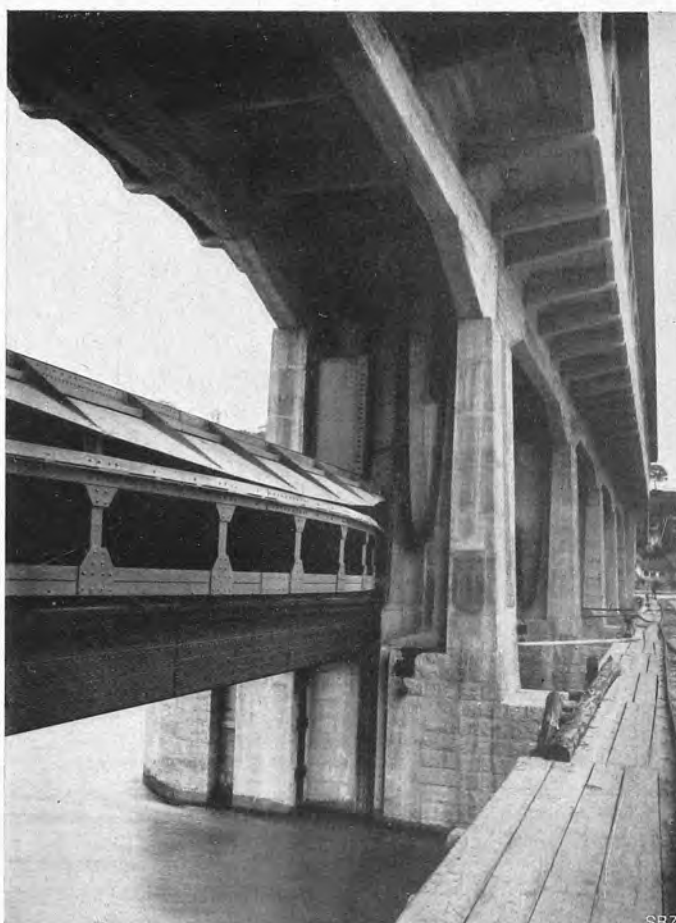


Abb. 30. Doppelschütze von der Unterwasserseite, in Stellung III.

mit Gegengewicht an und die Konsole wird dadurch aus der Schütze herausgedreht. Wenn beidseitig die Pendelkonsolen ausgelegt sind, so erfolgt beim Ablassen der obern Schütze das Einriegeln in den entsprechenden Ausschnitt der vorspringenden Nase an der untern Schütze (Abbildung 29 oben). Soll umgekehrt die eingehängte obere Schütze entriegelt werden, so ist sie zunächst 20 cm über Normalstellung zu heben, sodass der Zeiger der Pendelkonsole der Schütze über das Mauerpendel zu stehen kommt. Wird sie nun wieder abgelassen, so schlägt der Zeiger ihrer Pendelkonsole auf das Mauerpendel, wodurch die Konsole in die Schütze zurückgedreht wird und ohne anzuschlagen neben der Nase an der untern Schütze vorbeigleitet.

Windwerke.

Die Bewegung der obern und der untern Schütze erfolgt durch das gleiche Windwerk nach Patent der A.-G. Alb. Buss & Cie. in Basel, und zwar ohne Gegengewicht. Dabei ist die Gall'sche Kette nicht fest an der untern Schütze befestigt, sondern um eine lose Kettenrolle geführt, die gelenkig mit der Schütze verbunden ist. Ein Schutzkorb sichert die Kette beim Loswerden gegen Herausfallen (vergl. Abbildungen 33 und 35). Die Kette, deren festes Ende am Windwerkrahmen hängt, läuft von da herunter über die Kettenrolle und hinauf über das gezahnte Kettenrad im Windwerk, dann über eine Ablenkrolle zur obern Schütze (siehe die Abbildungen 30 und 31 auf Seite 15). Ihre Länge ist so bemessen, dass zuerst die obere Schütze gesenkt und erst nach vollständiger Freilegung der Ueberfallöffnung die Ketten zur untern Schütze angezogen sind und bei weiterm Drehen in der gleichen Richtung beide Schützen gehoben werden, wobei die obere Schütze durch einen Anschlag an der untern mitgenommen wird. Die überschüssige Kettenlänge wird dabei durch eine Aufhänge-Vorrichtung aufgefangen, wie auf Abbildung 28 schematisch dargestellt ist. Das Gewicht einer normalen Schütze einschliesslich aller Armaturen und Aufhängung beträgt 78 t,

Bei der vorliegenden Aufhängungsart der Schütze mit der losen Rolle ergibt dies für das Windwerk eine Umfangskraft von 76 t bzw. 86,5 t. Der Antrieb der Kettenachsen erfolgt durch je ein Pfeilradgetriebe und zwei weitere Stirnradpaare (Abb. 36 und 37). Die Rahmen der Windwerke stützen sich direkt auf die Hauptträger des Steges.

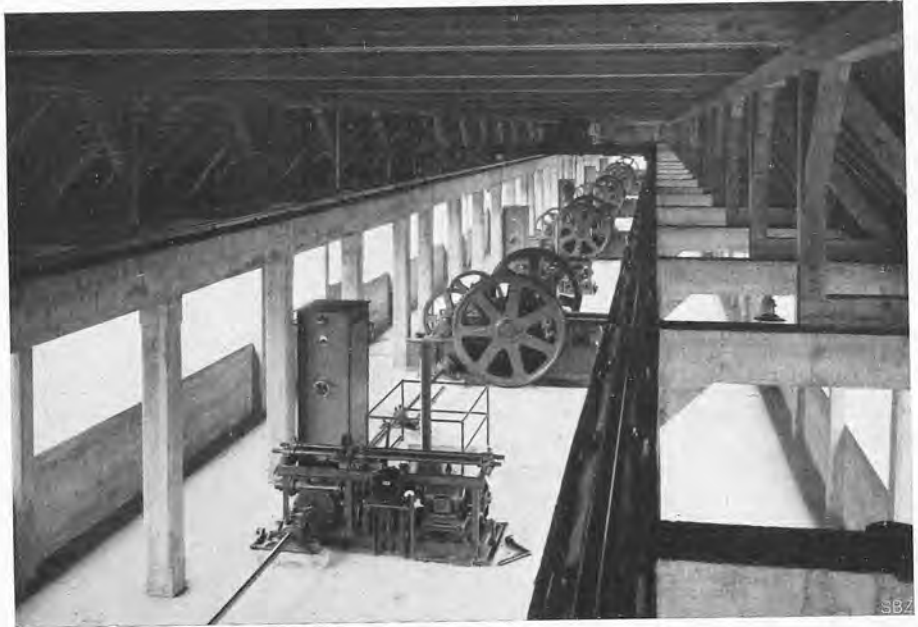


Abb. 37. Blick in den Bedienungsteg mit den Windwerken der Schützen.

Die Windwerke sind für elektrischen und für Hand-Betrieb eingerichtet; jedes ist mit einem stationären Motor von 25 PS ausgerüstet, der auf ein Schneckengetriebe treibt. Vermittelt einer durchgehenden Welle, die in der Mitte durch das Schneckenrad angetrieben wird, sind die beidseitigen Antriebe einer Schütze gekuppelt, sodass ein gleichmässiges Hochziehen der letzteren stattfindet. Bei einer Drehzahl des Motors von 750 Uml/min beträgt die Hubgeschwindigkeit der Wehrschütze 37,5 bei der normalen, bzw. 32,8 cm/min bei der Grundablass-Schütze. Der Reserve-Handantrieb ist für vier Mann vorgesehen, und zwar mit zwei verschiedenen Geschwindigkeiten; dabei wird mit 26 Kurbel-Umdrehungen in der Minute eine Hub-

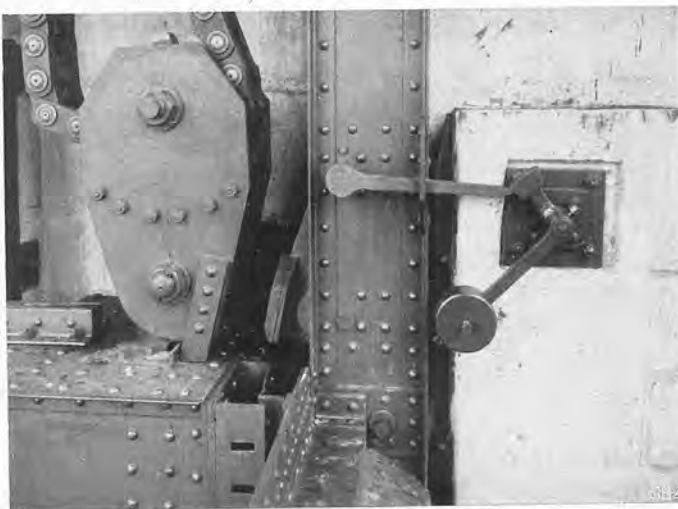


Abb. 35. Automatische Kupplung. Obere Schütze um 10 cm gehoben, zum Einhängen in die obere Stellung (auf Staukote).

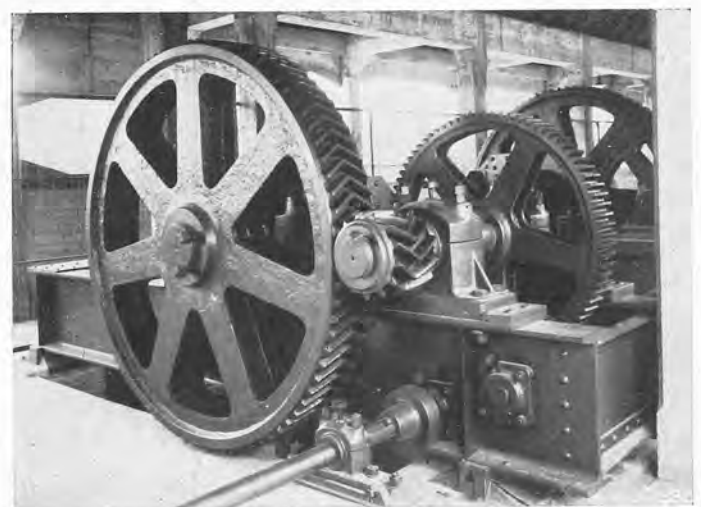


Abb. 36. Antrieb der Kettenachsen für die Gall'schen Ketten der Stauwehr-Schützen.

jenes der Schütze des Grundablasses 87 t. Für die erforderliche Zugkraft der Windwerke kommen noch hinzu die Reibung bei den Dichtungen, die rollende Reibung, der Wasserdruck und die zufälligen Widerstände, wie Vereisung und Versandung, sodass die gesamte Zugkraft zu 152 t, bzw. 173 t für den Grundablass berechnet wurde.

geschwindigkeit von 1 cm/min für die ganze Schütze oder von 3 cm/min für die obere Schütze allein erreicht. Beim Einrücken des Handantriebes wird der Stromkreis des Motors automatisch unterbrochen.

An mechanischen Sicherheitsvorrichtungen sind vorhanden: eine Reibungskupplung auf der Motorwelle, eine

Hubbegrenzung, eine Bremse mit elektromagnetischer Lüftung und je ein Indikator zum Anzeigen der Schützenstellung. In einem besonderen, mit Blech verschalteten Häuschen sind für jeden Motor ein Anlass- und Umkehrsteuerkontroller nebst Sicherungen und Ampèremeter untergebracht (Abb. 37).

Zur Montage der Windwerke ist im gedeckten Dienststeg (Abbildung 37) ein gewöhnlicher Laufkran von 5 t Tragkraft mit hochliegender Kranbahn eingebaut. Das Heben geht elektrisch vor sich, während die übrigen Bewegungen von Hand erfolgen. Die Kontaktleitung ist am Dachstuhl befestigt. Mit dem Kran können die Lasten direkt ab dem Wagen durch eine Oeffnung im Vorbau rechts des Dienststeges hochgehoben werden.

Fischtrappe.

In der linksseitigen Ufermauer (Grundriss Abb. 9, rechts) ist eine *Fischtrappe System „Denil“* eingebaut.¹⁾ Die maximale Höhendifferenz von 6,0 m vom Unter- ins Oberwasser ist nicht in einer Stufe überwunden worden, sondern es sind die Stufen von 1,50 m Höhe durch Zwischenbassin von 2,50 m Länge unterbrochen. Die Stufen haben eine Neigung von 35%, die eigentliche Treppenkonstruktion ist in Gusseisen erstellt. Diese Fischtrappe scheint sich gut zu bewähren, ist doch zur Zeit des sogenannten „Fischzuges“ wiederholt beobachtet worden, dass in jedem Zwischenbassin schätzungsweise bis über 50 kg Fische sich befanden; hierbei konnte von Auge einwandfrei das Ueberwinden der Treppe durch Fische in rascher Reihenfolge beobachtet werden. Das richtige Funktionieren der Fischtrappe ist jedenfalls auch darauf zurückzuführen, dass der Talweg des Flusses dem linken Ufer entlang führt und daher der untere Zugang zur Treppe ohne weiteres gegeben ist.

Das Einlaufbauwerk des Oberwasser-Kanals.

Am linken Ufer, 30 m oberhalb des Stauwehres beginnt der 90 m weite Kanaleinlauf mit der anschliessen den 3,0 m weiten Kahneinfahrt (Abb. 38, 39, 44 u. 45). Die Einlaufschwelle liegt 1,50 m höher als die Wehrschwelle in der linksseitigen Grundablassöffnung. Bei einem Durchfluss von 350 m³/sek beträgt die mittlere Geschwindigkeit des Wassers durch den Einlauf 75 cm. Die Einlaufschwelle ist bis 10,30 m unter dem gestauten Wasserspiegel mittels Betoncaisson fundiert. Bis in etwa 23,50 m Entfernung von den Einlaufschützen ist die Sohle des Einlaufbeckens mit einer Betonplatte abgedeckt. Dieser Schutz war insbesondere im Hinblick auf den Vorgang bei Kanalfüllungen als Uebergang von der Einlaufschwelle zur 1,0 m tiefen normalen Kanalsohle notwendig. Am Ende dieser Sohlenpflasterung ist zum Schutze gegen Kolkungen noch ein 5,0 m breiter Steinwurf eingebracht (Abbildung 40). Die Ausführung der Foundation erfolgte in der Weise, dass vorerst die Schwellencaissons mit aufgesetzter provisorischer hölzerner Abschlusswand abgesenkt wurden. Im Schutze dieser Wand wurde die Einlaufsohle anschliessend an die Schwelle in offener Baugrube unter Wasserhaltung mit den Aussparungen für die Joche erstellt (Abb. 42). Zur weiteren Sicherung vor Hochwassereinbrüchen blieb gegen den Oberwasserkanal am Ende der Einlaufschwelle ein Erdkern stehen (Abbildung 42 rechts). Dieser wurde erst entfernt, nachdem die Kanaleinlaufschützen fertig eingesetzt waren (Abb. 43).

Die lichte Weite des Kanaleinlaufes wird durch 15 Gleitschützen von 6,0 m Axtdistanz abgeschlossen. Die Schützen und Führungsgerüste sind für einen Wasserdruck von 5,10 m berechnet, der bei aufgestauter Aare und leerem Kanal eintritt. Je drei Oeffnungen sind zusammengefasst und werden durch ein Hauptjoch (Abb. 40 und 44) abgestützt. Die zwei dazwischen stehenden sekundären Joche (Abb. 41) stützen sich oben gegen einen Horizontalträger, der ausbetoniert ist und als öffentlicher Gehsteig dient. Die sekundären Joche sind ebenfalls ausbetoniert (Abbildung 44).

¹⁾ Vergl. Beschreibung dieses Systems in Band LV, Seite 92 (vom 12. Februar 1910) der «Schweizer. Bauzeitung». Red.

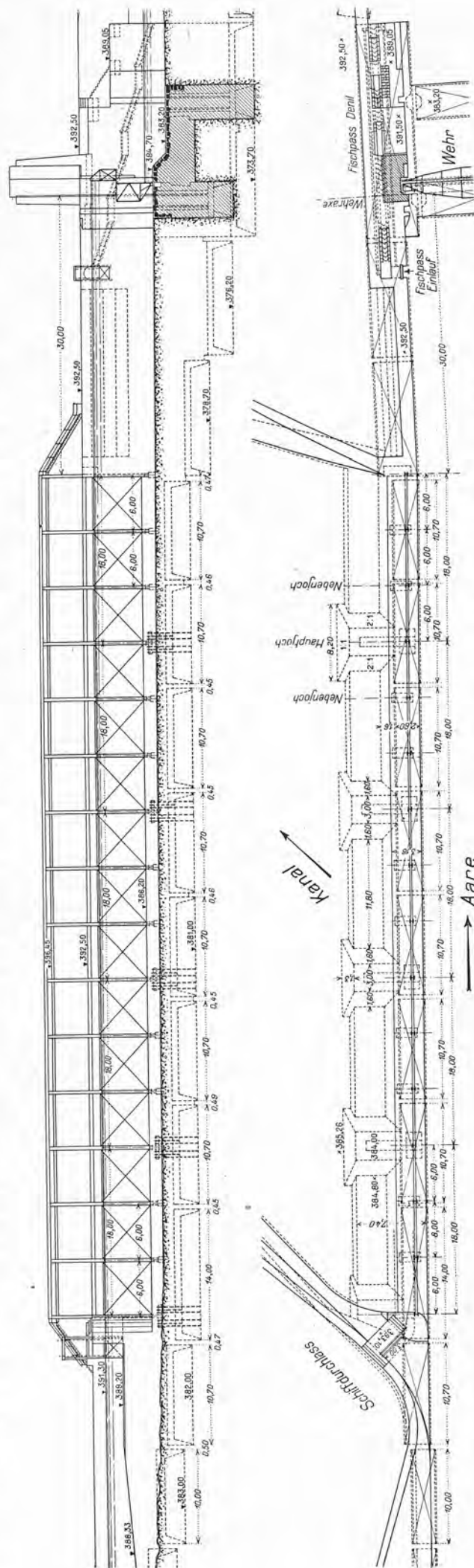


Abb. 33 und 39. Grundriss und Aufriss des Kanal-Einlaufbauwerks; rechts Schnitt durch Oeffnung 5 („Grundablass“) des Stauwehres (vergl. Abb. 8 und 9 auf Seite 6). — Masstab 1:600.

Oberhalb des Gehsteges, auf Kote 396,45, befindet sich der eigentliche Bedienungsteg mit einem Geleise für die Motorenwagen zum Antrieb der Schützenwindwerke (Abbildungen 44 und 45).

Links des Einlaufes ist der 3,0 m breite Schiffsdurchlass, dessen Schwelle 2,10 m unter dem gestauten Wasserspiegel liegt und bei dem die Abschlusschütze bis 1,50 m über Wasser gezogen werden kann (vergl. Abbildungen 38 und 39, Seite 17).

Die Kanaleinlaufschützen können bis über den gestauten Wasserspiegel gezogen werden, dienen aber bei entsprechendem Absenken auch als Tauchwand vor dem Kanaleinlauf. Ihre Dichtung wird durch Bronzeleisten an den Schützen und gehobelte Gleitleisten an den Jochen erreicht.

Die Schützen sind durch zwei Leiterzahnstangen an die Windwerke aufgehängt. Da es bei einer Kanalfüllung und aufgestauter Aare nicht nötig ist, alle Schützen auf einmal zu ziehen, so sind nicht alle



Abb. 44. Einlauf-Bauwerk des Oberwasser-Kanals, vom leeren Kanal aus gesehen.

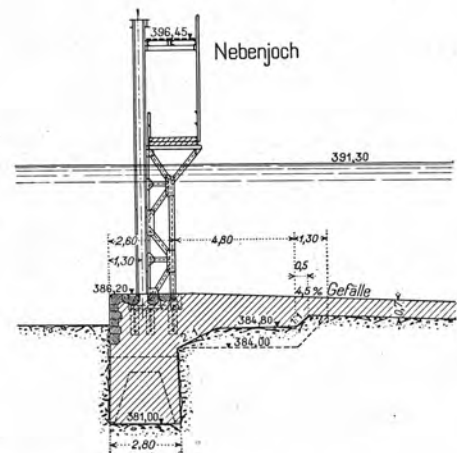
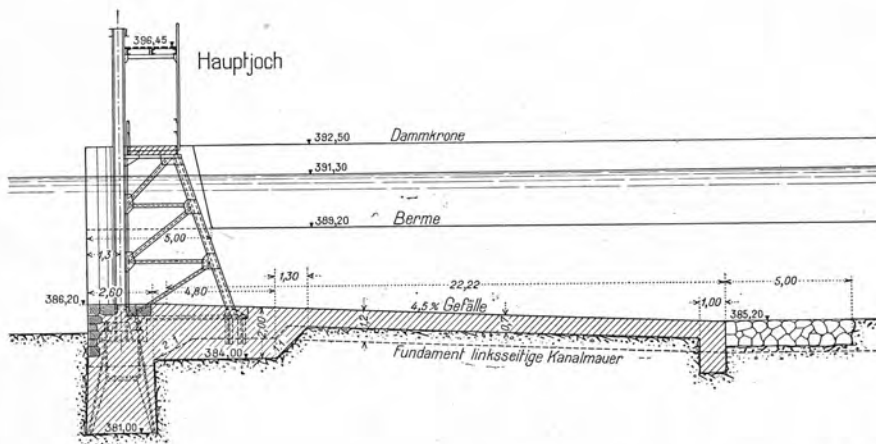


Abb. 40 und 41. Hauptjoch und Nebenjoch des Kanal-Einlaufbauwerks und Schnitt durch die Schwelle. — 1:300.

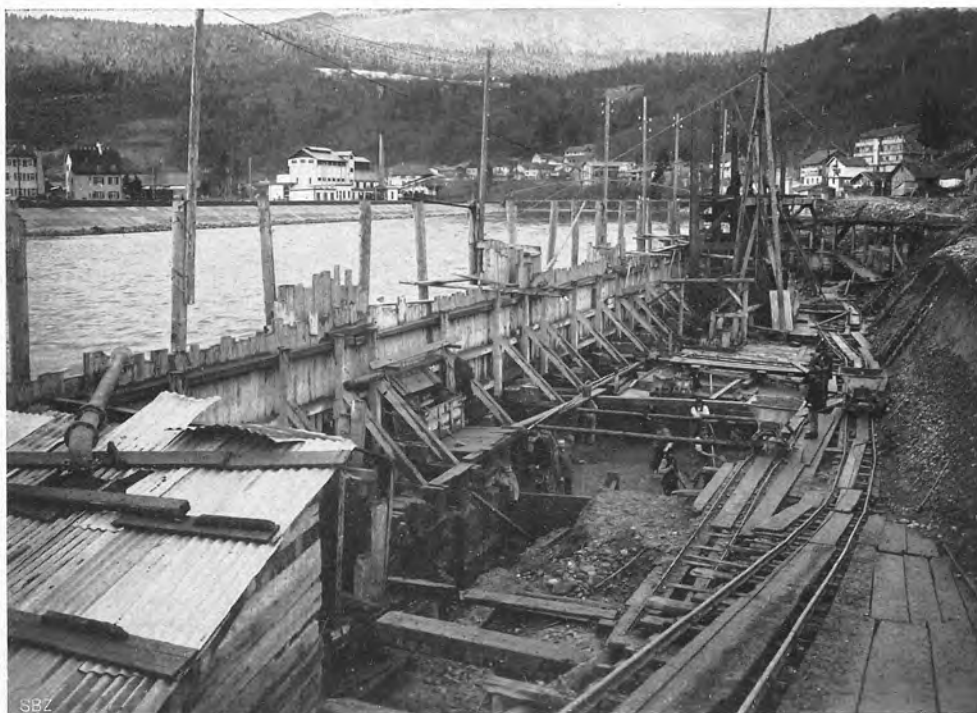


Abb. 42. Fundament-Aushub der Einlauf-Schwelle.

Aufzugsmechanismen für den vollen Wasserdruck gebaut; die Zahnstangen und Windwerke sind vielmehr nur bei fünf Schützen, nämlich bei jeder mittleren eines Dreierfeldes, für den vollen einseitigen Wasserdruck, d. h. für 36 t Zugkraft, bei den übrigen zehn nur für einen maximalen Wasser-Überdruck von 1,0 m, d. h. für 18 t Zugkraft berechnet.

Für den Antrieb werden zwei fahrbare Motorwagen verwendet, die an jedes Windwerk angeschlossen werden können. Bei einem Motor von 10 PS und 1000 Uml/min beträgt die Hubgeschwindigkeit bei den mittleren Windwerken eines Feldes 21 cm, bzw. 42 cm/min für die übrigen. Die Schützen können auch von Hand bewegt werden. Bei Handantrieb mit zwei Mann Bedienung beträgt die Hubgeschwindigkeit bei 24 Umdrehungen in der Minute 1,5 cm/min bei den mittleren Schützen, bzw. 3,0 cm/min bei den übrigen.



Abb. 43. Einsetzen der Schützentafeln am Kanal-Einlauf.
Schütze in höchster Stellung (27. April 1916).

Der Oberwasser-Kanal.

Auf die Gesichtspunkte, die bei der Wahl des Kanal-Tracé massgebend waren, soll hier nicht näher eingetreten werden; sie gipfeln darin, eine möglichst wirtschaftliche, gleichzeitig aber auch betriebsichere Wasserzufuhr zum Maschinenhaus, unter möglichster Schonung des kultivierten Geländes und der bewohnten Ortschaften zu erreichen. Die Linienführung ist bereits unter „Allgemeines“, unter Hinweis auf die Uebersichtskarte Abb. 2 besprochen worden.

Die Gesamtlänge des Oberwasserkanales beträgt 4,80 km; das Sohlengefälle wurde entsprechend dem berechneten Wasserspiegelgefälle bei der maximalen Wasserführung von $350 \text{ m}^3/\text{sek}$ zu $0,013 \text{ ‰}$ in der oberen normalen Partie auf 3,2 km Länge und zu $0,023 \text{ ‰}$ in der übrigen mit reduziertem Querschnitt ausgeführten Felsstrecke gewählt.

Als Normalprofile kamen je nach den Untergrund- und Gelände-Verhältnissen drei Profiltypen zur Anwendung, und zwar von Km. 0 bis 2,5 ein Einschnittprofil, von Km. 2,5 bis 3,3 ein Profil mit Dammböschung und von Km. 3,3 bis 4,8 ein Einschnittprofil im Felsen.

In der Strecke des Einschnittprofils (Abb. 46, S. 20) besteht der Untergrund im wesentlichen aus Niederterrassen - Schotter, doch wurde der Kalkfelsen auf einer Strecke von etwa 500 m, insbesondere an der linksseitigen Böschung ebenfalls angeschnitten. Dieser Schotter lieferte ein gutes Beton-Material. Abbildung 47, Seite 20 zeigt die auf dieser Strecke

zur Verwendung gelangte Sortieranlage für Kies und Sand mit gleichzeitiger Wäscherei. Die Schottermasse war meistens mit einer bis 1,5 m starken Schicht lehmhaltigen Sandes bedeckt, die mit dem Schotter vermischte ein gutes Dammmaterial bildete. Das Einschnittprofil hat eine Sohlen-Breite von 32,0 m und Böschungen $1:1,5$; 4,0 m über der Sohle wurde eine Berme von 1,0 m Breite angelegt. Die normale Wassertiefe beträgt 6,10 m und die mittlere Durchflusssgeschwindigkeit bei $350 \text{ m}^3/\text{sek}$ Wasserführung etwa $1,40 \text{ m}/\text{sek}$. Betonplatten, die unterhalb der Berme 20 cm, oberhalb derselben 15 cm stark sind, verkleiden die Böschungen (Abb. 48 und 49). Die an Ort und Stelle erstellten Platten haben eine Länge von je etwa 5,0 m und



Abb. 48. Kanalpartie bei Km. 9 bis 10 im Bau.
An der Böschung rechts Betonverkleidung unvollendet (26. XI. 15).

eine Breite von 2,0 bis 3,5 m. Durch die Unterteilung der ganzen Betonverkleidung in einzelne Platten ist diesen ermöglicht, Setzungen der Verkleidungsunterlage zu folgen. Ihre Erstellung ist von den Unternehmungen mit verschiedenen Installationen erfolgt. Es sei hier auf den in Abb. 49 dargestellten Aufzug hingewiesen, der von der Firma Buss & Cie. für die Verbringung des Betons von der Kanalsohle auf die Verwendungsstelle an der Böschung verwendet wurde. Bei sandigem Untergrund wurde die Beton-Verkleidung auf eine Kiesunterlage gelegt und ihr Fuss durch eine Vorlage aus Kieselsteinen oder Steinschroppen geschützt.



Abb. 45. Einlauf-Bauwerk des Oberwasser-Kanals des Kraftwerks Gösgen.



Mit Ausnahme der linksseitigen Böschung der Strecke von Km. 0,6 bis 1,40 waren auch in den Einschnitt-Partien Damm-Anschüttungen nötig, weil das natürliche Gelände zum Teil tiefer als der Kanalwasserspiegel liegt. Es kamen dabei gleichfalls anderthalbfüssige Böschungen zur Anwendung. Die Dammkrone ist 1,20 m über dem max. Stauwasserspiegel durchwegs horizontal mit einer normalen Kronenbreite von 4,0 m angelegt. Um zwi-



schen Untergrund und aufgeschüttetem Dammkörper keine glatte Berührungsfläche zu erhalten, die zu Durchsickerungen führen könnte, wurden nach sorgfältigem Abhub des Humus im Dammlager einzelne Furchen parallel zur Axe bis 1,0 m tief ausgehoben. Die Anzahl dieser Furchen oder „Zähne“ richtete sich nach der Dammhöhe. Ausser dieser Verzahnung ist dort, wo der Untergrund aus feinem Sand bestand, am landseitigen Dammfuss ein sogenannter Kiessporn bis in den gewachsenen Kies eingebaut worden, um ein Herausquetschen oder Ausfliessen des Untergrundes zu verhindern (Abb. 46); der grösseren Sicherheit halber ist hier die Kronenbreite von 4 bis auf 10,0 m vergrössert worden. Alle Dämme der Einschnitt-Strecke sind ohne besondere Vorkehren in Schichten von 50 cm angeschüttet worden. Lediglich hat man darauf gehalten, dass einzelne kopfgrosse Kieselsteine ausgelesen wurden und dass im Damm keine Kiesnester entstanden.

Am Fusse der Dämme wurden aussenseitig Entwässerungs-Graben erstellt zur Aufnahme des Grund- und Tagwassers aus dem Umgelände und

Diese Art der Dammherstellung wurde bis zu einem Wasserdruck von etwa 4,0 m über Terrain angewendet. Unterhalb Km. 2,5 fällt jedoch das Gelände sehr rasch auf Kanalsohle und sogar bis 2,50 m unter diese (Abbild. 50). Hier mussten die Dämme zur Erreichung einer guten Dichtung nach einem besonderen Normalprofil erstellt werden, das in Abbildung 51 dargestellt ist. Dieses Profil war



Abb. 53. Einschwemmen des Lehms für den Sporn des rechtsseitigen Damms bei Km. 3 (vergl. Abb. 51).



Abb. 55. Bespritzen des rechtsseitigen Damms bei Km. 3 etwa auf Kote 381,00 (vergl. Abb. 51).

linksseitig notwendig von Km. 2,3 bis 2,85, wo an das Hochbord angeschlossen werden konnte, und rechtsseitig von Km. 2,5 bis Km. 3,3. Der Untergrund in dieser Dammstrecke bestand bis zu 4,0 m Tiefe unter Terrain aus Schlamm-sand, der auf gutem kiesigen Material aufgelagert war. Um ein Ausquetschen oder Ausfließen des Schlamm-sandes zu verhindern, wurde dieser auf die Breite des ganzen Dammlagers bis auf den Kiesboden ausgehoben (Abb. 52). Im Damminnern befindet sich, ähnlich wie am Staudamm des Klöntalersees, ein Lehm-kern, der noch 1 bis 2 m tief in den Kiesgrund eingreift (siehe Abb. 51 u. 53). Dieser Kern hat oben eine Breite von 1,5 m und erweitert sich nach unten mit einem Anzug von 6:1. Der undurch-lässige schlammartige Untergrund unter der Kanalsohle ist mit dem Kern durch eine Schicht von mindestens 1,0 m Stärke möglichst lehmhaltigen Materials verbunden, wodurch ein geschlossenes dichtes Profil erreicht worden ist.

Der Lehm ist in Schichten von 20 cm eingebracht und mit Walzen von mindestens 1,5 t Gewicht gewalzt

worden. Dabei sind zwei Arten von Walzen zur Ver-wendung gekommen, eine gewöhnliche einrollige Walze, die entweder durch eine Lokomotive auf nebenliegendem Geleise oder durch eine Bauwinde mit endlosem Seil be-wegt wurde (Ab-bildung 54), und eine ebenfalls ein-rollige, durch einen Benzinmotor ange-triebene Walze. Das eigentliche Dammaterial wurde in Schichten von höchstens 0,5 m auf-geschüttet und mit Walzen von 6 t Ge-wicht eingewalzt. Ausserdem wur-den die einzelnen



Abb. 54. Einrollige Walze mit Seilbetrieb für das Walzen des Lehm-kerns.

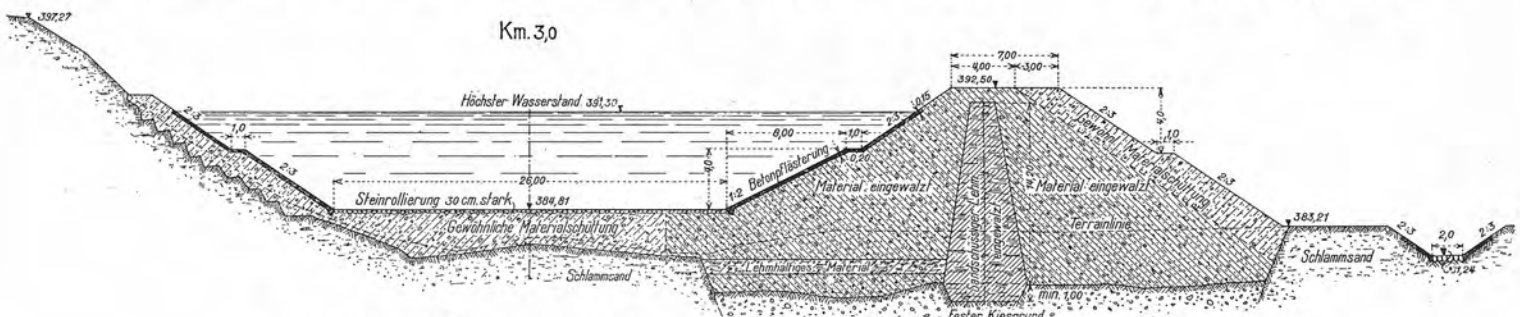


Abb. 51. Normalprofil des Oberwasserkanals in der Dammstrecke, Km. 2,5 bis 3,3 (Dammprofil bei Km. 3,0). — Masstab 1:500.

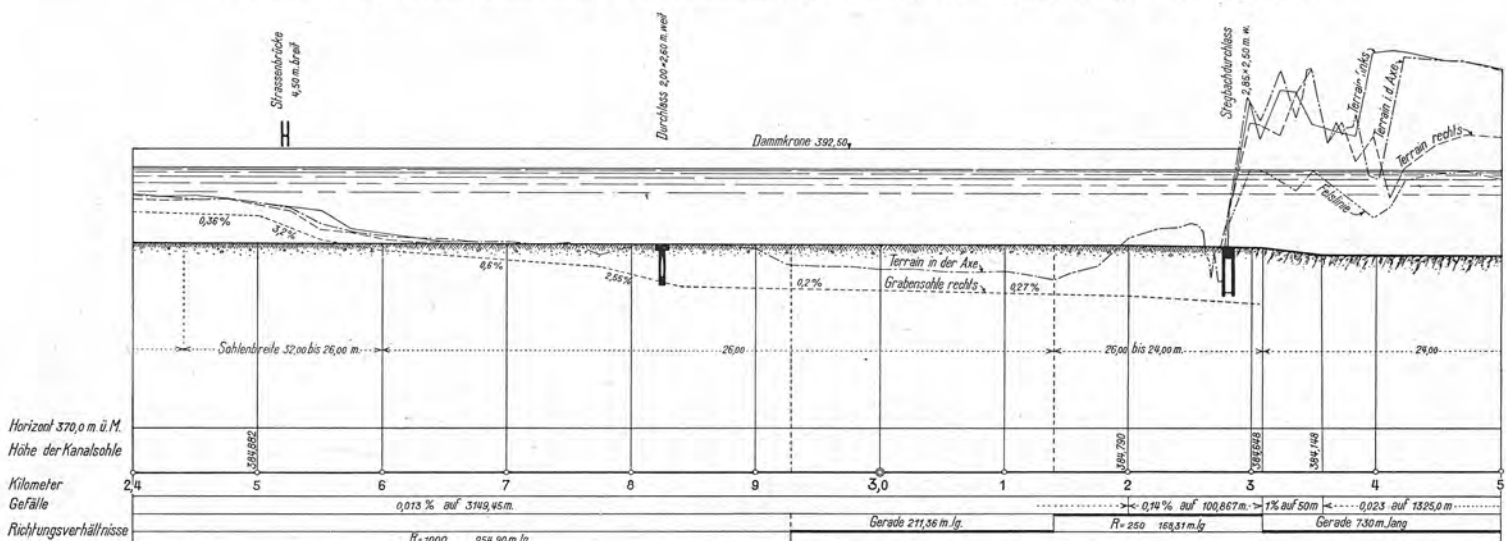


Abb. 50. Längenprofil des Oberwasserkanals von Km. 2,4 bis 3,5 (Dammstrecke). — Längen 1:6000, Höhen 1:600.

Schichten nach dem Walzen mit Wasser begossen. Bei trockener Witterung wurde sowohl der Lehm-Kern wie das übrige Dammmaterial auch während des Walzens mit Wasser besprengt (Abb. 55 und 56). Für den Lehmkern, dessen Gesamtkubatur rd. 45000 m^3 ausmacht, kam ein sand-schüssiger Lehm zur Verwendung, der aus einer 800 m weit entfernten Grube gewonnen werden konnte.

Der untere Teil der Dammböschungen wurde auf der Innenseite zweifüssig erstellt. Man konnte deshalb, um einen gleich grossen benetzten Querschnitt wie im Einschnittprofil beizubehalten, die Sohlenbreite von 32 m auf 26 m herabsetzen. Die Böschungen sind im übrigen in gleicher Weise durch Beton-Platten verkleidet. Nach aussen ist der Damm durch eine gewöhnliche Materialschüttung um 3,0 m Breite verstärkt. Die Kanalsohle erhielt auf der Dammstrecke eine 2 cm starke Steinrollierung.

Zur Kontrolle der Dammsenkungen sind auf der Dammkronen alle 50 m Höhenmarken angeordnet. Bei einer Dammhöhe von 10,0 m bis 14,0 m betrug die totale Setzung nach zwei Jahren Betriebsdauer des Kanals im Maximum 40 mm, im Mittel 21 mm, wovon auf die letzten zehn Monate eine mittlere Setzung von 2 mm entfällt. Feststellbare Durchsickerungen durch oder unter dem Damm wurden bis heute nicht beobachtet. (Die Abbildungen 52, 56 und 57 zeigen die gleiche Dammstrecke in verschiedenen Baustadien.)

An die Dammstrecke bei Km. 3,3 schliesst sich die Felsstrecke an.



Abb. 56. Damm bei Km. 3,2 kanalaufwärts gesehen.
Zwischen den Geleisen der bis auf Kanalsohlenhöhe ausgeführte Lehmkern (14. X. 15).

Die Felslinie verläuft im Durchschnitt 4 bis 5 m über Kanalsohle; bei Km. 3,8 taucht sie auf etwa 40 m Länge unter diese und reicht bei Km. 4,6 an die Terrainoberfläche oder etwa 11 m über Kanalsohle. Der Kalksteinfels gehört dem obern Sequan und zwar den Wangenerschichten an, dessen wellig-bucklige Oberfläche eine grosse Zahl von flachen, glatt geschliffenen Erosionskesseln aufwies. Es zeigten sich aber auch napfförmige Vertiefungen bis über 1,0 m Tiefe, die mit Bolus-Erde, untermischt mit Bohnerzkörnern, angefüllt waren. Der

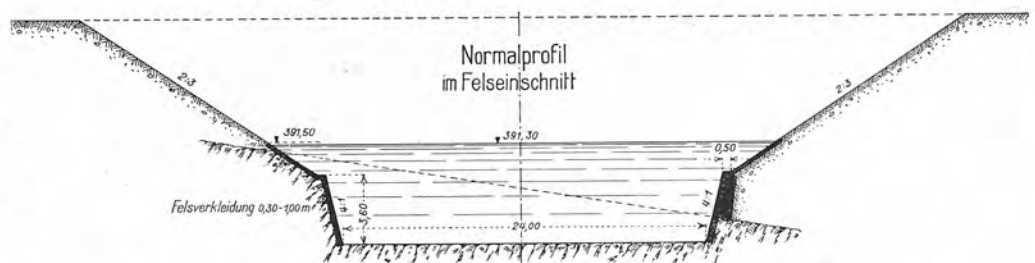


Abb. 58. Normalprofil des Oberwasserkanals im Felseinschnitt, Km. 3,3 bis 4,8. — Masstab 1:500.



Abb. 57. Dammstrecke des Kanals von Km. 3,2 aufwärts gesehen.
Die Dammkronen liegt 12 bis 13 m über der Sohle des Parallelgrabens. (Aufnahme vom 23. V. 1918.)

Bolus trat ausserdem in grössern Schlotten und Trichtern auf, die einige Meter Durchmesser erreichten und sich bis unter die Kanalsohle hinab erstreckten. Auf weite Strecken war der Kalkstein auf die ganze Einschnittshöhe mehr oder weniger stark zersetzt, und in den Spalten erschien oft wie ein bräunlicher oder grünlicher Lehm, in dem noch einige eckige Kalksteinbrocken steckten. Von diesem Zustand bis zum unversehrt frischen Gestein waren alle Uebergangsstadien vertreten. Die Beschaffenheit beeinträchtigte natürlich die Standfestigkeit des Ge-

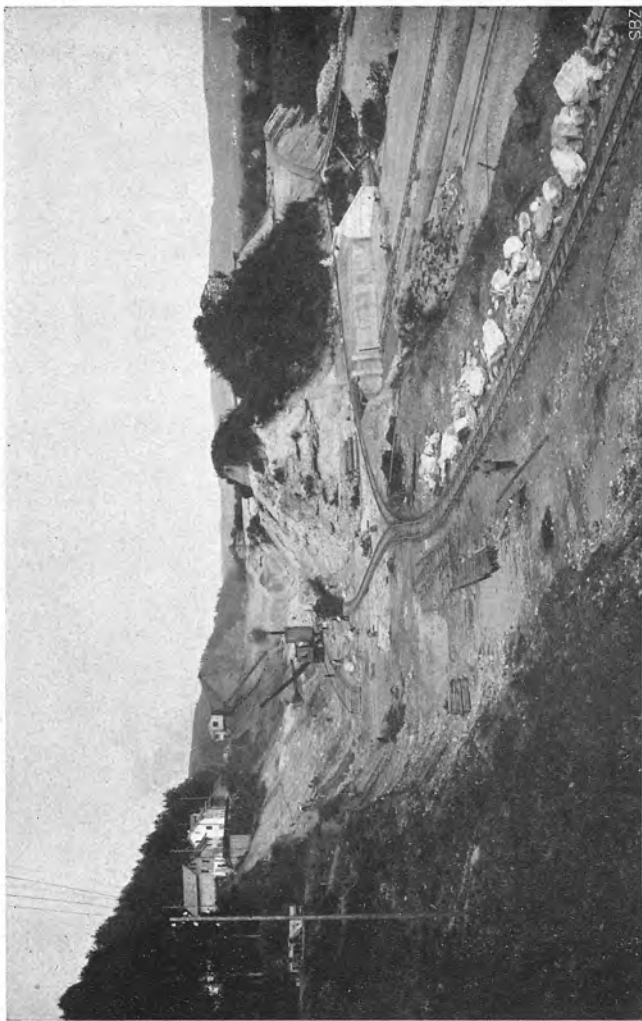


Abb. 60. Am 18. August 1915

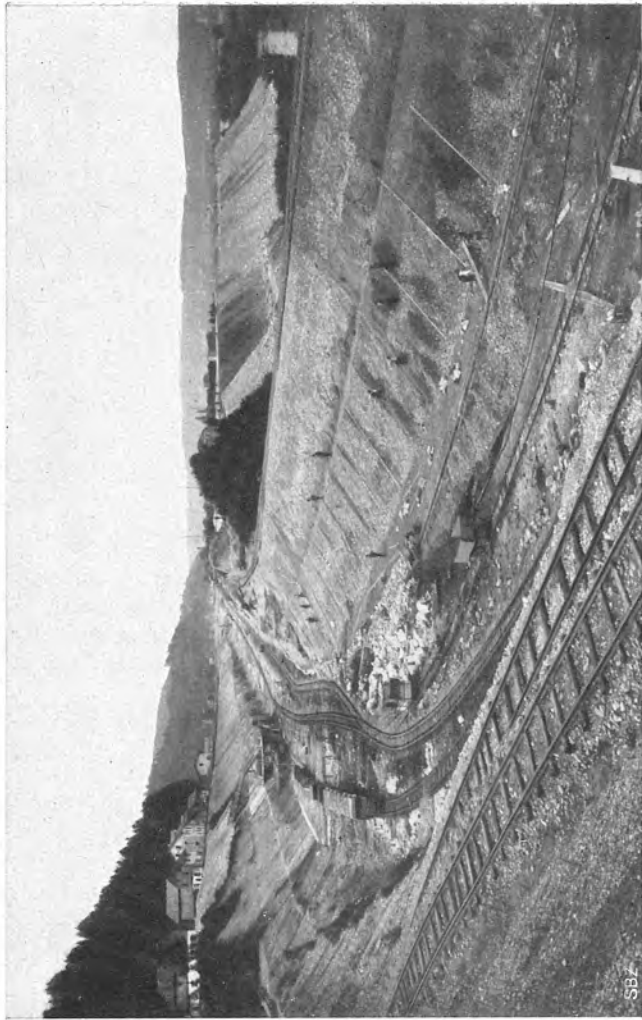


Abb. 61. Am 14. September 1916.

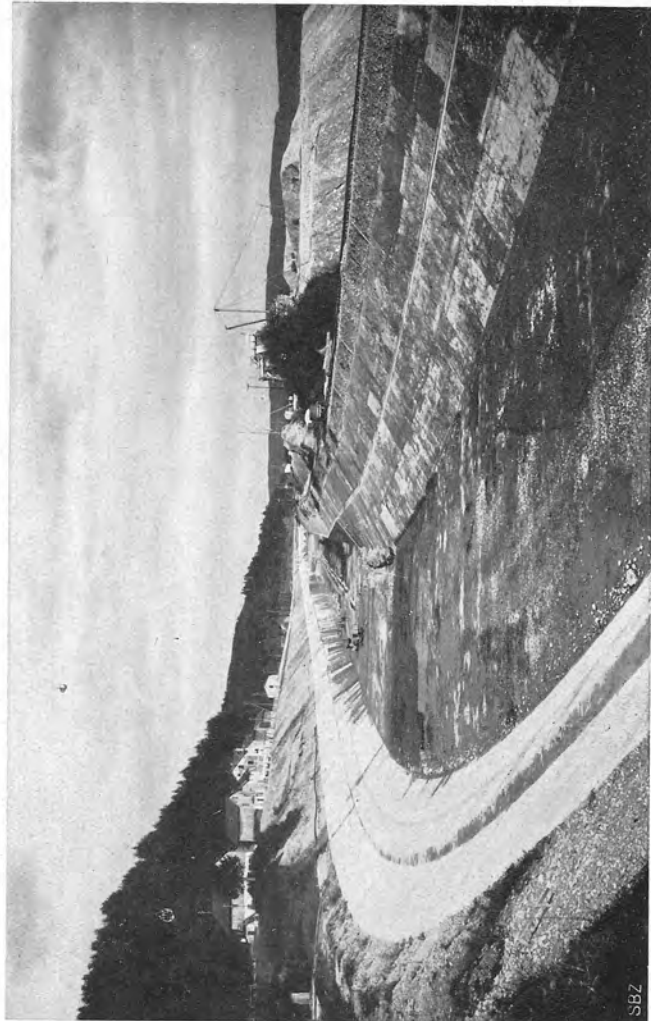
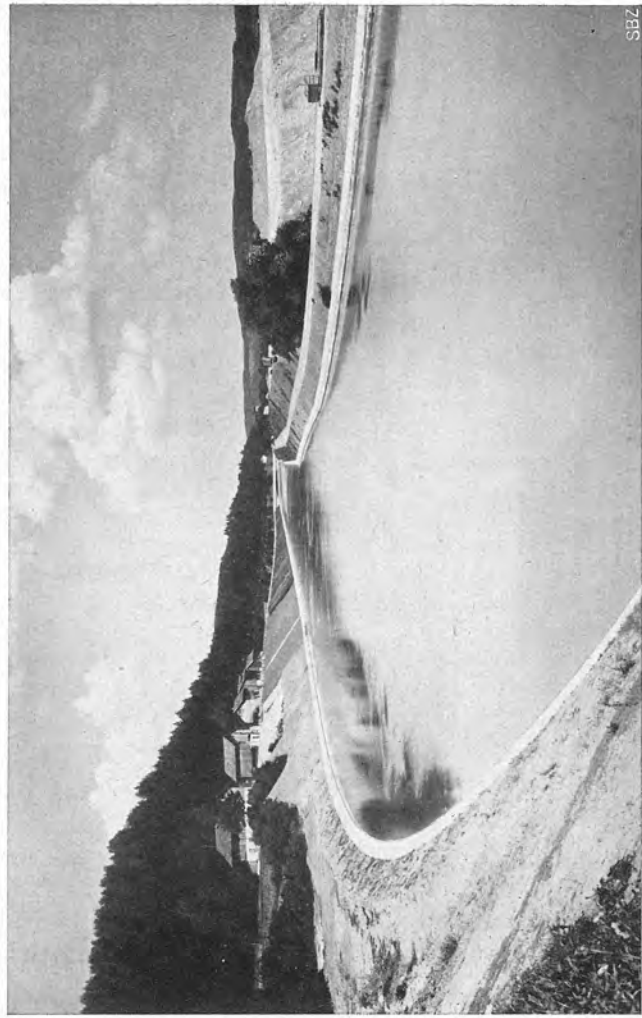


Abb. 62. Am 26. Oktober 1917.



Übergangsstelle des Oberwasserkanaals von dem Damm- in das Felsprofil hinter der Ruine Gösgen.

Abb. 63. Am 25 März 1918.

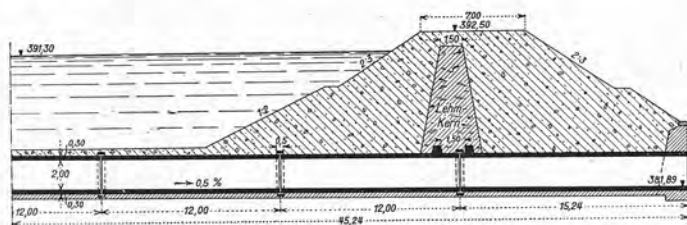
steins und erforderte teilweise eine starke Verkleidung der Böschung.

Um den Felsaushub nach Möglichkeit einzuschränken, wurde, wie bereits angegeben, ein steilwandiges Felsprofil angewendet und das Durchflussprofil vermindert, sodass in der Felsstrecke bei der maximalen Wasserführung von $350 \text{ m}^3/\text{sek}$ eine mittlere Durchflussgeschwindigkeit von $1,80 \text{ m}$ eintritt (Abbildung 58). Bei $24,0 \text{ m}$ Sohlenbreite hat das Profil Seitenwandungen mit Anzug $4:1$ bis auf $3,60 \text{ m}$, bzw. $4,90 \text{ m}$ Höhe, je nach Verlauf der Felslinie, dann eine Berme von $0,5 \text{ m}$ Breite und hierauf die normale Einschnittböschung $1:1,5$ (Abbildung 59). Die grösste Einschnitttiefe beträgt $16,0 \text{ m}$. Die Betonverkleidung der Felsböschung variiert zwischen $0,3 \text{ m}$ und $1,0 \text{ m}$ Stärke, je nach der Felsqualität. Damit bei allfälligen raschen Kanalentleerungen dem Bergwasser ein rascher Austritt in den Kanal ermöglicht wird, sind die Verkleidungsmauern im vertikalen Sinne alle Meter durch poröse Betonschichten mit Sickerrohren unterteilt.

Der Uebergang vom flachen Trapezprofil der Dammstrecke in das steilwandige Felsprofil unter gleichzeitiger Profilreduktion, Aenderung des Gefälles, der Sohlen- und der Bermenhöhe (vergleiche Abbildung 50 auf Seite 21) wurde möglichst langgestreckt ausgeführt, sodass der Ueber-



Abb. 59. Fertiges Kanalprofil in der Felspartie bei Km. 4,3.



Ab. 64. Durchlass bei Km 2,85 für die Obergösgener Dorfbäche und den linken Parallelgraben. — Längsschnitt 1:500.

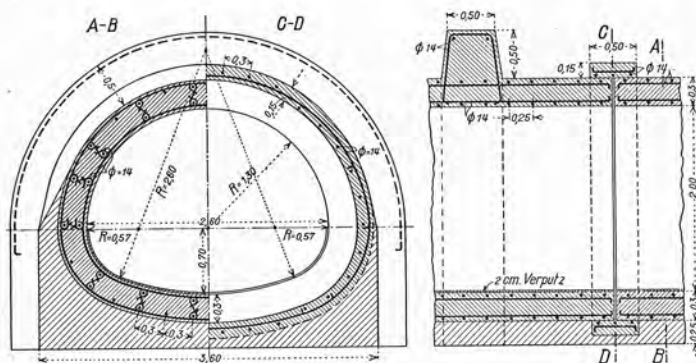


Abb. 65 u. 66. Querschnitt und Längsschnitt des Durchlasses bei Km. 2,85. — Masstab 1:80.

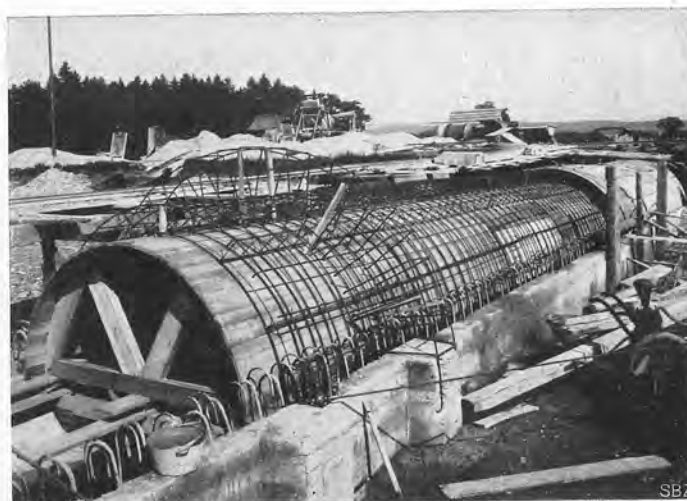


Abb. 67. Durchlass für die Obergösgener Dorfbäche bei Km. 2,85, obere Armierung mit Verzahnung für den Lehmkern.

gang in der Böschung rechts von $1:2$ in $4:1$ auf 300 m , die übrigen Uebergänge auf 100 m Länge erfolgten. Die Abbildungen 60 bis 63 auf der vorhergehenden Seite zeigen die Uebergangsstrecke in verschiedenen Stadien während des Baues.

Zur Ableitung des Wassers vom linksseitigen Parallelgraben und der Bachläufe aus dem Gebiet nördlich des Kanals mussten drei Bachunterführungen ausgeführt werden. So wird das Wasser, das sich im linksseitigen Parallelgraben bis Km. 0,6 ansammelt, bei Km. 0,15 mittels eines Dückers unter dem Kanal hindurch in die Aare unterhalb des Stauwehres abgeleitet. Der Dücker besteht aus einem armierten Betonrohr von $1,0 \text{ m}$ Durchmesser. Zur Verhinderung einer Verschlämung ist vor dem Einlauf ein Schlammablagerungsbecken mit Feinrechen angelegt. Ein in der linksseitigen Kanalwand eingebauter Einfallschacht mit Schieber gestattet die Vornahme von periodischen Spülungen mit Kanalwasser.

Zur Ableitung der Obergösgener Dorfbäche und des linksseitigen Parallelgrabens von Km. 1,4 abwärts musste bei Km. 2,85 ein *Durchlass unter dem Kanal* erstellt werden. Der für eine Wasserführung von $15 \text{ m}^3/\text{sek}$ berechnete Durchlass zieht sich in einer Länge von $90,50 \text{ m}$ unter den etwa $11,0 \text{ m}$ hohen beidseitigen Dämmen und dem Kanal hindurch (Abbildungen 64 bis 66). Es musste daher seiner Konstruktion und Ausführung besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden. Um ihm eine bei den vorhandenen Verhältnissen notwendige Elastizität zu geben, wurde er seiner ganzen Länge nach durch Fugen in Abschnitte von 12 m unterteilt und mit einer entsprechenden Längsarmierung versehen (Abbildung 66). Die Fugen sind mit Asphaltfilz gedichtet und ausserdem mit einem $0,50 \text{ m}$ breiten armierten Ring überlappt. Zur Verhinderung von



Abb. 68. Unterer Teil des Stegbach-Durchlasses bei Km. 3,285 mit Rippen für den Lehmkern, vor der Dammanschüttung.

Durchsickerungen aus dem Kanal längs den glattverputzten äusseren Durchlasswandungen sind in der Zone des Damm-Lehmkerns zwei Betonrippen ausgeführt (Abb. 66 u. 67). Als Sohlenschutz und gleichzeitig als Belastung gegen den Auftrieb wurde der Durchlass auf die Länge der Kanalsohle und auf eine Breite von 10,0 m mit einer Betonplatte überdeckt. Das Objekt hat sich bis heute sehr gut gehalten und zeigt weder Rissbildungen noch Undichtigkeiten.

Bei Km. 3,28 wird der „Stegbach“ unter dem Kanal durchgeleitet. Dieser Durchlass ist seiner ganzen Länge nach auf Felsen fundiert, sein rechteckiger Querschnitt von 2,50 m Breite und 2,85 m Höhe genügt für eine maximale Wasserführung von 25 m³/sek. Auch hier sind in der Längsrichtung Unterteilungen in Abschnitten von 8 bis 10 m vorgenommen und die verzahnten Fugen mit Asphaltfilz gedichtet worden. Die Decke des Durchlasses bildet eine armierte Betonplatte. In der Zone des Dammlehmkerns sind zur Verhütung von Durchsickerungen längs des Durchlasses ebenfalls zwei vorspringende Betonrippen angebracht (Abbildung 68).

Durch den Kanaleinschnitt wurde der Zufluss zu den über dem Felsen am Aarebord zwischen Km. 3,6 und 3,8 liegenden Quellen der Wasserversorgung der beiden Dörfer Ober- und Nieder-Gösgen abgeschnitten. Es musste daher für eine neue Wasserbeschaffung gesorgt werden. Durch Sondierbohrungen konnte festgestellt werden, dass der Felsen links vom Kanal in etwa 100 m Entfernung stark vom Kanal weg abfällt. Es wurde daher hier ein Filterbrunnen bis 17,0 m abgeteuft (siehe Abbildung 69); mittels eines Pumpwerkes können nunmehr im Minimum 10 l/sek Wasser abgegeben werden.

Im Gebiet dieses Filterbrunnens entspringen auch die Quellen des Dorfbaches von Niedergösgen mit einer Ergebigkeit von 60 bis 220 l/sek. Da es nicht gelungen ist, die bezüglichen Wasserrechte abzulösen und den Bach in den Kanal einzuleiten, musste dieser in seinem bestehenden Laufe aufrecht erhalten werden. Dies führte dazu, dass er nun in einem an der Brücke bei Km. 4,09 oberwasserseits angehängten armierten Betonkanal über den Kanal geleitet wird, um den Dorfteil „Mühledorf“ zu durchfliessen und dann oberhalb des Maschinenhauses wieder in einem Dücker unter dem Kanal die linke Kanalseite zu gewinnen und von hier aus das Dorf Niedergösgen zu erreichen. Der Dücker oberhalb des Maschinenhauses



Abb. 71. Strassenbrücke über den Oberwasserkanal bei Km 4,65.
Im Hintergrund das nahezu fertiggestellte Maschinenhaus.

kann vom Oberwasserkanal aus in den Unterwasserkanal gespült werden.

Die Ausführung des Oberwasserkanales ergab einen gesamten Aushub von rd. 1 350 000 m³, wovon 250 000 m³ Felsen. Für die Erstellung der Dämme sind rd. 300 000 m³ verwendet worden, wovon 220 000 m³ in der Dammpartie

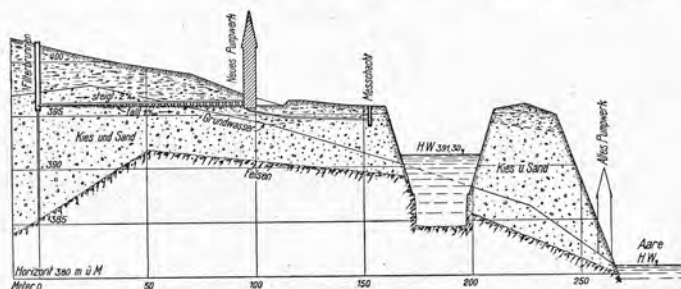


Abb. 69. Wasserversorgung von Ober- und Niedergösgen.
Längenprofil bei Km. 2,8 des Oberwasser-Kanals.
Masstab für die Längen 1:3500, für die Höhen 1:700.

eingewalzt, während der überschüssige Aushub in Deponien längs der Aare, wo minderwertiger Waldboden zur Verfügung stand, abgelagert wurde (vergl. Abbildung 2).

Zur Aufrechterhaltung des Verkehrs zwischen den durch den Oberwasserkanal zerschnittenen Geländeabschnitten mussten über denselben fünf Brücken von 4,5 bis 5,20 m Breite erstellt und ausgedehnte Parallelwege zu beiden Seiten des Kanales angelegt werden.

Sämtliche Brücken sind in armiertem Beton ausgeführt, und zwar die drei oberen als kontinuierliche Balkenbrücken mit zwei Öffnungen und festem Auflager auf dem Mittelpfeiler. Die beweglichen Lager werden als Gleitlager, bestehend aus Messingplatten und Graphit-Zwischenlagen ausgebildet. Im übrigen sind die Brücken mit versenkter Fahrbahn zwischen den Hauptträgern, die gleichzeitig als seitliche Brüstungen dienen, gebaut.

Die zwei Brücken in der Felsstrecke kamen als eingespannte armierte Gewölbe zur Ausführung (Abbildungen 70 und 71). Die obere Bogenbrücke (Abbildung 70) ist insofern noch interessant, als auf der Oberwasserseite, wie bereits erwähnt, der Dorfbach von Niedergösgen in einem auskragenden Betonkanal über den Oberwasserkanal geführt wird.



Abb. 70. Strassenbrücke über den Oberwasserkanal bei Km. 4,08
mit auskragendem Betonkanal für die Ueberleitung des Mühlebaches.

Der Unterwasser-Kanal.

Für die Wahl der Linienführung des Unterwasser-Kanals waren namentlich der Austritt des Wassers aus der Zentrale und der Einlauf in die Aare bestimmend. Das Gegebene war, den ersteren normal zur Zentrale erfolgen

führungen ermittelt wurde. Bei einer Länge von 1,4 km hat der Unterwasserkanal ein Sohlengefälle von 0,01 ‰ und ist 10 m bis 12 m tief eingeschnitten. Sein Querschnitt hat eine Sohlenbreite von 40 m (Abbildung 72). Die beidseitigen Böschungen sind bis auf den Niederwasser-Spiegel zweifüssig angelegt und unverkleidet, während in der

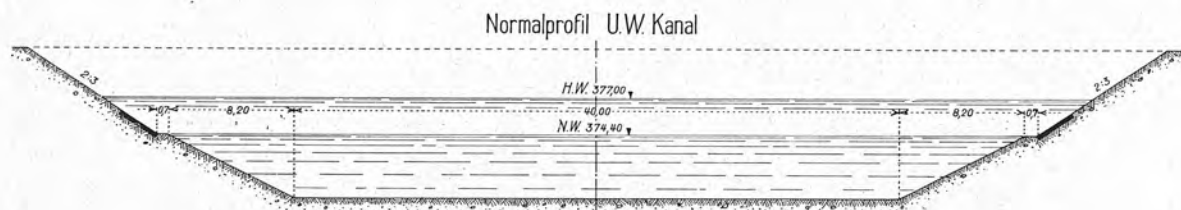


Abb. 72. Normalprofil des Unterwasserkanals des Kraftwerks Gösgen. — Masstab 1:500.

zu lassen, wogegen der Einlauf so weit Aare abwärts als möglich gesucht werden musste, um das konzedierte Gefälle bestmöglich auszunützen. Wegen der Ortschaft Niedergösgen, die bis an die Aare reicht, war die restlose Ausnutzung des Gefälles bis an den Auslauf des Unterwasserkanals der Firma C. F. Bally in Schönenwerd, d. h. bis unterhalb der Brücke nicht möglich. Man musste mit der Ausmündung etwa 300 m oberhalb der Brücke bleiben. Beiläufig sei aber erwähnt, dass auf Grund eines Abkommens mit der Stadt Aarau das Elektrizitätswerk dieser Stadt nunmehr das restliche Gefälle durch Erhöhung seines Stauwehres ausnützt.

Die Tiefenlage der Kanalsohle ergab sich aus der Forderung, bei keinem Wasserstand einen unnötigen Gefällsverlust im Kanal zu haben, was unter Durchführung von einschlägigen Berechnungen für verschiedene Wasser-

Zone der gewöhnlichen Wasserspiegel-Schwankungen die 1 1/2-füssigen Böschungen mit Betonplatten verkleidet sind. Der Aushub bestand in der Hauptsache aus Niederterrassen-Schotter; nur in der Partie unterhalb des Maschinenhauses war eine grössere Felsmenge auszusprengen.

Ueber den Unterwasserkanal führen zwei Brücken; die eine davon ist in Abbildung 73 dargestellt. Sie sind als kontinuierliche Balkenbrücken in armiertem Beton mit zwei Oeffnungen ausgeführt. Ihre Pfeiler und Widerlager sind pneumatisch fundiert.

Die Erstellung von Unterwasserkanal und Maschinenhaus-Baugrube erforderte einen Aushub von 900 000 m³, wovon 60 000 m³ Felsen. Aus dem Aushub wurde das Betonmaterial für das Maschinenhaus bezogen. Im übrigen ist das Aushubmaterial aus dem Unterwasserkanal im Schachengelände rechts der Aare ausgeschüttet (Abb. 2).

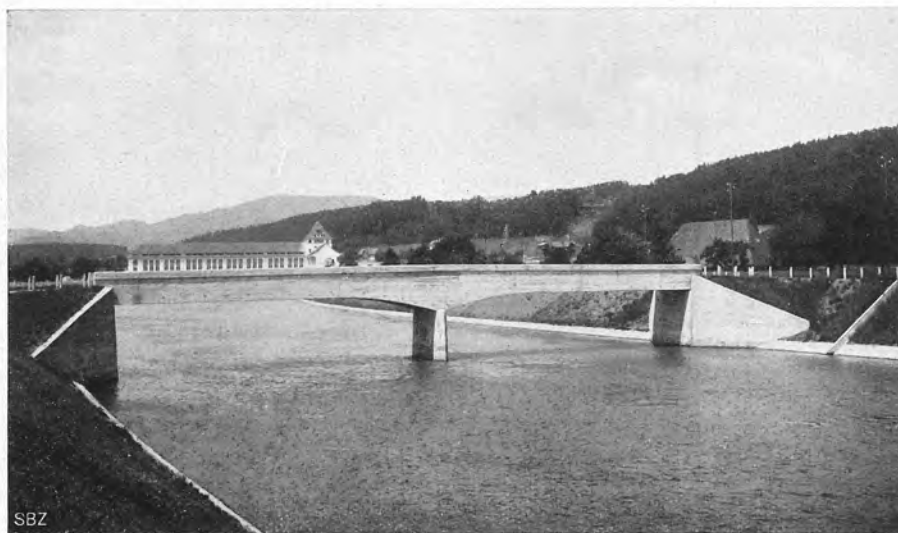


Abb. 73. Strassenbrücke über den Unterwasserkanal bei Km. 5,314.



Abb. 74. Das Maschinenhaus des Kraftwerks Gösgen von der Oberwasserseite.

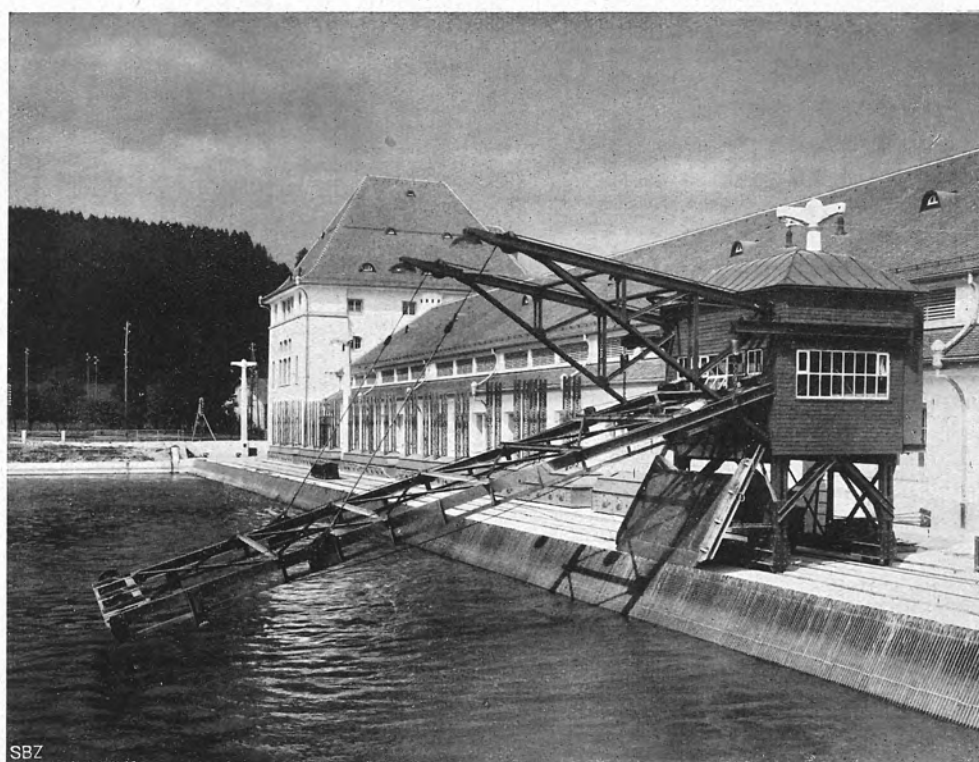


Abb. 75. Ansicht von der Oberwasserseite, mit der Rechenreinigungsmaschine.

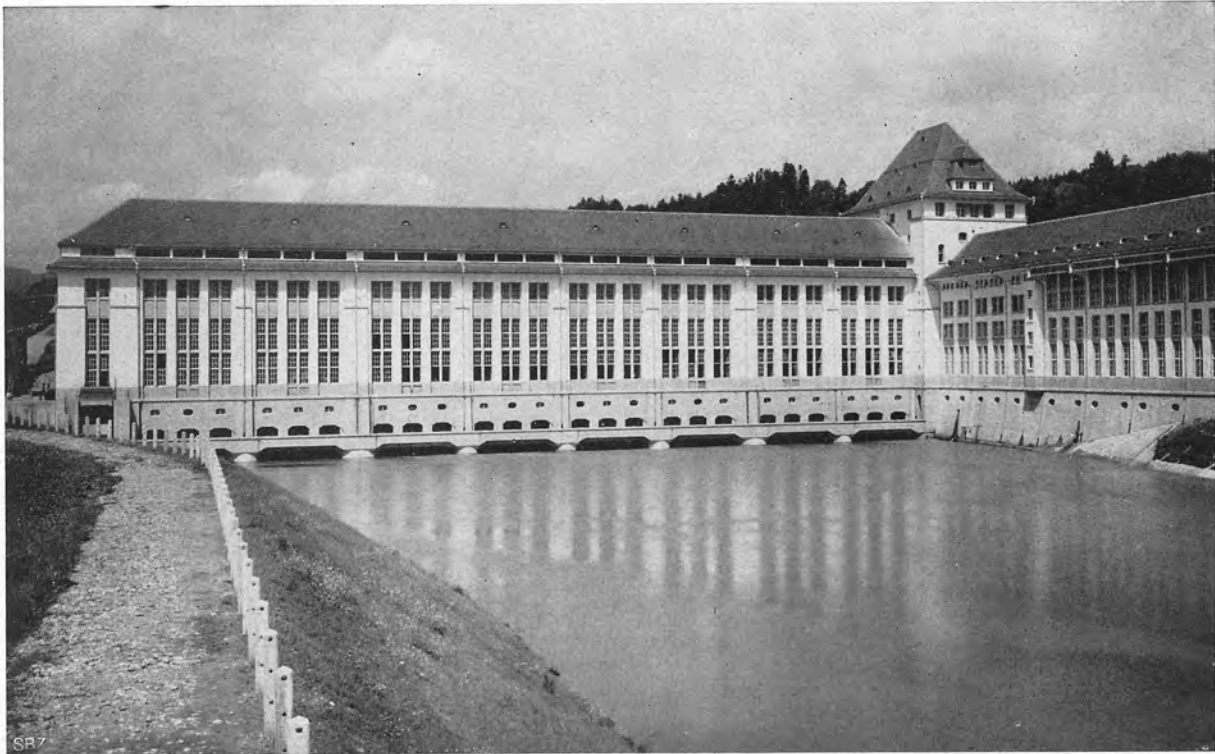


Abb. 76. Maschinenhaus und Schaltanlage des Kraftwerks Gösen von der Unterwasserseite.

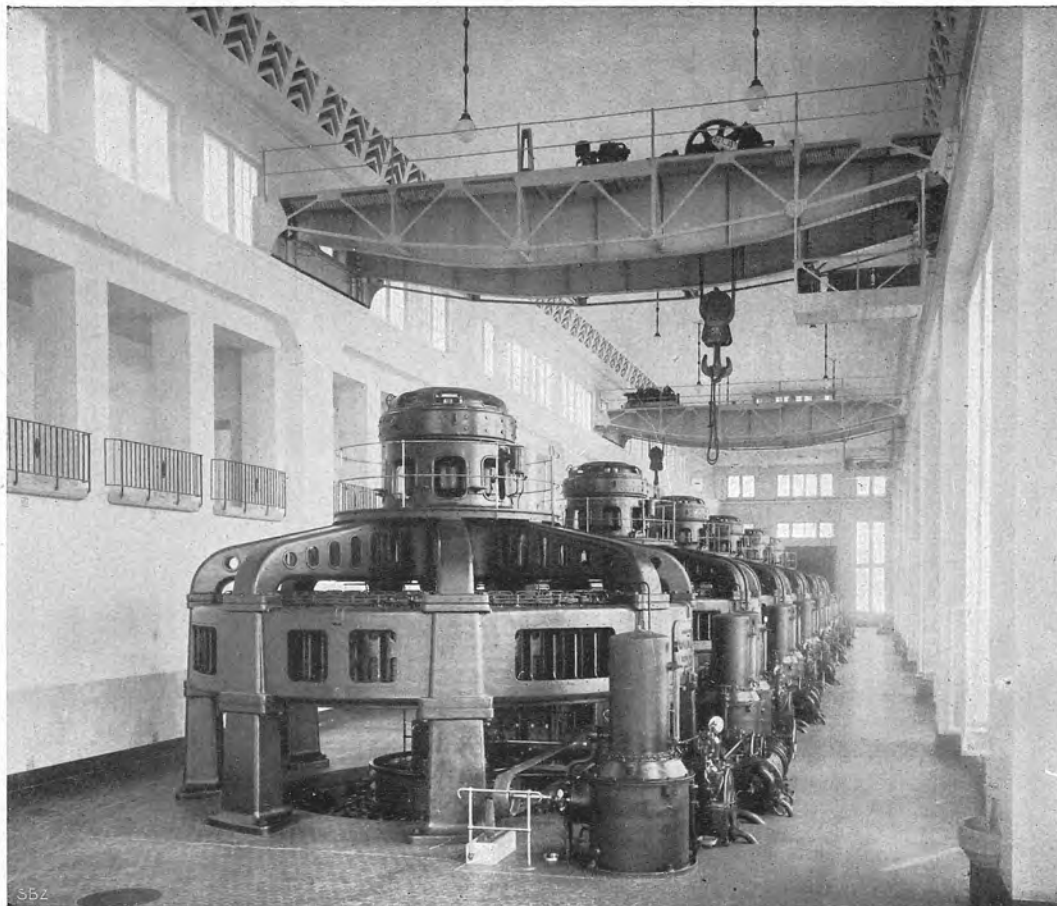


Abb. 84. Das Innere des Maschinenhauses.

Das Maschinenhaus und das Schaltheus.

Wie eingangs erwähnt, ist das Kraftwerk an einer natürlichen Geländestufe unterhalb Mühledorf bei Niedergösgen angeordnet, wo der ganze Bau auf Felsen fundiert werden konnte. Das 117 m lange Maschinenhaus ist quer zum Kanal gestellt, der zu diesem Zwecke auf rund 100 m erweitert ist. Winkelrecht anschliessend befindet sich auf dem linken Ufer des Unterwasserkanals das Schaltheus (siehe die Abbildungen 74, 75 und 76).

Beim Entwerfen des Maschinenhauses (vergleiche die Grundrisse und Schnitte Abbildungen 77 bis 83) ging das Bestreben dahin, mit einer Mindestanzahl von Maschineneinheiten möglichst grosser Leistung mit vertikaler Welle und einem einzigen Turbinenrad auszukommen. Hierdurch wurde ermöglicht, den Fundamenterhebung auf ein Minimum zu beschränken und im baulichen Teil, gegenüber andern Anordnungen, namhafte Ersparnisse zu erzielen. Die vertikalachsige Anordnung bietet den Vorteil, dass man beim Abschliessen der Einlaufschützen ohne weiteres zu den rotierenden Turbinenteilen gelangen kann. Sie ermöglicht ferner eine Lagerung des drehenden Teiles der Maschinengruppe in klarer und einfacher Weise, indem ausser dem Spurlager, das die vertikalen Kräfte aufnimmt, nur zwei Führungslager erforderlich sind. Der bisher in Anlagen ähnlicher Bauart übliche Zwischenboden zur Aufnahme der Hilfseinrichtungen wurde fallen gelassen, dafür der Stator des Generators auf Stützen hochgestellt. Durch diese Ausführung wird der Turbinenboden zugleich zum Maschinenhaus-Fussboden, sodass nicht nur der Regulator, sondern alle Hilfsmaschinen jeder Gruppe wie Servomotor, Ölpumpen usw., im Maschinensaal selbst, und nicht wie sonst im Untergeschoss, aufgestellt werden konnten. Die betriebstechnischen Vorteile dieser neuen Anordnung, die sich aus der übersichtlichen Aufstellung mit möglichst reichlicher natürlicher Beleuchtung, der Zugänglichkeit zum turbinenseitigen Führungslager, zum Regulierung und zu den Hilfseinrichtungen, sowie aus der leichten Uebersicht über die ganze Maschinenanlage und deren Bedienung ergeben, sind offensichtlich.

Bei der auszunützenden Wasserführung von zunächst 300 m³/sek und der gewählten Anordnung gelangte man zu einer Anzahl von sechs Gruppen für den ersten Ausbau. Zur späteren allfälligen Erhöhung der ausnützbaren Wassermenge, sowie um etwas mehr Spielraum in der verfügbaren Maschinenleistung zu erreichen, wurde indessen das Maschinenhaus für acht Gruppen vorgesehen.

Für das Schaltheus wurde grundsätzlich die von der A.-G. Motor für Schaltanlagen grösseren Umfanges eingeführte und wiederholt angewandte Bauart beibehalten, bei der die Räumlichkeiten für die verschiedenen Installationen möglichst nebeneinander, also in einer Ebene aneinandergereiht werden, und erst dort in die Höhe ge-

führt werden, wo der Anschluss von Freileitungen es erfordert. Diese einstöckige Anordnung ergibt ohne weiteres eine reichliche Versorgung mit Tageslicht durch Oberlichter; sie gestattet auch, die Anlagen durch einzelne,

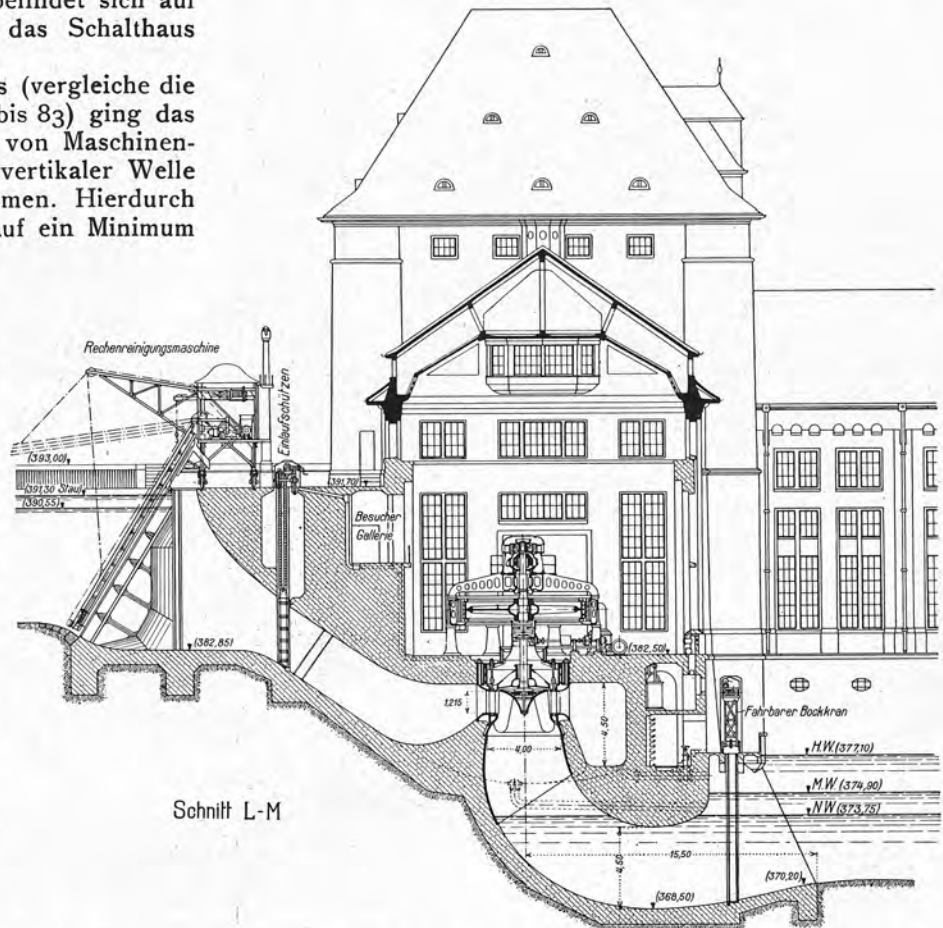


Abb. 81. Maschinenhaus des Kraftwerks Gösgen. — Querschnitt durch Einlauf und Turbine. — 1:400.

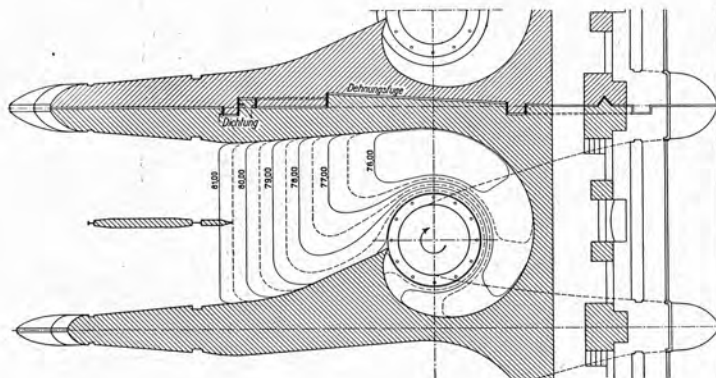


Abb. 82. Horizontalschnitt (mit Höhenkurven) durch die Einlaufspirale. — Masstab 1:400.

möglichst feuersichere Schotten leicht zu trennen, ein Vorteil, der bei der Bedeutung von Bränden in Schaltanlagen nicht zu unterschätzen ist. Mit dieser Bauart kann man sich ferner durch allfällige teilweise Erweiterung leicht den jeweiligen Bedürfnissen anpassen; dies ist hier umso wertvoller, als das Werk Gösgen durch seine geogra-

phische Lage dazu berufen erscheint, zu einem wichtigen Knotenpunkt des Netzes grosser Kraftübertragungsleitungen der Zentralschweiz und der Nordostschweiz zu werden.

Da das Gelände auf dem linken Kanalufer zur Aufnahme des Schalthauses geeignet war, konnte dieses ohne weiteres anstossend an das Maschinenhaus errichtet werden. Beide Bauten sind durch den Turmbau vereinigt, in dem, auf Maschinenhausbodenhöhe, der Montageplatz eingerichtet ist (Abbildung 79). Darüber liegt der Zentral-Kommandoraum, von dem aus man Einblick in den Maschinen-saal besitzt. Ueber dem Kommandoraum sind noch Bureaux und im Dachstock Lagerräume angeordnet (Abb. 79, u. 83, S. 180).

Auf der rechten Seite des Maschinenhauses befindet sich eine zweistufige Kahnschleuse von 3 m Breite für die maximale Höhendifferenz von 17 m (Abb. 78 und 80, S. 179); sie kann zugleich als Grundablass und allfällig zur teilweisen Ergänzung des Wasserdurchflusses im Werke benutzt werden.

Zur Regulierung des Wasserdurchflusses bzw. des Oberwasserspiegels am Werk bei Belastungsschwankungen war bisher bei Anlagen mit längeren Kanälen der Einbau eines Ueberfalls üblich. Hier wurde davon abgesehen. Selbst bei plötzlichem Aussetzen der gesamten Energieabgabe erreichen nämlich die Wasserspiegel-Schwankungen keine die An-

lage irgendwie gefährdende Höhe. Zur Vermeidung grosser Schwankungen im Wasserabfluss hingegen dienen stets in Bereitschaft stehende Wasserwiderstände, die derart bemessen sind, dass sie die volle Leistung von vier Maschinen-Einheiten aufzehren können.

Baulicher Teil.

Für die Querschnittsbestimmung des Maschinenhaus-Unterbaues waren folgende Höhendaten massgebend (vergl. Abbildung 81): Die Kote des Oberwasserspiegels vor dem Rechen beim

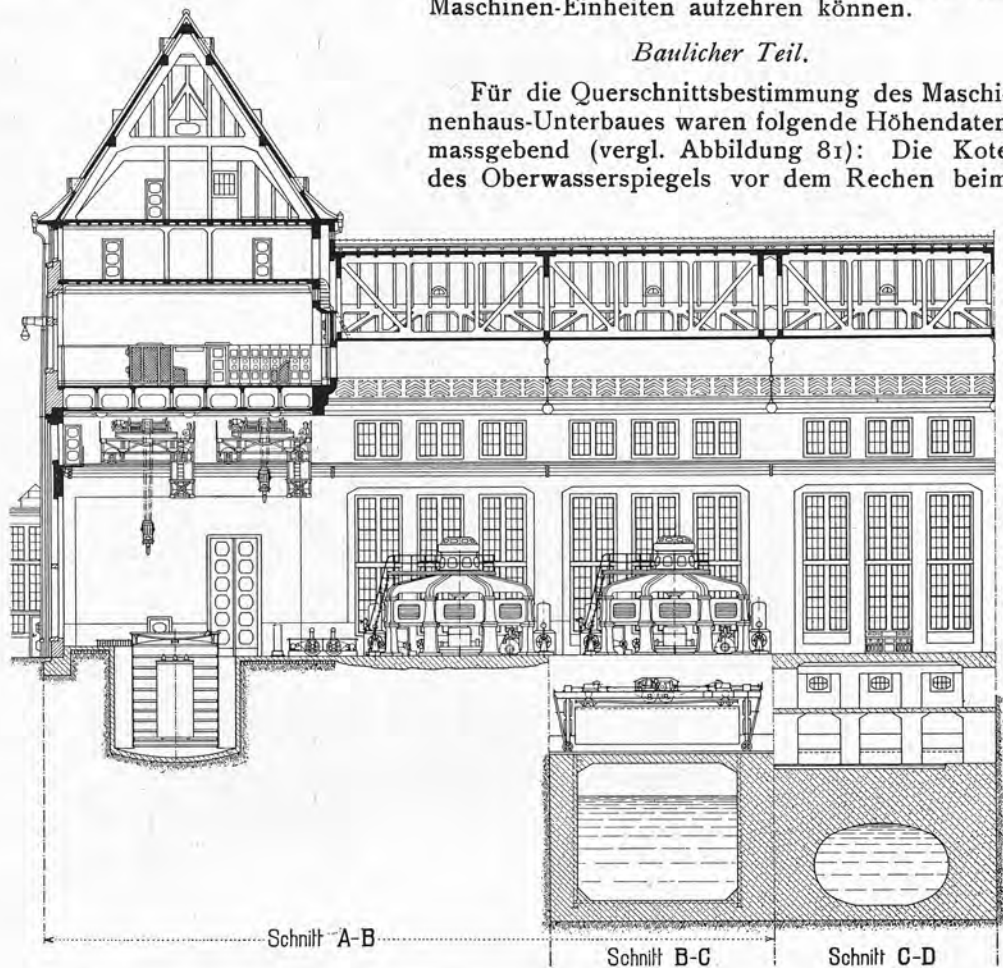
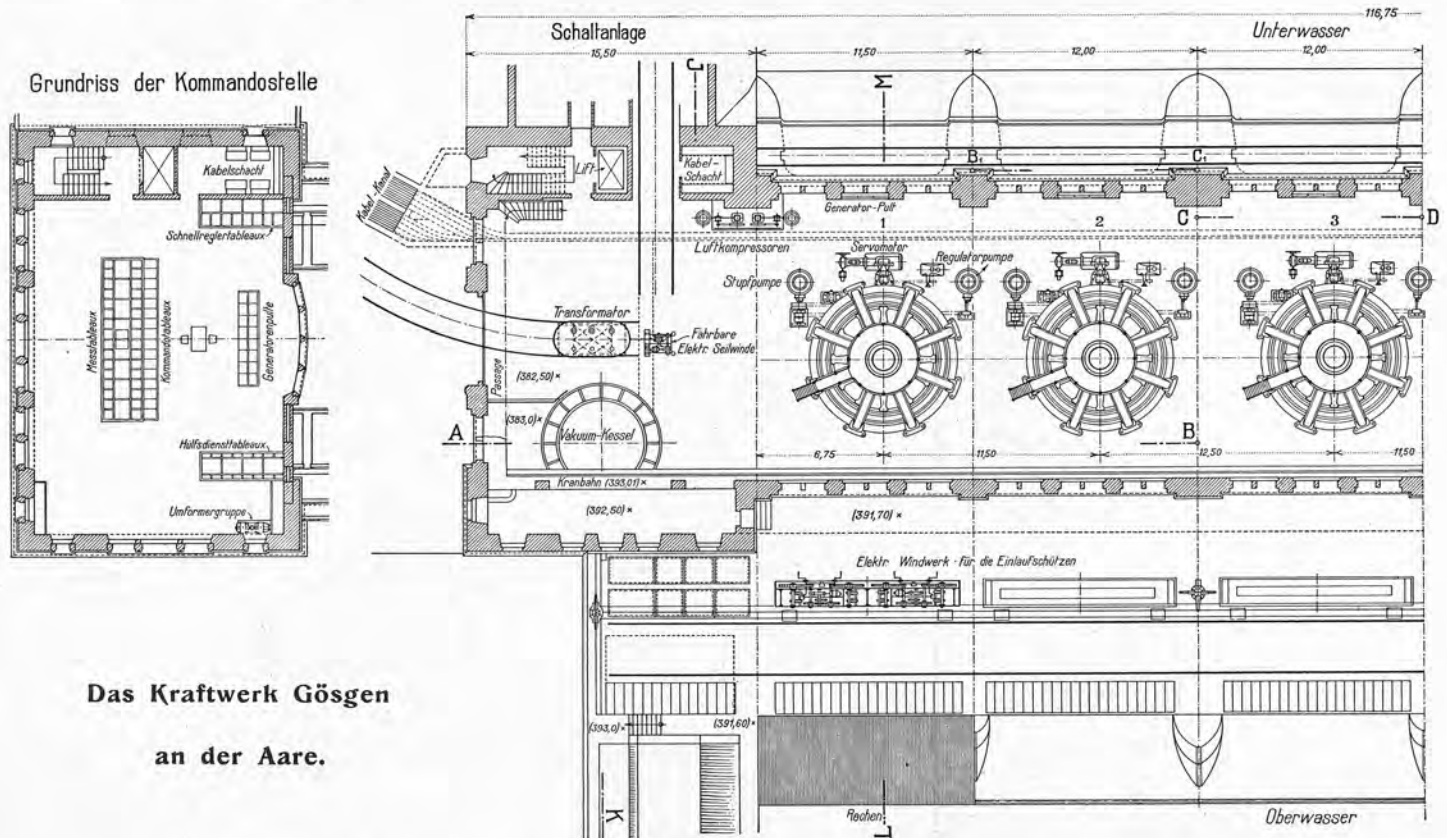


Abb. 79. Längsschnitte durch das Maschinenhaus (nördliche Hälfte mit Turmbau). — Masstab 1:403.



Das Kraftwerk Gösgen
an der Aare.

Abb. 77. Grundriss des Maschinenhauses (nördliche Hälfte); links Grundriss des Kommandoraumes im Turm. — Masstab 1:400.

Ruhezustand = 391,30 m über Meer, die Kote von Mitte Leitschaufel der Turbine 380,00, und der Wasserspiegel im Unterwasser, der zwischen Kote 377,10 und 373,75 schwankt. Der Boden des Maschinensaales liegt auf Kote 382,50.

Die Pfeiler, die die einzelnen Kammern von einander trennen, stehen nicht bis in die Rechenebene vor, so dass hinter dem Rechen ein bescheidener Wasserausgleich noch stattfinden kann (Abbildung 81). Dadurch wird ermöglicht, dass auch die Rechenfläche vor einer geschlossenen Kammer für den Wasserdurchfluss der nebenan-

liegenden Kammern teilweise benutzt wird. Die Pfeiler haben hinter dem obren Rechenende eine Nut zur Aufnahme der „Damm balken“. Diese bestehen aus zwei Sätzen zu je fünf Tafeln, die vermittelst der Rechenreinigungs-Maschine versetzt werden können. Bei Nichtgebrauch sind die Tafeln in einer Kammer ausserhalb der linken Turbinen-Kammer unter Rechenbodenhöhe untergebracht.

Die gesamte Rechenbreite beträgt 93,75 m. Die Rechenstäbe sind rd. 9,60 m lang und in einer Neigung von etwa 60° verlegt. Zur Reinigung des Rechs dient eine Rechenreinigungsmaschine (siehe die Abbildungen 75

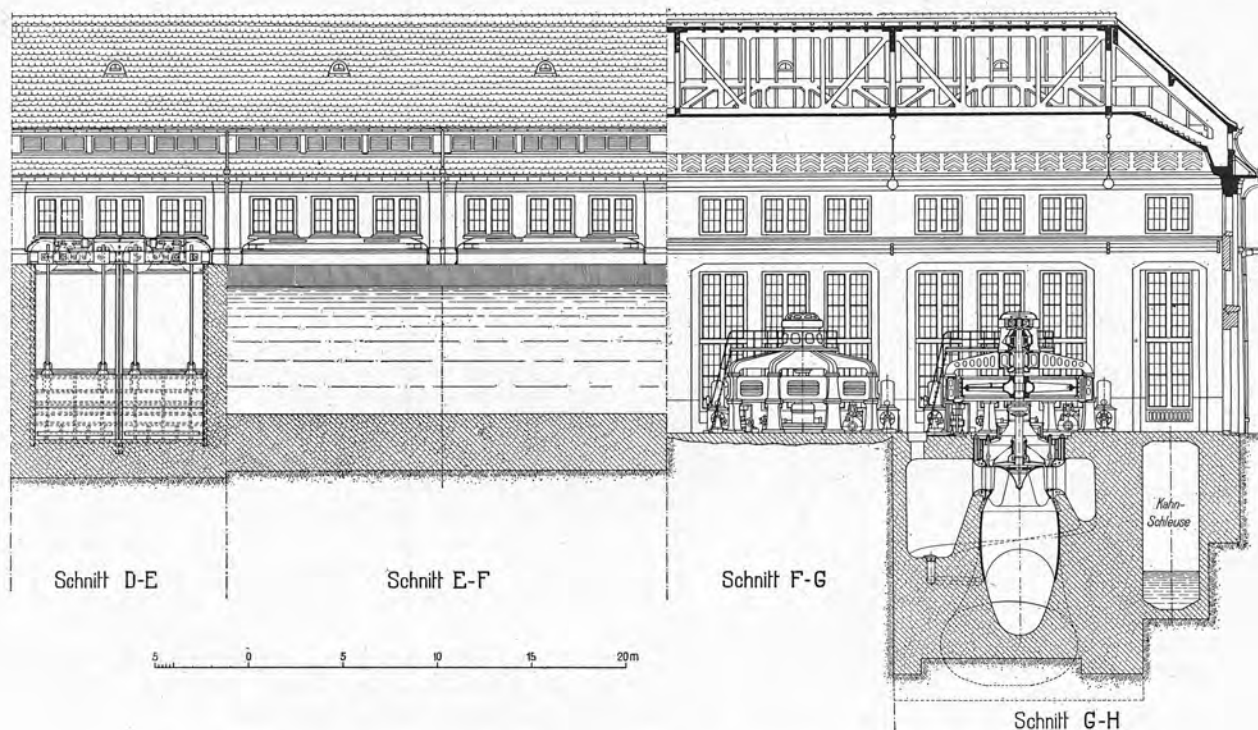


Abb. 80. Maschinenhaus (südliche Hälfte). — Ansicht von der Oberwasserseite und Längsschnitte. — 1:400.

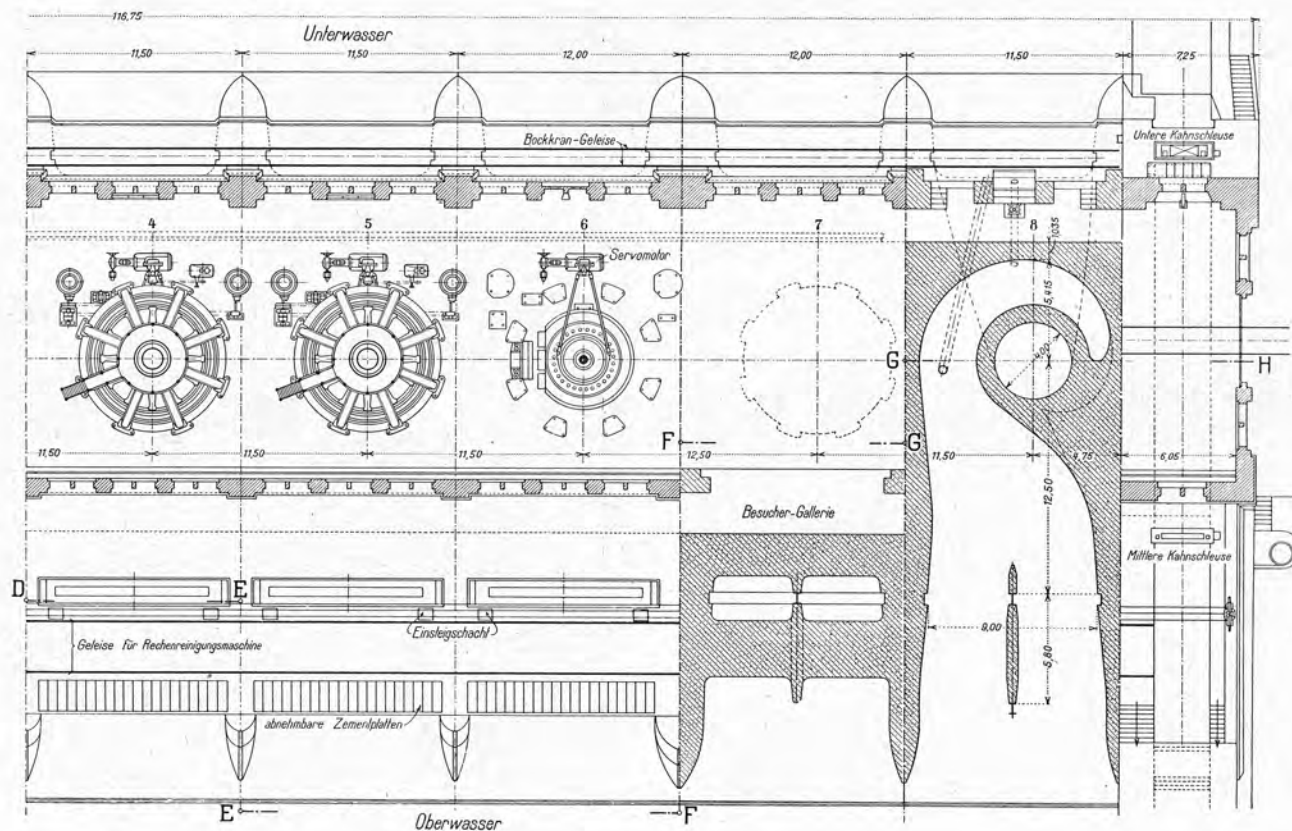
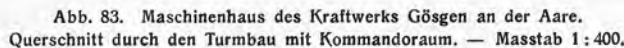


Abb. 78. Grundriss des Maschinenhauses (südliche Hälfte) und Horizontalschnitte durch Einlaufschützenschacht und Einlaufspirale. — Masstab 1:400.

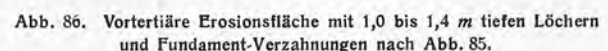
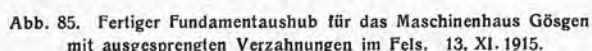
Schützen als Gleitschützen auszubilden. Diese Schützen sind in dem kleinsten Durchflussquerschnitt angeordnet; ihre Tafeln haben rd. 3,60 m Höhe bei 4,60 m Breite. Die Blechhaut ist gegen die Oberwasserseite zu gekehrt. Zur Abdichtung sind oben und unten Holzbalken und seitlich Messingleisten an den Schützentafern angebracht.

Bei der Einlaufspirale wurde besonderes Gewicht auf eine gute Wasserführung vom Rechen bis zur Turbine gelegt. Ihre Form ist insbesondere aus Abbildung 82 ersichtlich; der Querschnitt ist nahezu rechteckig mit abgerundeten Ecken. Die Saugrohrkrümmer besitzen in ihrem obersten Teil, durch den das Wasser mit grosser Geschwindigkeit durchfliesst, eine eiserne Verkleidung (siehe Abbildung 81). Damit das Turbinenlaufrad auch von unten zugänglich ist, ohne dass das Saugrohr durch Dammbalken abgeschlossen und entleert werden muss, wurden in die innern Spiralwandungen, unter dem Turbinenuntersatz, zwei sich gegenüberliegende, nach dem Saugrohr führende Oeffnungen eingebaut, die mit Türen abgeschlossen sind. Der Scheitel des Krümmers liegt auf Kote 373,25, d. h. noch 50 *cm* tiefer als der berechnete tiefste Niederwasserstand, sodass ein Luftzutritt ausgeschlossen ist. Unmittelbar nach dem Auslauf des Saugrohres sind die Pfeiler mit Dammbalkennuten versehen. Der Abschluss eines Turbinenauslaufs erfolgt durch vier übereinanderstehende Dammtafeln. Die Breite der Tafeln beträgt rund 8,80 *m* bei einer Höhe der einzelnen Tafel von rund 2 *m*. Das Einsetzen und das Herausnehmen der Schützentafeln bezw. deren Transport vor die Turbinenausläufe erfolgen mittels eines fahrbaren Bockkranes von 9 *t* Tragkraft, dessen Laufbahn auf Kote 377,20 liegt. Bei Nichtgebrauch können Kran wie Schützentafeln in einer Kammer im Untergeschoss des Turmhauses untergebracht werden.

Auf der Unterwasserseite, unter dem Maschinenhausboden, laufen der Länge nach zwei Gänge. Durch den untern Gang sind die Hochspannungskabel von den Generatoren zur Schaltanlage, sowie die Mess- und Signalleitungen geführt. Im obern Gang befinden sich die Oel-Reservoirs



Diese Zwischenwand in der Einlaufmitte ist als Fachwerkträger mit Betonausfüllung ausgebildet und trennt den Einlauf bis hinter die Einlaufschützen (Abbildungen 81 und 82). Dank dieser Unterteilung wird jede Kammer durch zwei Schützen abgeschlossen, sodass es möglich war, die unter einem Wasserdruk bis 0,60 m zu bewegendes



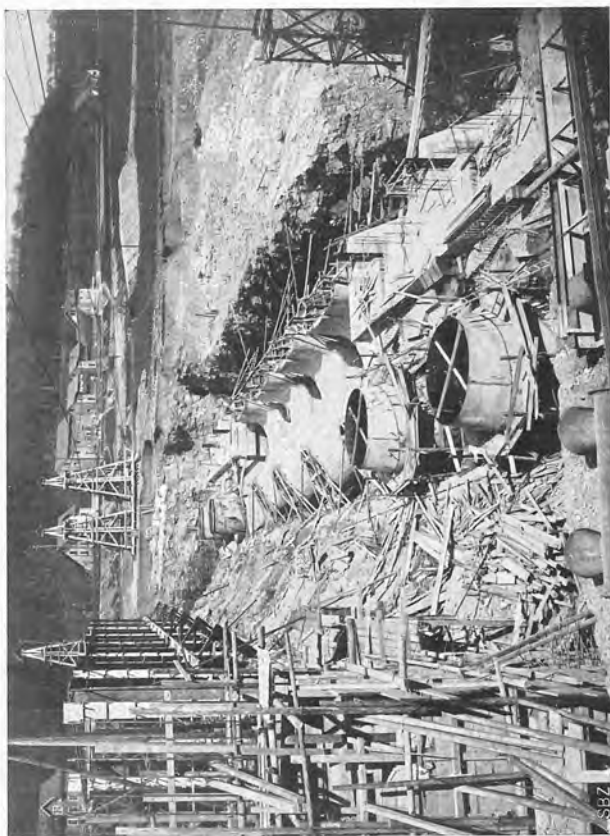


Abb. 89. Saugrohrpanzerungen für die Turbinen 1, 2, 7 und 8, Verschaltungen der Saugkrümmer für die Turbinen 3 bis 6. — 28. III. 1916.

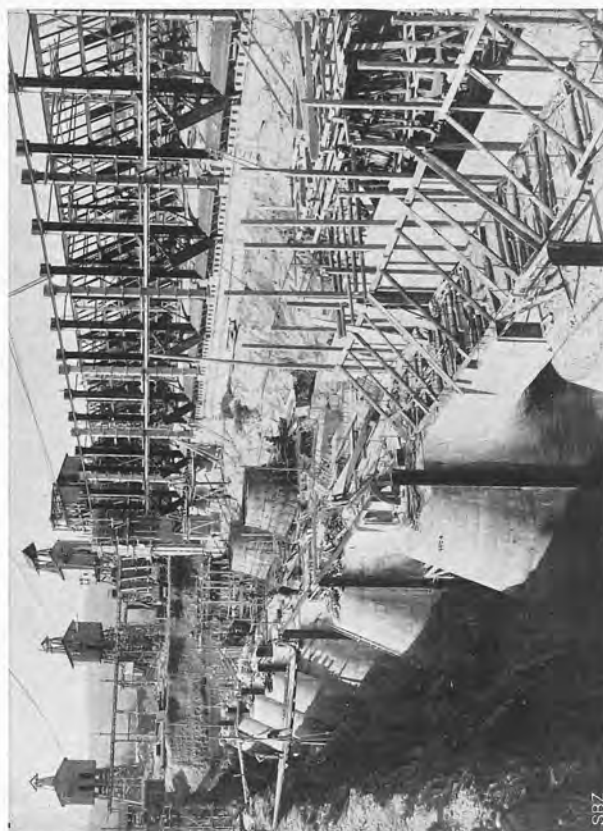


Abb. 90. Unterbau betoniert bis auf Höhe Unterkant Saugrohrpanzerung. Rechts Rechenunterbau und Führungen der Einlaufschützen. 29. IV. 1916.

und die Kühlwasserleitungen. Im Einlaufvorbau ist längs der obren Maschinenhausseite ebenfalls ein Gang ausgespart, die sogenannte Besucher-Galerie (Abb. 81, sowie 84 auf Seite 28).

Allgemein wurde danach getrachtet, nebst einer guten Wasserführung die Kosten des baulichen Teiles auf ein Minimum herabzusetzen durch Anpassung des Querschnittes für den Unterbau an den Felsuntergrund, um den Fels-Aushub möglichst gering zu halten und damit auch an Beton zu sparen. Bei dem vorhandenen Wasserüberdruck bis 17,0 m musste für einen soliden Anschluss des Fundament-

Betons an den Felsen gesorgt werden. Es wurden daher in den Felsen einbindende Rippen erstellt und daneben nur die Pfeiler zwischen den Turbinenkammern in den Felsen eingelassen (Abbildungen 85 und 86, S. 32), während im übrigen der Felsen unter der Einlaufspirale und dem Saugkrümmer mit einer minimal 70 cm starken Betonschicht verkleidet wurde (Abbildung 87).

Bei der Berechnung der statischen Verhältnisse des Maschinenhauses wurden ausser dem maximalen Stau auf Kote 391,30 für den Fall eines Kurzschlusses eine Wellenbildung von 1,15 m und ausserdem in der eigentlichen

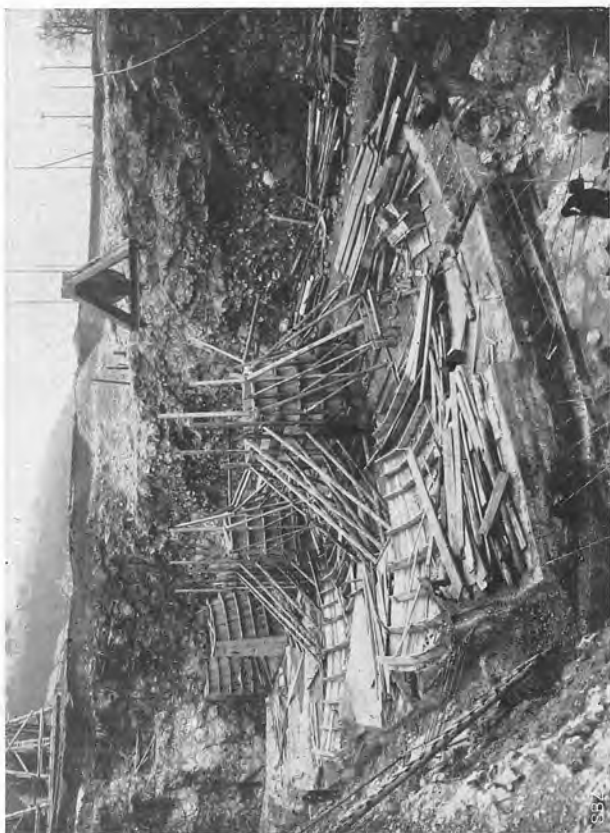


Abb. 87. Verschaltungen für die Pfeilerköpfe der Turbinenausläufe 1 bis 3, sowie betonierete Sohle der Saugkrümmer. — 27. XII. 1915.



Abb. 88. Verschaltungen für die Saugkrümmer der linksseitigen Turbinen 1 und 2 mit den Führungen für die Dammbalken-Abschlüsse. — 28. I. 1916.

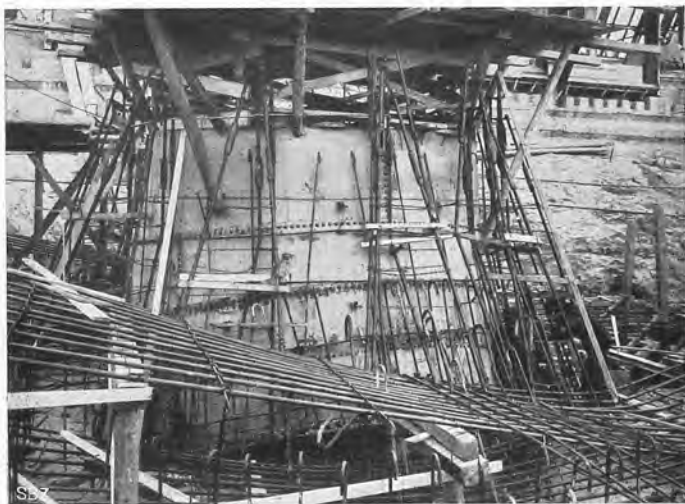


Abb. 95. Spannschlösser zur Verankerung des festen Leitapparates (provisorischer Einbau zur Sicherung der Lage der Stäbe im Beton des Unterbaus). 7. V. 1916.

Turbinenkammer ein Stosszuschlag berücksichtigt. Zur Erhöhung der Standsicherheit des Objektes sind noch unter jedem Einlaufpfeiler Rundeisen bis 1,50 m in den Felsen eingelassen worden. Die Stabilitätsbedingungen sind aber ohne diese Verankerung erfüllt.

Der Maschinenhaus-Unterbau, sowie sämtliche Tragkonstruktionen, wie Kranbalken, Zwischenböden im Turm und die Dachkonstruktion, sind in armiertem Beton ausgeführt. Wegen seiner Länge ist der ganze Bau vom Fundament bis zur Dachhaut durch zwei Dehnungsfugen in drei unabhängige Abschnitte geteilt. Diese Fugen sind auch im Vorbau durchgeführt und trennen die Pfeiler zwischen den Turbinenkammern 2 und 3 bzw. 6 und 7. Um Durchsickerungen zu vermeiden, durften die Fugen im horizontalen Sinne nicht geradlinig durchgeführt werden (siehe Abbildung 82 auf Seite 29). Die Nuten und Falze der Fugen sind durch Einlagen von Asphaltfilz in den rechtwinklig zur Fugenrichtung stehenden Flächen gegen Wasserdurchtritt gesichert. Durch das bisher beobachtete Arbeiten ist die Notwendigkeit der Fugen nachgewiesen. Die Fugen bieten aber auch für die Ausführung der Betonierung grosse Vorteile, indem sie die Abgrenzung der Baustadien sehr vereinfachen.

Der Unterbau bis unter den Spiralboden erhielt nur vereinzelte Verstärkungen durch Eiseneinlagen, während die Spiralwände und der Maschinenhausboden als eigentliche armierte Betonkonstruktion berechnet und ausgeführt wurden. Die Abbildungen 87 bis 90 zeigen den Unterbau

mit den Saugkrümmern in verschiedenen Baustadien. Aus den Abbildungen 89 bis 91 sind insbesondere die schon früher erwähnten Panzerungen des oberen Teiles der Saugrohre ersichtlich. Ferner lassen die Abbildungen 92 bis 94 verschiedene Baustadien der Einlaufspiralen erkennen. Um die Ausführung von Aussparungen im Betonkörper und nachträgliches Eingiessen von Eisenkonstruktionsteilen zu vermeiden, wurde, wie aus den Abbildungen 88 und 93 ersichtlich ist, die Aufstellung der Schützen- und Damm-balken-Führungen, sowie der Rechentrugkonstruktion vor der Betonierung der anschliessenden Betonkonstruktion vorgenommen.

Unter dem Maschinenhausboden herrscht ein Wasserdruck von rd. 10,0 m, der bis auf den Spiralboden noch um etwa 4,5 m zunimmt. Die Vertikalwand des Spiral-Gehäuses ist im Unterbau und im Maschinenhausboden als ganz oder teilweise eingespannt betrachtet worden. Unter Berücksichtigung dieser Einspannungsverhältnisse erhielt die Spiralwand die Hauptarmierung im vertikalen Sinne. Der Maschinenhausboden, der durch die Turbinenöffnungen kreisförmig durchbrochen ist, findet sein Auflager auf dem Umriss der Turbinenspirale, sowie auf dem festen Leit-Apparat. Beide Stützpunkte gelten sowohl für Lasten von oben bei leerer Kammer, als auch für den Druck von unten bei gefüllter Kammer. Der Boden ist daher mit dem Unterbau verankert, und zwar einerseits durch die Armierung der äusseren Spiralwand, andererseits durch grosse Zuganker, die den festen Leitapparat fassen und durch die zu diesem Zwecke hohl ausgeführten festen Führungsschaukeln des Turbinen-Einlaufs eine Verbindung mit der innern Spiralwand bilden (Abbildungen 96 und 97). Bei den grossen hier zur Wirkung kommenden Kräften konnten die Zuganker von 100 mm ϕ nicht einfach in den Beton des Unterbaues geführt werden, sondern sie wurden nach dem Austritt aus dem untern Tragring in vier bis sechs einzelne Stäbe aufgelöst (Abbildung 97). An den Bolzen sind Briden angeschraubt, an denen je zwei Stäbe angreifen. Da diese Verankerung erst nach fertiger Montage der festen Turbinenteile einbetoniert werden konnte, war es notwendig, entsprechende Verankerungsstäbe, die aus dem Beton des Unterbaues hervorragen, mit einem Gewinde zu versehen. Durch Spannschlösser sind dann diese Stäbe mit den an den Briden befestigten verbunden worden. Dabei mussten die Verankerungsseisen im Unterbaubeton natürlich nach Lage und Richtung sehr sorgfältig verlegt werden, damit sie zwecks dieser Verbindung den oberen Eisen genau gegenüber standen (Abbildungen 94 u. 95). Aus den untenstehenden Abbildungen 96 und 97 sind auch die Zugangstüren zum oberen Teil des Saugrohrs ersichtlich, von denen bereits die Rede war, und die einen



Abb. 96. Inneres einer Turbinenkammer mit provisorischen Säulen für die Abstützung des Maschinenhaus-Bodens. Rechts der Turbinen-Untersatz mit Zugang zum Saugrohr. 27. X. 1916.

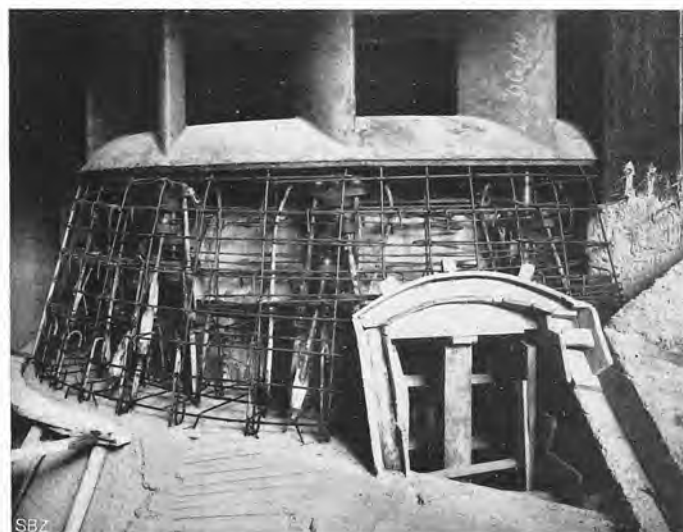


Abb. 97. Armierung unter dem festen Leitapparat, mit den durch die hohlen Schaukeln gehenden Verankerungsseisen mit Spannschlössern. Rechts der Zugang zum Saugrohr. 15. V. 1917.

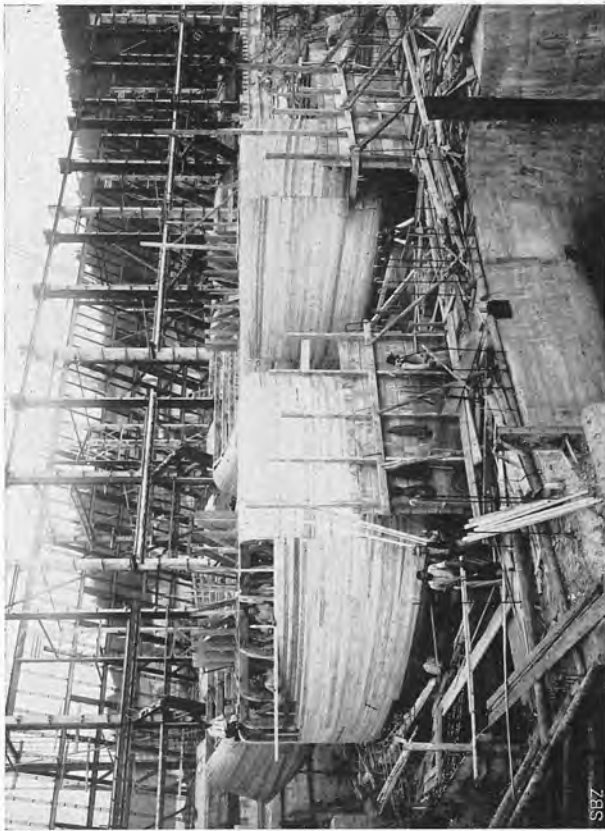


Abb. 93. Fertigstellung der Verschalen für die Einlaufspiralen der rechtsseitigen Turbinen 7 und 8, 25. V. 1916.

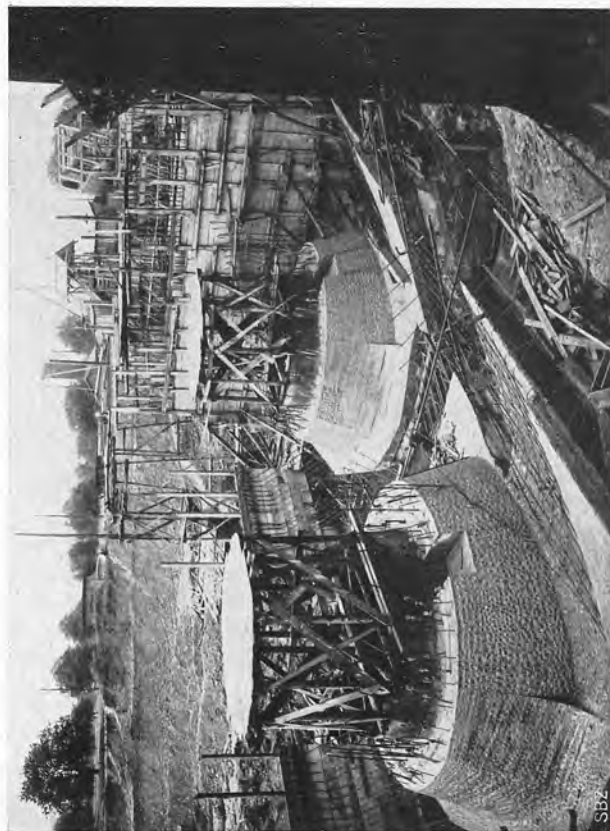


Abb. 94. Fertig betonierte innere Wand der Einlaufspiralen 1 und 2 mit Verankerungsseilen für das Ansetzen der Spannschösser, 9. VI. 1916.

Zutritt zum Turbinen-Laufrad ohne Entleerung des Saugkrümmers ermöglichen.

Sowohl im Spiral- wie auch im Maschinenhausboden sind zur Aufnahme der horizontalen Kräfte auf die Spiralwände horizontale Eisen in der Richtung der Kanalaxe und der Maschinenhausaxe verlegt worden. Durch die Anordnung der Dehnungsfugen wurde die Horizontal-Armierung in der Axe des Maschinenhauses besonders notwendig, was sich durch das nachträgliche Öffnen der Fugen im Unterbau als gerechtfertigt erwiesen hat. Im übrigen sei auf die Abbildungen 98 bis 101 verwiesen.

Der Stützpunkt für den Maschinenhausboden auf dem festen Leitapparat kam erst nach Fertigstellung der Montage der festen Turbinenteile und nach Einbetonieren des ringförmigen Turbinenuntersatzes im oberen Teil des Saugrohres bzw. nach Ausgießen der Schlussfuge zwischen der armierten Betonplatte und dem oberen Ring des festen Leitapparates der Turbinen zur Wirkung. Es musste daher dafür gesorgt werden, dass die der Rechnung zu Grunde gelegten Belastungen auch während des Baues und der Montage nicht überschritten wurden. Da die geringste Setzung verhindert werden musste, boten dafür



Abb. 91. Panzerungen am obern Ende der Saugkrümmers der linksseitigen Turbinen 1 und 2 (Teilaussicht zu Abb. 89), 10. III. 1916.

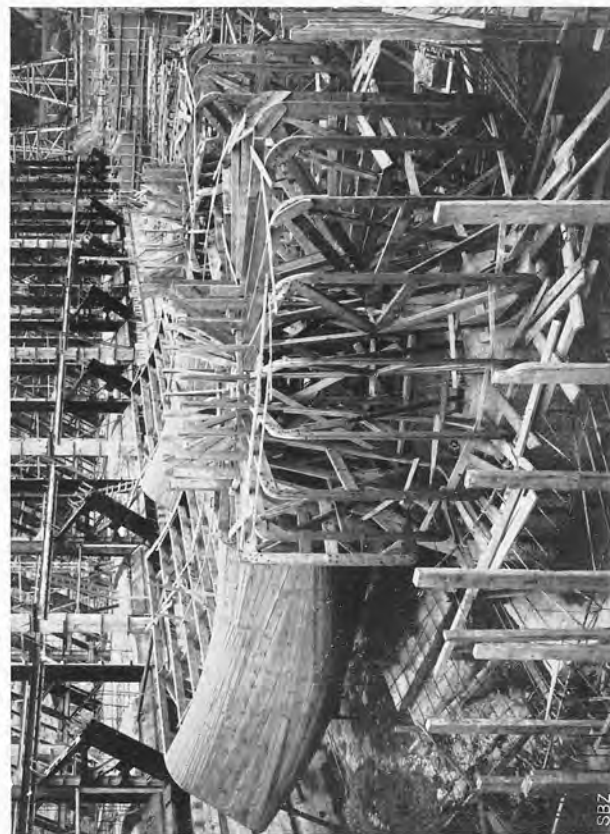


Abb. 92. Gerippe für die Verschalen der Einlaufspiralen der rechtsseitigen Turbinen 7 und 8, 22. V. 1916.



Abb. 104. Beginn der Baggerung für die Maschinenhaus-Baugrube.
Aufnahme vom 31. VII. 1914.



Abb. 105. Blick vom Unterwasserkanal gegen die Maschinenhaus-Baustelle.
Links die rechtsseitigen Türme der Kabelbahn-Anlage. 13. XI. 1915.

Holzpfosten zu wenig Sicherheit; es wurde daher der Maschinenhausboden durch an Ort und Stelle gegossene Betonsäulen auf den Spiralboden abgestützt (Abbildung 96). Diese Säulen wurden nach vollendeter Montage oben und unten abgemeißelt und aus der Kammer entfernt.

Die Einlaufspirale sowie der Saugkrümmer erhielten einen wasserdichten Zementmörtelverputz. Da es aber trotzdem nicht völlig ausgeschlossen ist, dass im Beton der Turbineneinläufe und des Maschinenhausbodens Druckwasser eindringt, das an den oberwasserseitigen Maschinenhauswandungen oder am Boden austreten könnte, war eine ausreichende Drainage angezeigt. Es ist daher in der Fussbodenplatte des Maschinenhauses in der Nähe der Betonoberfläche eine poröse Betonschicht eingebracht, die beidseits Gefälle nach der Pfeilermitte hat. Von hier wird das Sickerwasser durch eingelegte Drainerröhren in das

Unterwasser abgeführt. Bei den vertikalen Wänden wurde vor die eigentliche Betonmauer eine Blindwand vorgesetzt, sodass ein Hohlraum entstand, der durch entsprechende Rohrableitung entwässert wird.

Das aufgehende Mauerwerk des Maschinenhauses (Abb. 102) ist in Beton, teilweise mit Zementstein-Verkleidung ausgeführt. Wo die Pfeilerabmessungen statisch ungenügend waren, wurden die erforderlichen Eiseneinlagen angeordnet. Es sei besonders darauf hingewiesen, dass die Kranbalken ebenfalls in armiertem Beton ausgeführt sind (Abbildung 103). Die Dachbinder sind als Rahmen mit Zugband auf Deckenhöhe und zwei Gelenken auf Dachgesimshöhe berechnet (Abbildung 102). Die Pfetten, die auf eine Kammerbreite von rd. 12 m die Dachlast auf die Binder zu übertragen haben, sind fachwerkartig konstruiert. Eine an den Fachbindern aufgehängte Eisenbetondecke

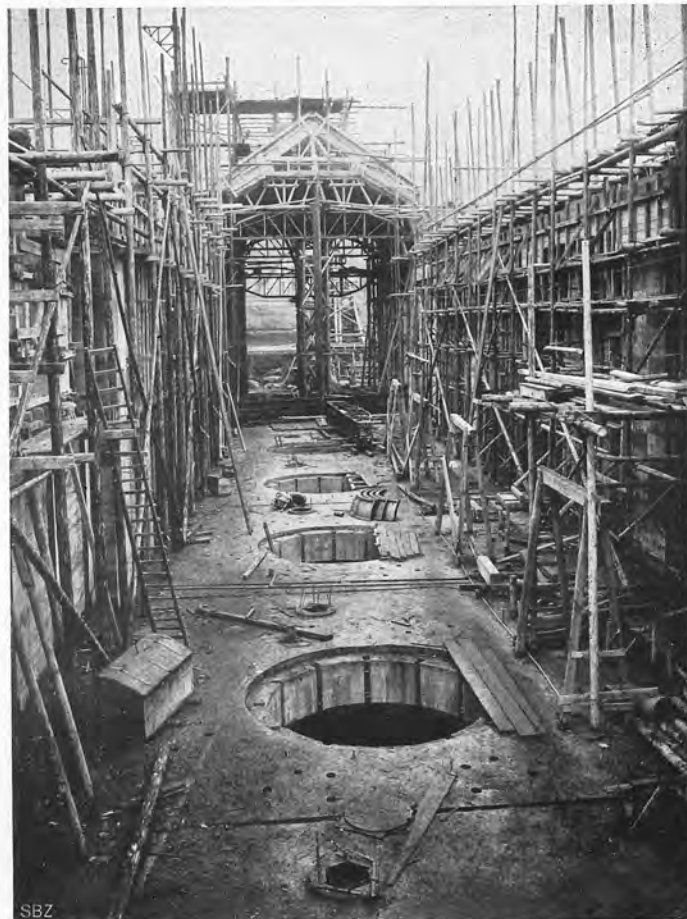


Abb. 102. Blick auf den fertigen Maschinenhaus-Boden.
Im Hintergrund die Verschalung für die Dachkonstruktion. 10. XII. 1916.

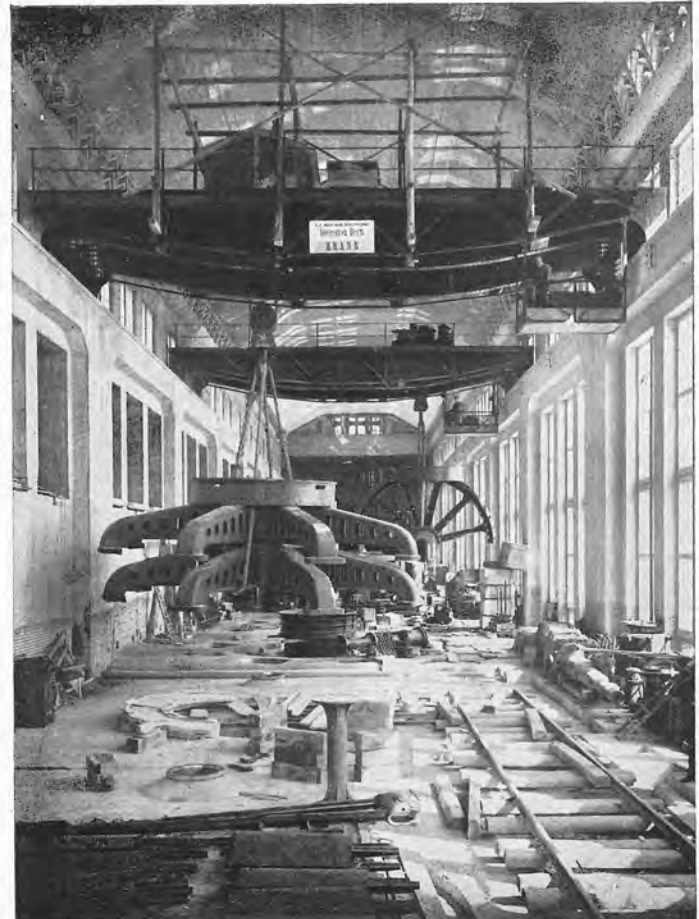


Abb. 103. Inneres des Maschinenhauses Gösgen während der Montage der Maschinen (Belastungsprobe der Krane). 26. VIII. 1917.

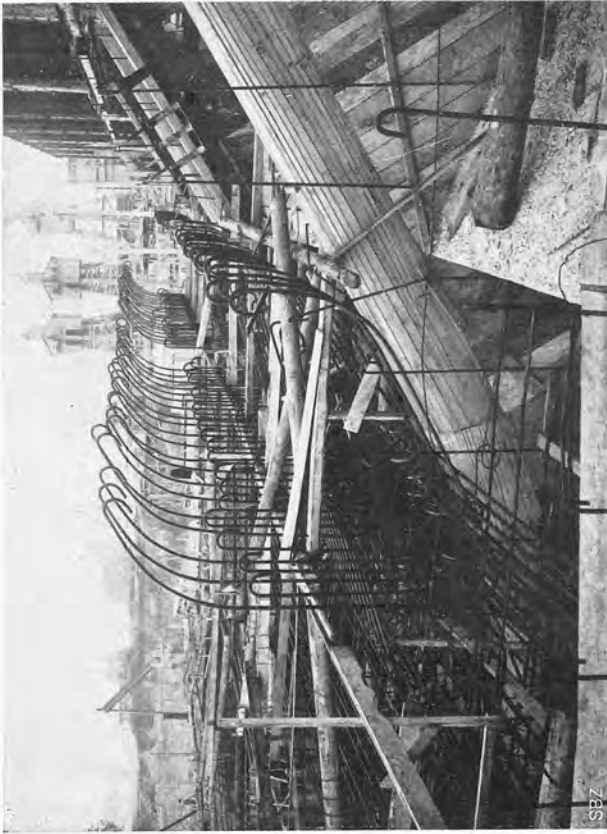


Abb. 100. Armierung für die Einspannung des Maschinenhaus-Bodens bei den Turbinen 1 und 2 in den Betonkörper des Vorbaus (Einlauf rechts). 1. VII. 1916.

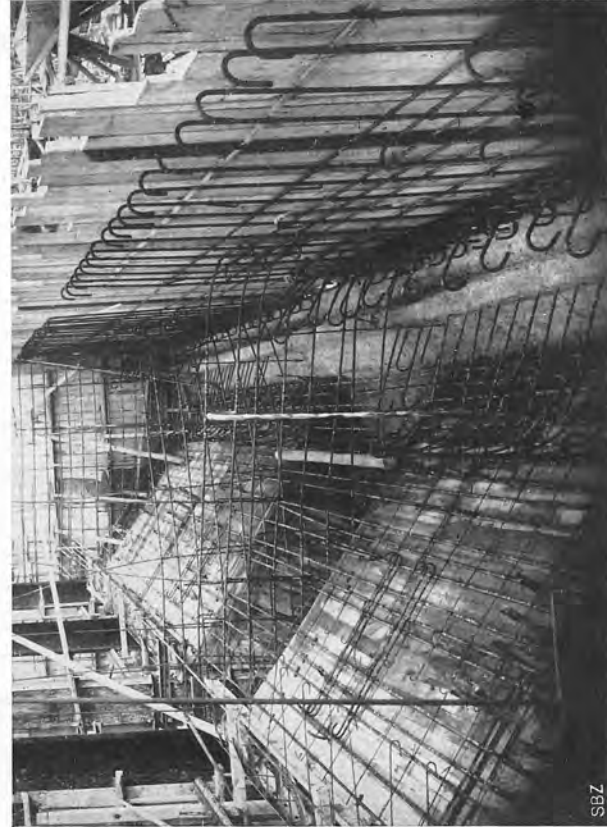


Abb. 101. Armierung für die Einspannung des Maschinenhaus-Bodens bei den Turbinen 3 und 4 in den Betonkörper des Vorbaus und in die Pfeiler (Einlauf links). 17. IX. 1916.

verkleidet die ganze Tragkonstruktion gegen den Maschinen-saal. Für die Ventilation ist die untere Schrägfläche der Decke durchbrochen (Abbildung 103). Die Dachhaut besteht aus betonierten Sparren mit Ziegel-Hourdis. Auf den Sparren sind Contrelatten befestigt zur Aufnahme der Dachlattung für ein Biberschwanzziegel-Doppeldach.

Im Turmbau ist der Zentralkommandoraum so hoch gelegt, dass die beiden Maschinenhauskrane unter denselben einfahren können (vergl. Abbildungen 79 und 83, Seiten 30 und 32). Durch diese stark erhöhte Lage wird eine gute Uebersicht über den ganzen Maschinensaal

ermöglicht. Der Boden des Kommandoraumes, unter dem zahlreiche Kabel durchgeführt werden müssen, ist als begehbarer Doppelboden ausgebildet. Die Hauptträger mussten zur besseren Zugänglichkeit stark durchbrochen werden, was zur Konstruktion von Vierendeelträgern führte. Diese finden ihr Auflager in einem in der Wand gegen den Maschinensaal ausgebildeten Hängewerk, weil im Montage-Raum keine Säulen zulässig waren. Da auch im Kommando-Raum keine Säulen angebracht werden durften, sind die darüber liegenden Böden mittels Hängesäulen in armiertem Beton an der Dachkonstruktion aufgehängt. Das

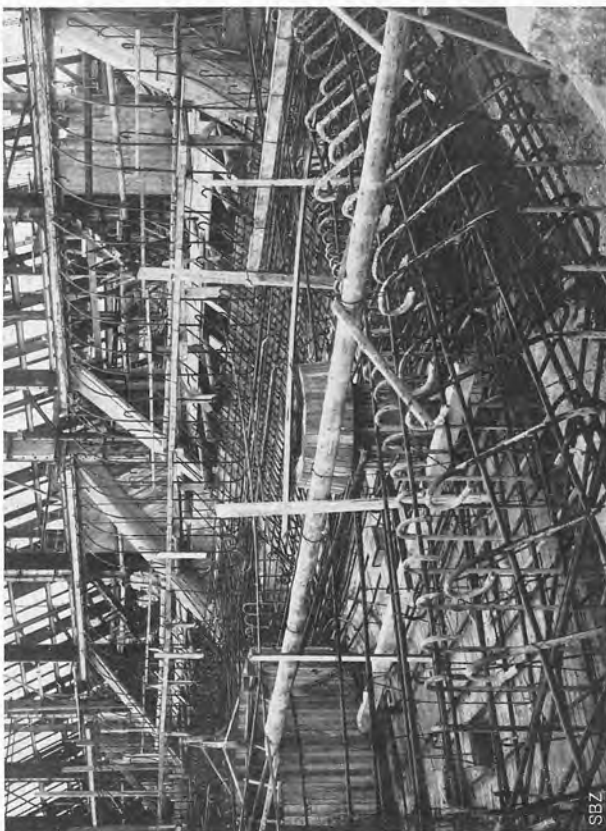


Abb. 98. Armierung des Maschinenhaus-Bodens bei den Turbinen 1 und 2 in nahezu vollendetem Zustand. 23. VI. 1916.

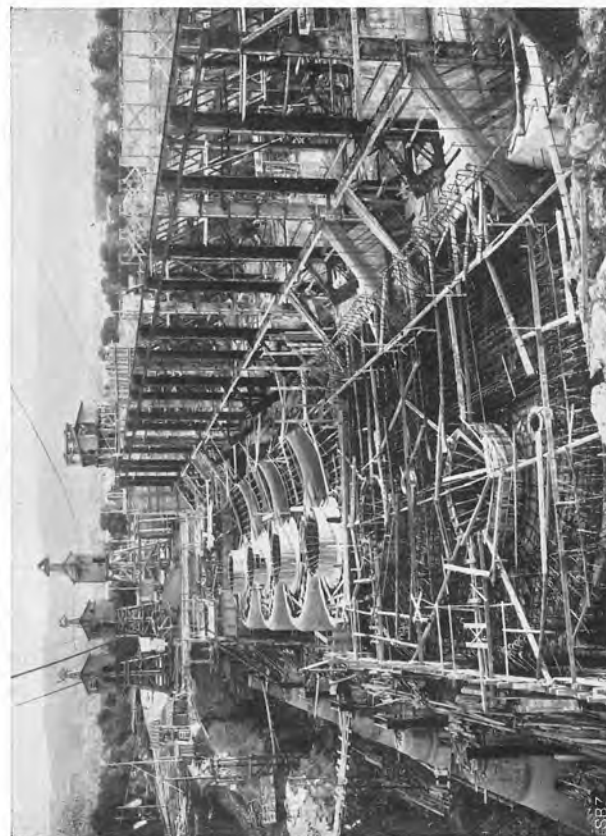


Abb. 99. Im Vordergrund Armierung des Maschinenhaus-Bodens. Im Hintergrund die Verschaltungen für die Einlaufspiralen 3 bis 6. 1. VII. 1916.

Turmdach ist im übrigen ähnlich ausgeführt wie das Maschinenhausdach. Zur bessern Bedienung der oberen Räumlichkeiten im Turm ist ein Aufzug eingebaut.

Bauinstallationen.

Die Absperrung und Trockenlegung der Maschinenhaus-Baugrube (Abb. 104 und 105, S. 36) erforderte keine

zwei Mischmaschinen aufgestellt, wovon eine für den Tagesbedarf von 200 m^3 und die andere als Reserve mit 100 m^3 täglicher Leistung. Die Beschickung der Maschinen war derart, dass das vereinbarte Mischungsverhältnis automatisch eingehalten wurde. Die Leistung beim Betonieren hing allerdings weniger von der Leistung der Sortier- und Beton-Maschinen ab, als vielmehr von der Verarbeitung des Betons

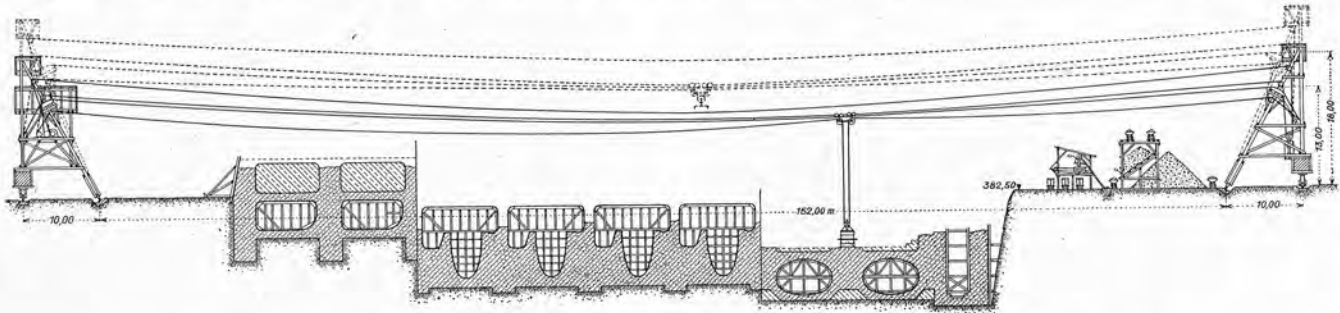


Abb. 107. Längsschnitt durch die Baugrube mit den Kabelbahnen, von Westen betrachtet. — Masstab etwa 1:1000.

besonderen Massnahmen. Am untern Ende der Baugrube wurde als Abschluss gegen den Unterwasserkanal ein Felskern stehen gelassen, bis der Unterbau bis über den Hochwasserstand vollendet war. Der Wasserzufluss durch den Felsen war sehr gering.

Bei der Anordnung der Betonierungs-Anlage war man von dem Bestreben geleitet, ein Minimum von Arbeitskräften zu deren Bedienung zu erreichen. Im Situationsplan Abb. 106 und im Längsschnitt Abb. 107 ist sie in ihren Grundzügen festgelegt. Mit Rücksicht auf die bequeme Zufuhr des Betonmaterials aus dem Aushub des Unterwasserkanals wurde die gesamte Sortier- und Betonierungsanlage auf die rechte Seite des Bauplatzes verlegt. Das Material wurde in zwei voneinander unabhängigen Sortieranlagen sortiert und gewaschen, die je durch einen Motor von 30 PS angetrieben waren. Das Rohmaterial wurde durch einen Aufzug hochgezogen und in eine Sortiertrommel gekippt. Nach dem Austritt aus der Trommel wurde der feine Kies auf einem Rüttelsieb vom Sand getrennt und gewaschen; der grobe Kies hingegen gelangte in ein Verteilungssilo, wo er gewaschen und in die Reservesilos verteilt wurde. Vom Rüttelsieb fiel der Sand auf eine schiefe Ebene, wo er ebenfalls gewaschen und hierauf unten in einem Bassin gesammelt wurde. Von hier konnte er in Rollwagen abgelassen, die mittels eines Aufzuges auf die Siloebene hochgehoben wurden, und so in die einzelnen Silos verteilt werden. Das Waschwasser wurde aus der Aare mittels einer Zentrifugalpumpe in ein Reservoir auf dem obersten Boden der Sortieranlage gepumpt. Aus diesem Reservoir wurde auch die Druckleitung zum gründlichen Waschen der Felsoberfläche gespeist, wobei eine Kolbenpumpe eingeschaltet wurde, um den Druck auf etwa 7 Atmosphären zu erhöhen. Die Sortieranlage war für eine Tagesleistung von 300 m^3 gebaut. Die Siloanlage fasste 600 m^3 sortiertes Material.

Aus den Silos gelangte das Betonmaterial durch Öffnen von Klappen in Rollwagen, welche die Betonmaschinen bedienten. Zur Betonbereitung waren

auf der Baustelle. Es wurden hier Leistungen bis 120 m^3 täglich im Monatsmittel und bis 160 m^3 maximal im Tag erreicht.

Zur Beschickung der Baustelle mit Beton, Eisen, Schalungen usw. waren drei fahrbare Seilkranen aufgestellt (Abbildungen 106 und 107). Die beidseitigen Türme waren in der Querrichtung des Maschinenhauses auf Geleisen verschiebbar, sodass die ganze Baustelle bestrichen werden konnte. Die Verwendung von Seilkranen bietet gegenüber jeder andern Beschickung der Baustelle den Vorteil,

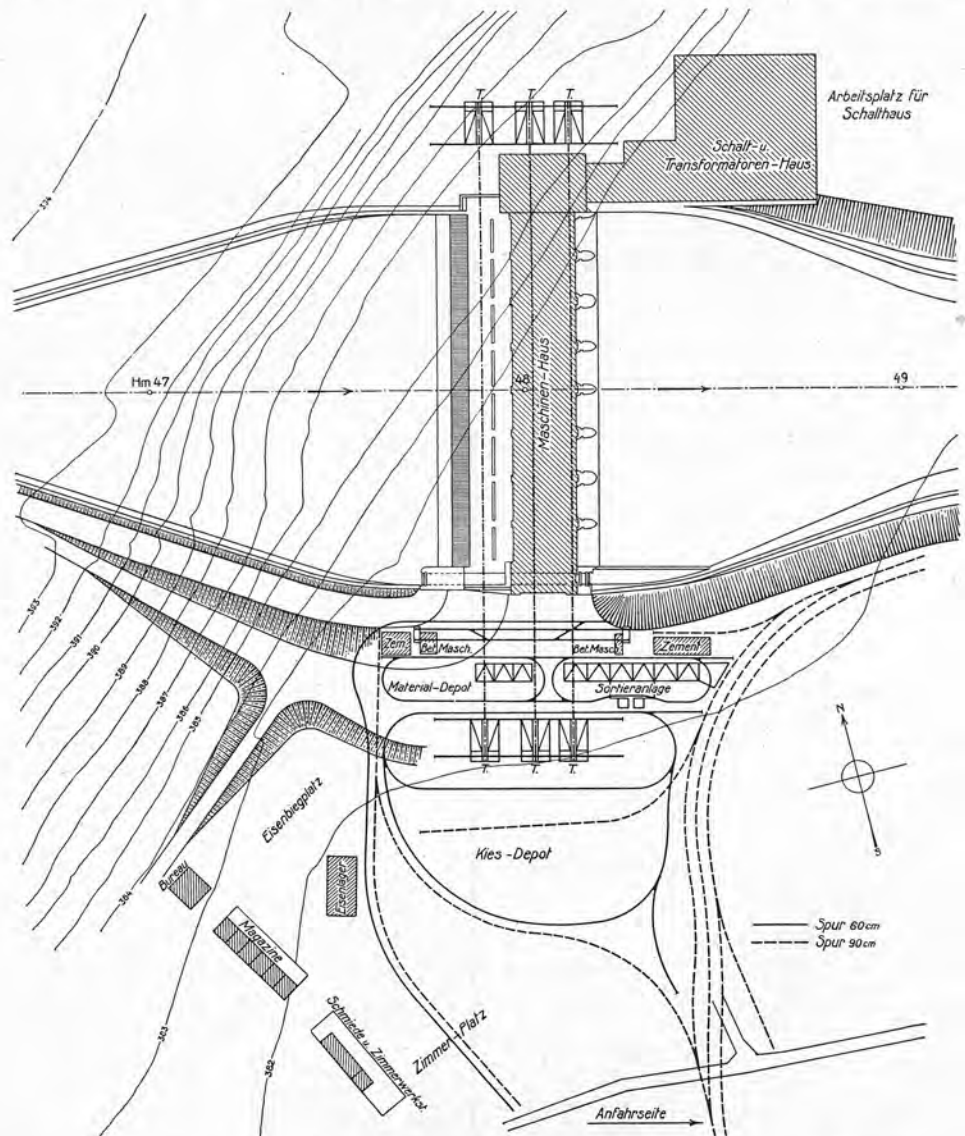


Abb. 106. Lageplan des Maschinen- und des Schalhauses, mit Installationsplatz. — 1:2000.

dass der Arbeitsvorgang durch keine Gerüstungen für die Anfuhr behindert wird, und der Beton direkt an die Verwendungsstelle zugeführt werden kann, unter Wegfall der hohen Schüttgerüste. Von den drei Seilbahnen waren zwei mit je 3 t Tragkraft und 13 m Turmhöhe bis auf Kote 387,50 m verwendbar. Dabei hatten sie eine Hubgeschwindigkeit von 1 m/sek und eine Leistungsfähigkeit von rd. 100 m³ im 10-stündigen Arbeitstage. Die dritte Seilbahn mit 2 t Tragkraft und 18 m Turmhöhe konnte auch für die Ausführung des Hochbaues verwendet werden. Der Transport des Betons zur Verwendungsstelle geschah mittels Kasten von 1/2 bis 3/4 m³ Inhalt mit Bodenentleerung.

Die Turbinenanlage.

Bei der grossen Leistung von rund 7000 kVA der einzelnen Maschinengruppen wurde, um die grösstmögliche Betriebsicherheit zu erzielen, danach getrachtet, jede Gruppe für sich, unabhängig von den andern betreiben zu können. Von der Verwendung einer Zentral-Oeldruckanlage nahm man deshalb Abstand, und jede Turbine wurde mit den für ihren eigenen Betrieb erforderlichen Hilfseinrichtungen versehen. Die Konzentrierung der Regulierorgane der Turbinen und der Hilfseinrichtungen auf dem Maschinenboden ermöglichte neben der grossen Uebersichtlichkeit eine bequeme Zugänglichkeit, bzw. einfache Montage und

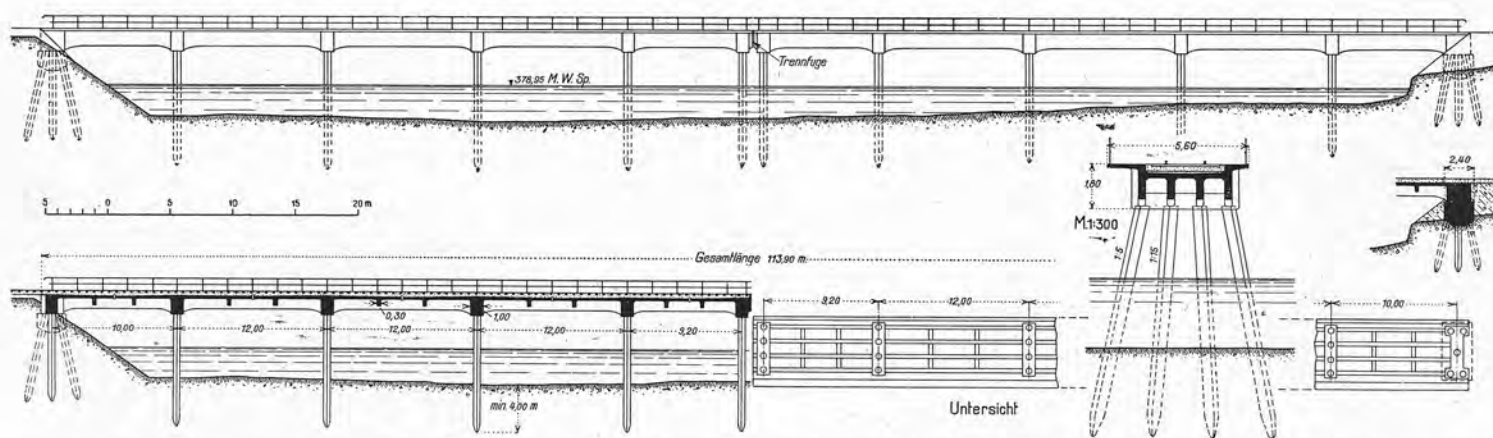


Abb. 108 und 109. Gesamtbild, sowie Ansichten und Schnitte 1:600 bzw. 1:300 der Aarebrücke bei Däniken für das Anschlussgeleise des Kraftwerks Gösgen.

Die Gesamtkubatur an Beton und Mauerwerk für das Maschinen- und Schalthaus beträgt rund 35000 m³. Als Armierungseisen wurden total 731 t Rundeseisen verwendet, wovon 547 t auf den Maschinenhaus-Unterbau entfallen.

Anschlussgeleise.

Für den Transport von Baumaterialien und Maschinenteilen ist das Maschinenhaus mit der S. B. B.-Station Däniken durch ein normalspuriges Anschlussgeleise verbunden (vergl. die Uebersichtskarte Abbildung 2 auf Seite 5). Besonders bemerkenswert ist hier die Ueberbrückung der Aare vermittelt einer Pfahljochbrücke in armiertem Beton (Abbildungen 108 und 109). Die Brücke ist nach den Vorschriften für normalspurige Nebenbahnen berechnet. Ihre Gesamtlänge beträgt 113,90 m und die normale Spannweite der Oeffnungen 12,0 m. In der Brückenmitte ist eine Dilatationsfuge vorhanden, die ein Doppeljoch bedingte. Die einzelnen Joche bestehen aus Eisenbetonpfählen mit Fünfeckquerschnitt und 46 cm innerem Kreisdurchmesser. Sie sind mindestens 4,0 m in das aus grobem Flusschotter bestehende Flussbett eingerammt. Auf der Oberwasserseite der Brücke ist ein öffentlicher Fussgängersteg angeordnet.

Demontage, wobei sozusagen alle Teile, und im besonderen die beweglichen ganz im Bereich der Krananlage liegen. In dieser Hinsicht ist zu erwähnen, dass dank der gedungenen Konstruktionshöhe der Maschinengruppen zufolge Ausschaltung des Zwischenbodens und Verwendung von einfachen Turbinen-Laufrädern die Möglichkeit vorliegt, den ganzen rotierenden Teil, also den Generator-Rotor und das Turbinenlaufrad, in einem Stück mittels der Laufkrane hoch-zuziehen, was bei Revisionen und Reparaturen von besonderem Vorteil ist. Die sonstigen wichtigen Vorteile, die überdies mit der Verwendung von einfachen Turbinen-Laufrädern sich ergaben, sind auf Seite 29 bereits angeführt worden.

Da das Werk Ruppoldingen des Elektrizitätswerkes Olten-Aarburg A.-G. Zweiphasenwechselstrom von 40 Per/sek abgibt, wurde ursprünglich in Aussicht genommen, im Kraftwerk Gösgen nebst Drehstrom von 50 Perioden auch 40 Perioden-Strom zu erzeugen. Zwei Maschinengruppen, und zwar die dem Kommandoraum am nächsten stehenden, wurden deshalb zur abwechselungsweisen Erzeugung von 40 und 50 Perioden-Strom und die zugehörigen Turbinen für den Betrieb mit den entsprechenden Umlaufzahlen vorgesehen. Da aber noch während des Baues der Anlage

Gösgen das Elektrizitätswerk Olten-Aarburg den Umbau ihrer Anlagen auf Drehstrom von 50 Per/sek beschloss und an die Hand nahm, konnte nachträglich von der Erzeugung von 40 Perioden-Strom in Gösgen Abstand genommen werden.

Die im Jahr 1914 vergebenen und zur Zeit aufgestellten sechs Francis-Turbinen leisten normal je rund 7000 PS. Da sie aber mit einem von 13,5 bis 17,0 m variierenden Gefälle arbeiten, vermögen sie bei dem höchsten Gefälle bis zu 10000 PS zu leisten. Die Umlaufzahl der vier normalen Einheiten beträgt 83,3, jene der erwähnten zwei Spezialgruppen 93,6 in der Minute; bei Erzeugung von 40 Perioden - Strom hätte sie 75 in der Minute betragen. Die spezifische Drehzahl der Turbinen bewegt sich zwischen 217 und 303.

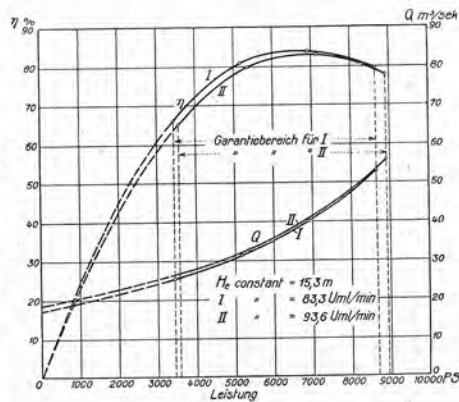


Abb. 114. Garantierte Wirkungsgrade und Wassermengen für die Turbinen mit 83,3 Uml/min (I) und für jene mit 93,6 Uml/min (II).

Abbildung 110 stellt einen Schnitt durch die Turbine dar; aus Abbildung 77 auf Seite 30 geht die Anordnung des Regulators, des Servomotors und der Ölpumpen, die unterwasserseitig neben den Generatoren aufgestellt sind, hervor.

Die ganze Turbinen- und Generatorgruppe hat, wie schon erwähnt, bloss zwei Führungslager, eines unmittelbar oberhalb des Turbinenlaufrades am Leitraddeckel (siehe Abbildung 110) das andere im oberen Stern des Generators, auf dem auch das Spurlager ruht, das ebenfalls zur Turbinenlieferung gehörte (vergl. Abbildung 116 auf Seite 43). Die vom Spurlager aufzunehmende totale Belastung, herrührend vom Gesamtgewicht des rotierenden Teiles und vom axialen Wasserdruck im Laufrad, beträgt rund 100 t.



Abb. 112. Regulier-Ring der Turbinen.

Es sind zwei verschiedene Arten von Spurlagern vorhanden, und zwar haben vier Gruppen das bekannte, in Abb. 116 dargestellte Oeldruck-Spurlager mit separat erzeugtem Oeldruck, während die zwei anderen mit dem Gleitlager der neuesten Ausführung der Firma Escher Wyss & Cie, das den Entlastungsdruck selbst erzeugt, ausgerüstet sind. Auch diese Einheiten erhielten jedoch eine besondere Oeldruckanlage, um die Möglichkeit zu schaffen, im Notfalle rasch auf den Betrieb mit Drucköl übergehen zu können. Die Gleitlager haben sich aber, wie auch in andern grossen

Anlagen, z. B. im Biaschinawerk, sehr gut bewährt, und es dürfte wohl heute die Reserve-Stupföldruckanlage als überflüssig betrachtet werden.

Die Wasserführung aus der Betonspirale zu den beweglichen Leitschaufeln erfolgt durch den festen Leitapparat, dessen unterer und oberer Tragring die Einlauf-Spirale soweit verkleiden, dass an der Uebergangsstelle keine für den Verputz unzulässige Geschwindigkeit auftritt.

Das Laufrad mit Gusschaufeln (Abbildung 111) ist in einem Stück, das 25 bis 26 t wiegt, gegossen. Es ist bei der Nabe an der Turbinenwelle direkt verflanscht und so kräftig gebaut, dass es z. B. bei Demontage des Spurlagers, nach Abstützen des äusseren Kranzes auf dem vorspringenden gusseisernen Untersatz in der oberen Partie des Saugrohres, das Gewicht des ganzen rotierenden Teiles des Aggregates tragen kann. Die beweglichen Leitschaufeln sind aus Stahlguss und in einem Stück mit ihren Drehzapfen gegossen. Die in Bronzebüchsen laufenden Drehzapfen sind unten in einem auf dem festen Leitapparat, zwischen diesem und dem Laufradkranz sitzenden Zwischenring gelagert, während sie oben in dem unmittelbar über Laufrad und Leitapparat befindlichen gusseisernen Leitraddeckel geführt werden (Abbildung 110). Dieser bildet in der Spiraldecke den Abschluss der im Maschinenhaus-Boden ausgesparten kreisförmigen Turbinenöffnung und trägt auf einem Armkreuz das Turbinenführungslager. Am Austritt der Turbinenwelle durch den Deckel sorgt eine zweiteilige Stopfbüchse für eine gute Abdichtung. Das gleiche ist der Fall bei sämtlichen oberen Drehzapfen, die über den Leitrad-Deckel heraustreten, zwecks Aufnahme von Verlängerungs-Achsen, mittels derer die beweglichen Leitschaufeln durch eine als oberer Abschluss der Turbinenöffnung ausgebildete sogen. Aussenregulierung betätigt werden (Abb. 112). Der Regulierring mit Walzenführung ist derart angeordnet, dass die beiden konvergierenden Stangen des Servomotors in Differenzialausführung unmittelbar oberhalb des Generatorbodens durchgeführt werden konnten (Abb. 110).

Die automatische Drucköl-Geschwindigkeitregulierung (Abb. 113) wird durch den grösstenteils nach neuen Prinzipien vom Turbinenlieferanten konstruierten und patentierten Regulator mit in vollständig dichtem Gehäuse eingebautem, in

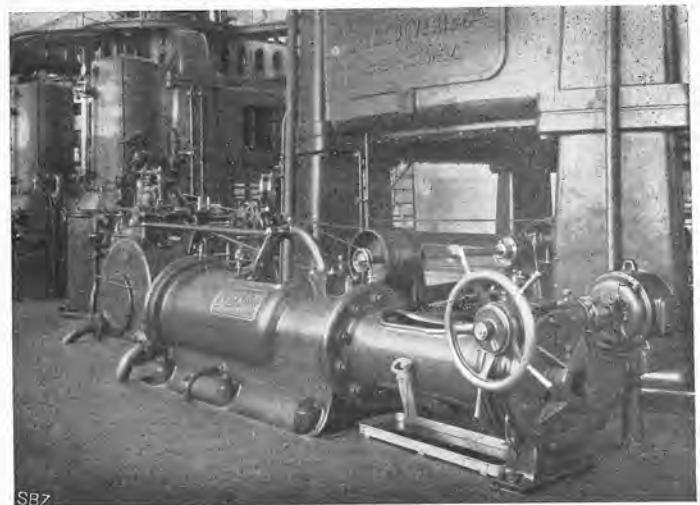


Abb. 113. Drucköl-Regulator der Turbinen.

Kugellagern laufendem Federpendel bewerkstelligt. Durch eine im Zusammenhang mit dem Kompensator getroffene besondere Konstruktion des Regulator-Steuerventiles wird erreicht, dass eine schwingungslose Regulierung bei grossen Belastung-Schwankungen gesichert ist, ohne dass gleichzeitig die Geschwindigkeit-Schwankungen bei relativ kleinen Belastungsänderungen ungünstig beeinflusst, d. h. grösser gestaltet werden. Die Regulatoren sind mit einer Drehzahl-Verstellvorrichtung ausgerüstet, die sowohl von Hand, als auch elektrisch durch einen Elektromotor, vom

Kommando-Raum aus zur Einstellung auf die richtige Umlauf-Zahl betätigt werden kann. Entsprechend der grossen Leistung des Aggregates sind, wie aus der Abbildung 113 hervorgeht, die Servomotoren von den Regulatoren getrennt aufgestellt. Ausser der automatischen Regulierung ist noch eine rein mechanische Regulierung am Servomotor angebracht, die normalerweise mittels Elektromotor betätigt wird, aber ausnahmsweise auch von Hand bedient werden kann. Zur Erzeugung des notwendigen Oeldruckes für die Drucköl-Spurlager und für das Reguliervsystem dienen zwei symmetrisch angeordnete, identische zweistufige



Abb. 111. Laufrad der Turbine.

Zahnradpumpen mit oberhalb des Pumpengehäuses aufgebautem Windkessel. Das Oel wird aus einem gemeinsamen Oelbehälter in die Windkessel befördert, von wo es zu den Spurlagern bzw. zum Reguliervsystem gelangt, um alsdann in den Oelbehälter zurückzufließen. Beide Oellaufkreise sind normalerweise voneinander getrennt. Es ist aber dafür gesorgt, dass falls der Druck im Spurlager-Windkessel aus irgend einem Grunde abnehmen sollte, die Regulierpumpe sofort automatisch in den Oellaufkreis der Stupflagerpumpe einspringen und die Oelzufuhr zum Stupflager vorübergehend übernehmen kann. Zur Kühlung des Drucköles für die Stupflager durchläuft dieses bei seinem Austritt aus dem betreffenden Windkessel eine um deren untern Teil verlegte, durch Zirkulationswasser umspülte Rohrschlange, während bei den Gleitlagern eine eingebaute Kühlschlange die Kühlung im Lager selbst besorgt. Das zum Reguliervsystem bestimmte Drucköl wird in ähnlicher Weise wie jenes für die Stupflager gekühlt, am Austritt aus dem Windkessel jedoch nicht durch die Kühlschlange geleitet.

Wie früher schon erwähnt, sind die Oelbehälter in der unterwasserseits durchlaufenden Galerie unterhalb des Maschinenhausbodens untergebracht. Beide Oelpumpen werden während des Betriebes der Maschine von einer über Maschinenhausboden verlegten horizontalen Vorgelegewelle aus mittels Riemen angetrieben (Abbildungen 110 und 116). Ein eingekapseltes, in Oel laufendes konisches Räderpaar treibt von der Turbinenwelle aus die Vorgelegewelle an. Beim Anlassen der Turbine wird zudem die

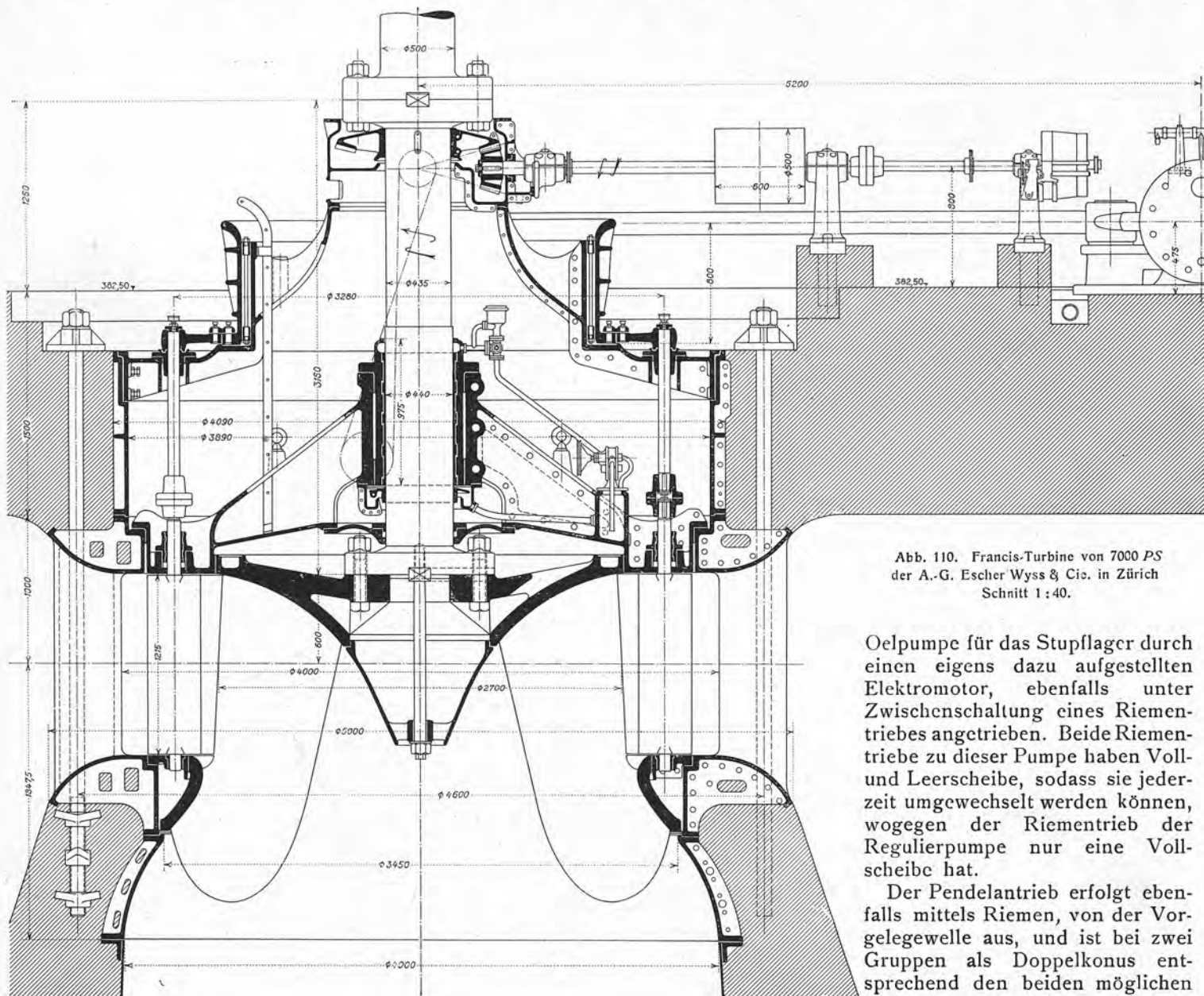


Abb. 110. Francis-Turbine von 7000 PS der A.-G. Escher Wyss & Cie. in Zürich Schnitt 1:40.

Oelpumpe für das Stupflager durch einen eigens dazu aufgestellten Elektromotor, ebenfalls unter Zwischenschaltung eines Riementriebes angetrieben. Beide Riementriebe zu dieser Pumpe haben Voll- und Leerscheibe, sodass sie jederzeit umgewechselt werden können, wogegen der Riementrieb der Regulierpumpe nur eine Vollscheibe hat.

Der Pendelantrieb erfolgt ebenfalls mittels Riemen, von der Vorgelegewelle aus, und ist bei zwei Gruppen als Doppelkonus entsprechend den beiden möglichen

Drehzahlen angeordnet. Von der Vorgelegewelle aus wird noch eine kleine Oelzirkulationspumpe für jedes Führungslager angetrieben.

Zum Absaugen von allfälligem sich über dem Leitrad-Deckel der Turbinen ansammelndem Verlust- bzw. Leckwasser ist eine besondere Absaugleitung vorgesehen, die am innersten Teil des Deckels einmündet und

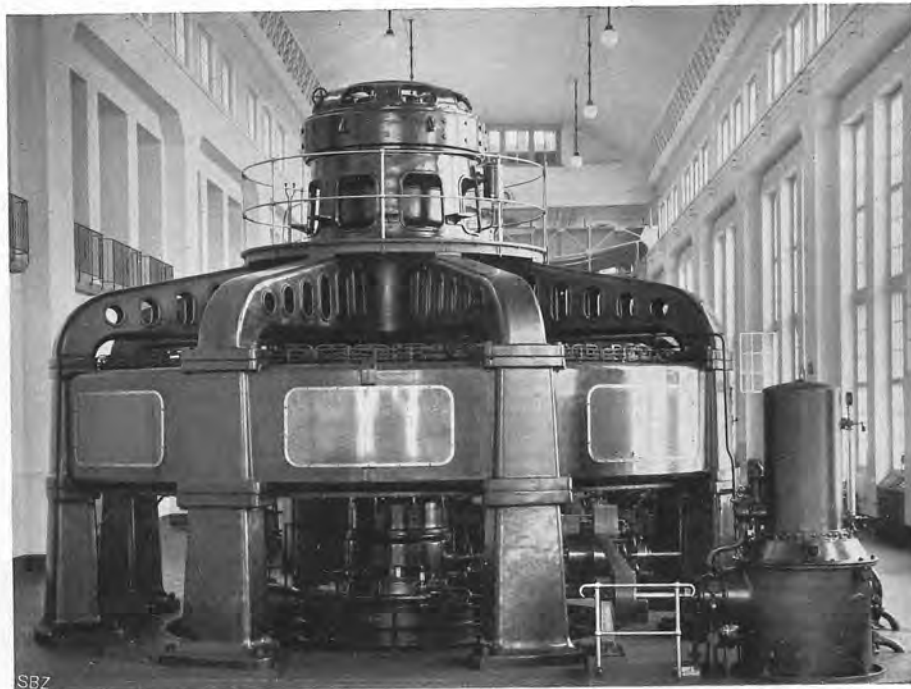


Abb. 115. Drehstrom-Generator von 7050 kVA der A.-G. Brown, Boveri & Cie.

an dieser Stelle mit dem Vakuum des Saugrohres in Verbindung kommt. Eine kleine doppelte zentrale Kompressorenanlage mit elektromotorischem Antrieb ist am turmseitigen Ende des Maschinenhauses aufgestellt und liefert Druckluft einerseits in die Oeldruckwindkessel beim Anlassen der Maschinen, andererseits für die Betätigung von Druckluftbremsen, die an den Generatoren (vergl. Abb. 116) zum raschen Stillsetzen der Aggregate angebracht sind.

Die in Abbildung 114 aufgezeichneten Kurven geben bei dem meist vorkommenden Gefälle von 15,3 m und für die beiden Umlaufzahlen von 83,3 bzw. 93,6 in der Minute die vom Lieferanten für die Turbinen garantierten Wirkungsgrade und Wassermengen an, und zwar erstere als Verhältnis der vom Generator und Erreger aufgenommenen Leistung zur theoretisch aus Produkt von Wassermenge und Gefälle ermittelten. Bei anderen Gefällen verschieben sich die Wirkungsgradkurven entsprechend, sodass, im besondern bei den hohen Gefällen, die effektiven Werte der Wirkungsgrade angenähert die gleichen bleiben.

Die Generatoren und Erreger.

Die durch ihre grossen Abmessungen auffallenden und dennoch gefälligen sechs vertikalaxigen Generatoren mit den oberen über die Spurlager fliegend aufgebauten Erregermaschinen sind aus der kurz nach erfolgter Montage aufgenommenen, in Abbildung 84 wiedergegebenen Innen-Ansicht der Zentrale ersichtlich, während Abbildung 115 einen fertiggestellten Generator zeigt. Die Höhe der acht hohlen gusseisernen Stützsäulen, die den Stator tragen, gestattet den ungehinderten Zugang zu den unterhalb des Generators stehenden Turbineneinrichtungen, wie Aussenregulierung, unteres Führungslager, Antrieb usw. Die beiden Zugstangen zum Regulieren der Turbine und die Antriebs-Vorgelege-Welle sind zwischen den zwei dem Servomotor zugekehrten Stützsäulen geführt; je zwischen diesen und den beidseitig nächstfolgenden Säulen läuft der Antriebsriemen zu der Stupflager- bzw. zu der Regulierpumpe (vergl. Ab-

bildungen 77 und 78). Ferner ist unterhalb des Stators der von den beiden dem Kommandoraum zugekehrten Stützsäulen umschlossene Raum durch ein mit perforiertem Blech verkleidetes Schaltfeld belegt, in dem Unterbrecher und Kabelend-Verschlüsse für den Anschluss der von den Generatoren ausgehenden, zur Schaltanlage führenden 8000 Volt Kabelleitungen untergebracht sind.

Die Verankerung der Generatoren im Maschinenhausboden erfolgt an den Sockeln der Stützsäulen mittels je vier Bolzen von 58 mm Durchmesser. Bei der sich ergebenden Verteilung der Stützsäulen über der Turbinen-Spirale konnten alle Verankerungsbolzen durch die armierte Betonbodenplatte hindurch geführt und auf der unteren Seite

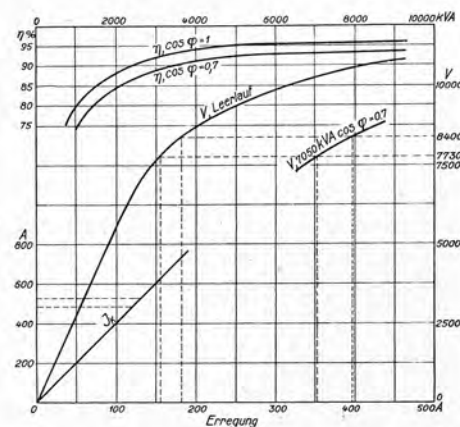


Abb. 119. Charakteristische Kurven des Generators, η = Wirkungsgrad, V = Spannung, J_k = Stromstärke im Kurzschluss.

mit starken und breiten Unterlagscheiben unter den Muttern versehen werden. Um vorspringende Teile im Innern der Spirale zu vermeiden, sind die Muttern in Aussparungen eingelassen, die ausgegossen und mit dem glatten Verputz überzogen sind (Abbildung 116).

Die Generatoren, deren Einzelheiten die Abbildungen 116 und 117 erkennen lassen, sind für eine normale Dauerleistung von je 7050 kVA bei 7700 bis 8400 Volt und $\cos \varphi = 0,7$ gebaut. Die vier Generatoren für 50 Per/sek, die mit 83,3 Umdrehungen in der Minute laufen, haben 72 Pole, die zwei ursprünglich für die Erzeugung von 40 bzw. 50 periodigem Strom bei 75 bzw. 93,6 Uml/min bestimmten 64 Pole. Bei diesen letzteren hätte sich beim Betrieb mit 40 Per/sek die Generatorspannung bei gleichbleibender Normalleistung zu 6200 bis 6700 Volt ergeben.

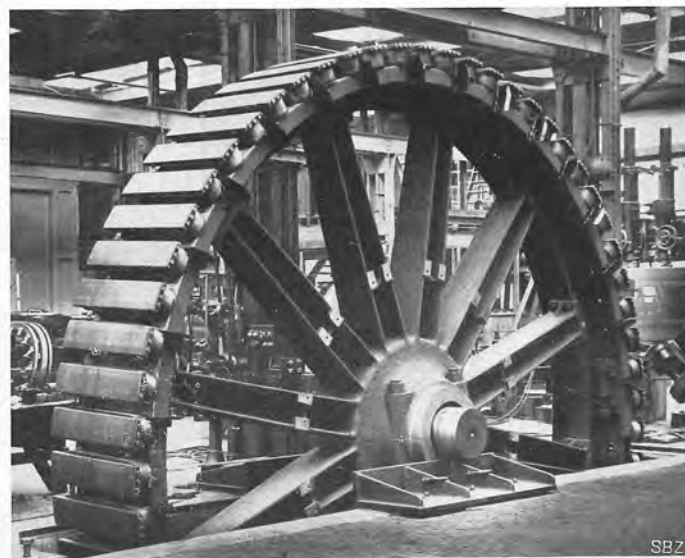


Abb. 118. 64-poliges Rad eines Drehstrom-Generators.

In den Abmessungen und in den konstruktiven Einzelheiten sind die beiden Generatoren-Typen genau gleich gebaut; das Gewicht eines Generators samt Erreger beträgt 168 000 kg, wovon etwa 56 000 kg auf die rotierenden Teile: Polrad, Welle und Erregeranker entfallen. Das obere Lagerkreuz, auf dem unter dem Erreger das Spurlager untergebracht ist — eine Anordnung, welche die A.-G. „Motor“ schon früher in ihrer Zentrale Biaschina einführte, und die damals schon gemeinschaftlich durch Brown, Boveri & Cie., Baden, und Escher, Wyss & Cie., Zürich, mit bestem Erfolg ausgeführt wurde — hat ausser den rotierenden Teilen des Generators von der Turbine her eine Belastung von rd. 43 t aufzunehmen, sodass sich auf dieses, bzw. auf das Spurlager die schon früher erwähnte Totalbelastung von rund 100 t ergibt.

Das Statorgehäuse ist vierteilig und ruht, wie eingangs erwähnt, auf acht gusseisernen Säulen; das Statoreisen hat 6800 mm Bohrung und ist an seinem innern Umfang mit den Wicklungsnuten versehen, in denen die Spulen mittels Holzkeilen befestigt sind; die Spulen selbst sind imprägniert und mit Glimmer-Umpressung isoliert. Zum Zwecke ausgiebiger Belüftung ist das Statoreisen durch Luftschlitze in 15 schmale Pakete eingeteilt. An seinem äussern Umfange besitzt das Statorgehäuse grosse, durch Glanzbleche abgeschlossene Oeffnungen, die zu Reinigungszwecken dienen. Auf dem Statorgehäuse ruht der Lagerstern, dessen acht Arme gewissermassen die Fortsetzung der Statorsäulen bilden und entsprechend der aufzunehmenden Belastung als kräftige Hohlträger ausgebildet sind. Der Radkörper des Polrades (Abbildung 118) ist vollständig aus Stahlguss und besteht aus dem zweiteiligen Radstern und dem vierteiligen Radkranz; diese Unterteilung ermöglicht es, mit einem Minimum von Gewicht auszukommen. Das Schwungmoment des Polrades beträgt auch so noch 1500 tm², während für die vorgeschriebenen Turbinenregulierungs-Garantien nur etwa 1000 tm² erforderlich gewesen wären.

Die ebenfalls aus Stahlguss erstellten Magnetpole tragen lamellierte Polschuhe sowie die aus Kupferband gewickelten Magnetspulen. Die Schleifringe befinden sich unterhalb des Polrades, sind also vom Maschinenhausboden aus zugänglich.

Zwischen Polrad und Turbinenlage ist die Welle mit einer Flanschkupplung versehen, sodass nötigenfalls das Polrad unabhängig von der Turbine abgehoben werden kann. Die bei der Beschreibung der Turbine erwähnte, mittels Druckluft aus der zentralen Kompressorenanlage betätigte Bremse, durch die das Aggregat in wenigen Minuten zum Stillstand gebracht werden kann, ist aus Abbildung 116 ersichtlich. Die Lüftung des Generators erfolgt in der Weise, dass die Kühlluft von unten angesaugt und nach Bestreichung der aktiven Teile nach oben ausgestossen wird; die Luftförderung besorgt das Polrad selbst, einerseits durch die Pole und entsprechende Oeffnungen im Polradkranz,

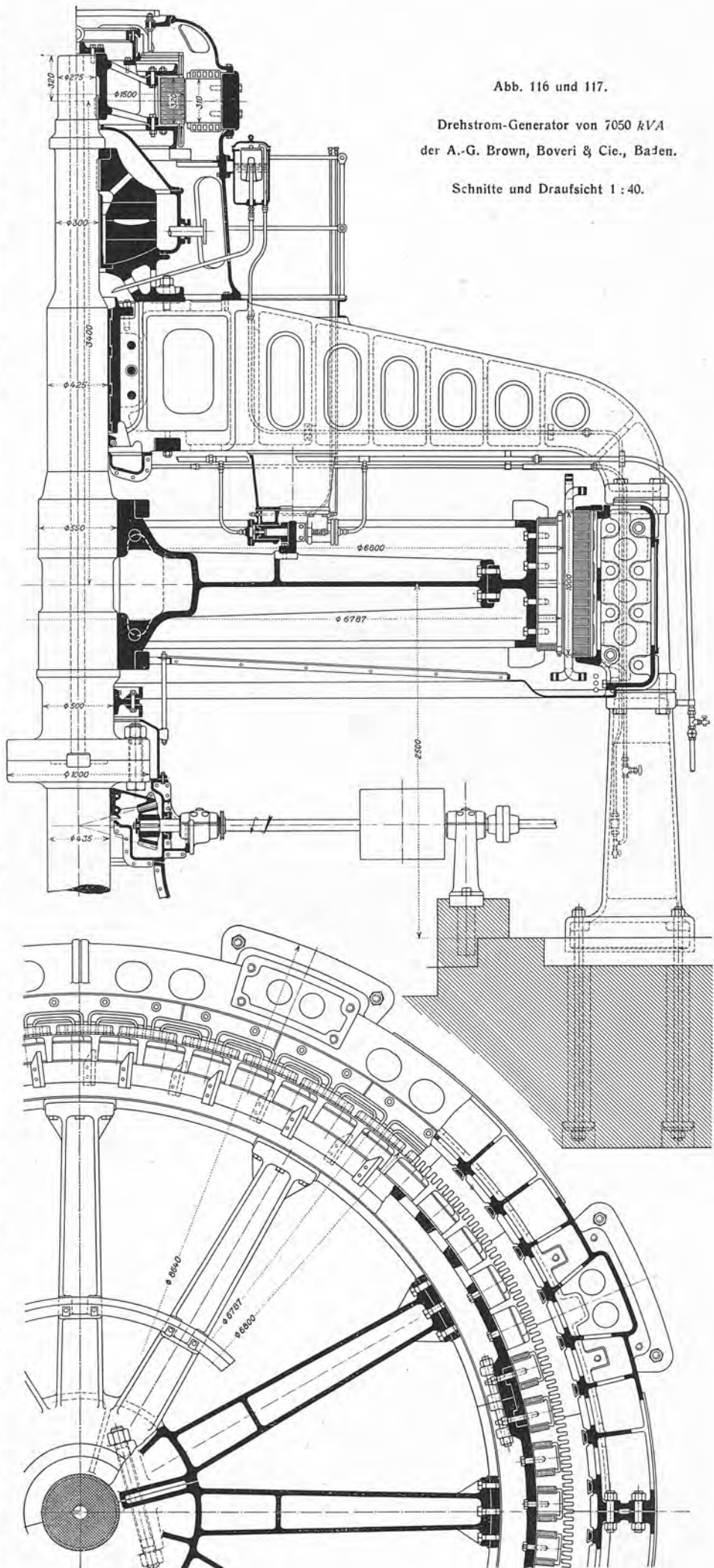


Abb. 116 und 117.

Drehstrom-Generator von 7050 kVA
der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.

Schnitte und Draufsicht 1:40.

andererseits durch besondere am Polrad befestigte Ventilationsflügel.

Jeder Generator besitzt seine eigene Erregermaschine, eine auf dem obern Lagerstern befestigte 10-polige Nebenschlussdynamo mit Hüllspolen, bemessen für eine maximale Leistung von 145 kW bei 250 Volt. Zur Bedienung und Kontrolle der Erregermaschine und des Spurlagers ist eine mit Geländer versehene Plattform mit Zugangstreppe vorhanden.

Für die Generatoren wurde bei normaler Dauerleistung eine Temperaturzunahme von maximal 50° C und überdies eine dauernde Ueberlastung um 10% und eine kurzzeitige um 25% garantiert. Der Wirkungsgrad des mit 83,3 Uml/min arbeitenden Generators wurde bei Vollast und $\cos \varphi = 0,7$ zu 92,5%, bei $\frac{3}{4}$ Last zu 91,5% und bei $\frac{1}{2}$ Last zu 89% garantiert. Bei diesen Garantiezahlen ist jedoch mit einer Ueberschreitung des Wirkungsgrades um 1 bis 2% zu rechnen. Die charakteristischen Kurven des Generators gehen aus Abbildung 119 hervor.



Abb. 120. Drehstrom-Transformator von 7050 kVA, 8000/50000 V ohne seinen Ölbehälter.

Die Transformatoren.

Die Spannungen für die Fernübertragung der Energie waren durch die Absatzverhältnisse festgelegt; ausser der Maschinenspannung von 8000 V für die Versorgung im nächsten Umkreis kamen noch die zwei Oberspannungen von 50000 und 70000 V in Betracht. Wenn auch in Aussicht genommen ist, je nach der Entwicklung des Absatzes die Spannung von 70000 V später auf 100000 V zu erhöhen, worauf bei der Ausführung der Schalt- und Leitungs-Anlagen bereits Bedacht genommen wurde, so sah man doch davon ab, bei den bestehenden Transformatoren auf die Abgabe dieser künftigen höhern Spannung Rücksicht zu nehmen, da dies sich als nicht vorteilhaft erwies. Es gelangten somit, entsprechend den beiden für die Stromabgabe vorkommenden Oberspannungen, Transformatoren von zwei verschiedenen Ausführungen, für 50000 V bzw. für 70000 V zur Aufstellung. Da aber mit der Möglichkeit gerechnet werden soll, die unter 50000 V abzusetzende Energiemenge steigern zu müssen, wurden die 70000 V-Transformatoren derart ausgebildet, dass sie nach Bedarf leicht und verhält-

nismässig rasch auf die niedere Spannung von 50000 V umgeschaltet werden können.

Die normale Dauerleistung der Transformatoren beträgt bei beiden Ausführungen je 7050 kVA und entspricht somit der Leistung einer Generatoreinheit, was sowohl für die Zweckmässigkeit des Betriebes, als auch in Bezug auf die Disposition der Schaltanlage wesentliche Vorteile zeitigte. Nachdem grösstenteils die Energie unter 50000 V abgesetzt wird, sind von der dieser Spannung entsprechenden Ausführung vier und von den 70000/50000 V-Transformatoren drei Einheiten vorhanden, wobei eine dieser letztgenannten Reserve bildet. Bei beiden Ausführungen sind die Wicklungen auf der primären und auf der sekundären Seite in Stern geschaltet, je mit Nulleiterklemme. Die vier 50000 V-Transformatoren sind für ein Uebersetzungsverhältnis von 8800/53700 V bei Leerlauf ausgeführt. Die generatorseitig angeschlossene Niederspannungswicklung ist mit zwei Anzapfungen entsprechend den Spannungswerten von 8600/8400 V versehen, die dazu dienen, innerhalb der Grenzen der Generatorspannung von 8400 und 7730 V die sekundäre Fernleitungsspannung je nach der Grösse der Belastung bzw. des Spannungsabfalles einzustellen. Die drei andern Transformatoren übersetzen die Generatorspannung auf 77370 V (Leerlauf), können aber, wie bereits erwähnt, zeitweilig auch auf das 50000 V-Netz arbeiten, nachdem sie vorher durch Abschalten einer Reihe von Oberspannung-Spulen auf 53700 V umgeschaltet worden sind. Diese Transformatoren haben ebenfalls niederspannungseitig zwei Anzapfungen zur Regulierung der Sekundärspannung entsprechend den Variationen der Generatorspannung. Bei gleicher Leistungsabgabe sind sie grösser als die vier Einheiten der andern Ausführung, einerseits der höhern Sekundärspannung, anderseits der Forderung nach gleicher Leistungsabgabe von 7050 kVA sowohl bei 53700 als auch bei 77370 V wegen. Sie wiegen einschliesslich Öelfüllung je 28200 kg, während bei den vier andern das Gewicht je 26400 kg beträgt.

Der Aufbau der Transformatoren ist aus den Abbildungen 120 bis 123 ersichtlich. Es handelt sich um Transformatoren in Öl mit aussenliegender Wasserkühlung. Die Kerne haben einen kreuzförmigen Querschnitt, was die Verwendung von kreisförmig gewickelten Spulen ermöglicht. Diese haben den Vorteil, dass die bei Kurzschlüssen senkrecht zur Spulenaxe auftretenden sehr bedeutenden Kräfte, die die Spulen der Ober- und der Unterspannungswicklung voneinander zu entfernen suchen, nur Zug- oder Druckbeanspruchungen in Richtung der Wicklungsdrähte hervorrufen; bei ovalen oder rechteckigen Spulen treten dagegen noch Biegungs-Beanspruchungen auf, sodass mit Rücksicht auf das kleine Widerstandsmoment des Wicklungsquerschnittes schwere Abstützungsstrukturen erforderlich sind, die aber keinen absolut sichern Schutz gegen die zerstörenden Wirkungen der Kurzschlusskräfte bieten.

Die Oberspannungswicklung ist auf jeder Säule, unter Zwischenschaltung von Hülisen aus Isoliermaterial, von zwei Niederspannungswicklungs-Zylindern konzentrisch umschlossen. Diese bestehen aus je einer Lage hochkant gewickeltem Flachkupfer, während die Oberspannungswicklung unter Verwendung der sogenannten Doppelspulen als Drahtwicklung ausgeführt ist. Gegen die Joche sind die Wicklungen durch Ringe aus Isoliermaterial isoliert und in der der A.-G. Brown, Boveri & Cie. geschützten Konstruktion vermittels starker, durch Schrauben mit Federn gehaltenen Pressringe kräftig abgestützt. Als besonderer Schutz gegen Ueberspannungen ist an die erste Windung jeder Hochspannungswicklung ein Messingring angeschlossen, der zusammen mit den aufgeschnittenen, oben erwähnten Pressringen aus Stahlguss, die über das Eisengestell geerdet sind, je einen Kondensator bildet. Tritt nun eine Ueberspannungswelle durch die Klemmen ein, so wird, ehe sie die Wicklung trifft, die erste Windung mit ihrer Kapazität auf die betreffende Spannung geladen und es fliesst ein

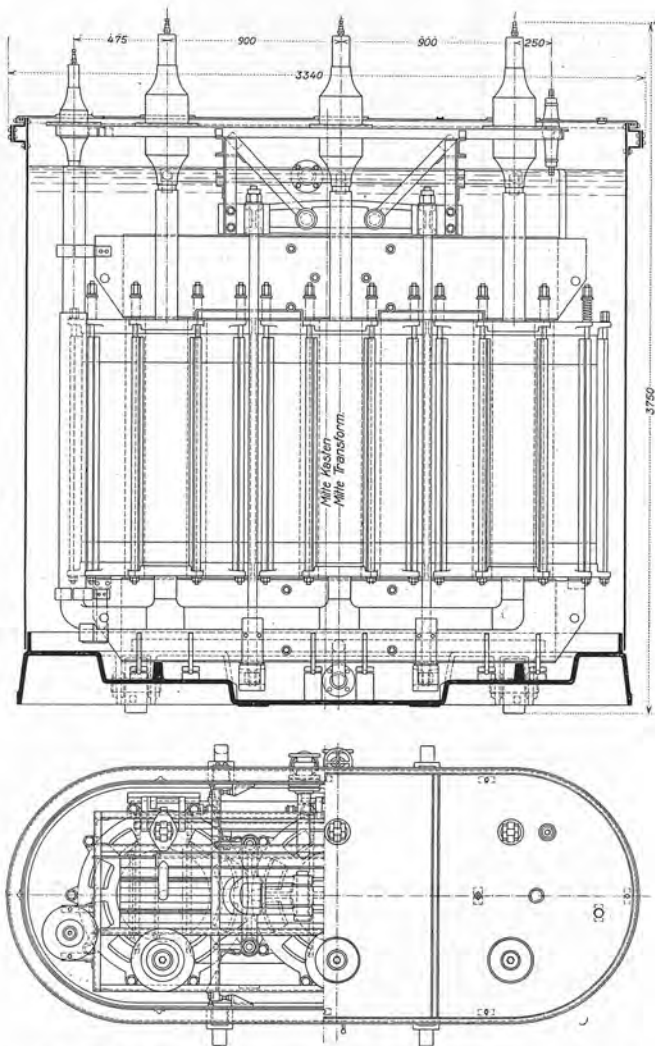
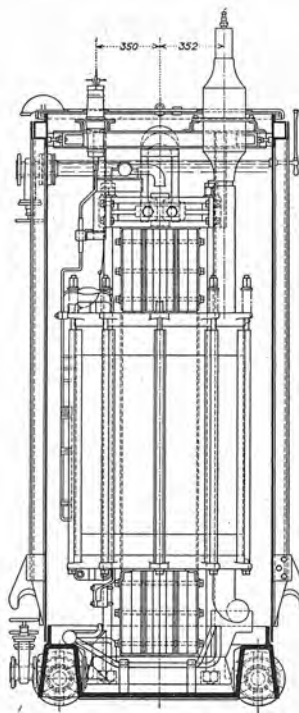


Abb. 121 bis 123. Drehstrom-Transformator von 7050 kVA, 8000/50000 V
gebaut von der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden.

Ladestrom nach der Erde. Dieser wirkt aber derart verflachend auf die steile Wellenstirn der auftretenden Ueber Spannungswelle, dass sie beim Eintreten in die Wicklung für diese nicht mehr schädlich ist. Die Anordnung ist der A.-G. Brown, Boveri & Cie. durch das Patent 72315 geschützt.

Der glatte Transformatorenkasten (vergl. Abb. 124) ist aus genietetem Kesselblech erstellt und auf Rollen in der Querrichtung fahrbar. Der Kastendeckel trägt, mit Rücksicht auf den beidseitig herausgeführten Nullpunkt, je vier aus Pressmaterial hergestellte Hochspannungsklemmen und Porzellan-Niederspannungsklemmen, von denen aus die Strom-Zu- und Ableitungen, in Bitubaröhren geschützt, zu den Wicklungsenden bzw. dem Verkettungspunkt führen.

Im Interesse höchster Ausnützung des aktiven Materials ist, wie oben erwähnt, eine aussenliegende Kühlung gewählt worden, um eine möglichst intensive Wirkung in der Wärmeabfuhr zu erzielen. Diese Lösung ist, trotz der unleugbaren Komplikationen infolge Hinzutretens der Kühlapparatur, bei Transformatoren dieser Grösse entschieden die billigste und zugleich die rationellste. Für die Oel kühlung dienen Röhrenkühler, deren Ausführung in Bezug auf die Oel- und Wasserzirkulation auf dem Gegenstrom-Prinzip beruht. Die Oelzirkulation erfolgt vermittels einer von einem Drehstrommotor von 4 PS angetriebenen Zentrifugalpumpe, die auf Bodenhöhe aufgestellt ist (Abb. 124). Das warme Oel fliesst aus dem oberen Teil des Transformators der Pumpe zu, und wird von dieser durch den Kühlapparat gefördert, um alsdann abgekühlt wieder dem Transformator unmittelbar über dem Kastenboden zuzufliessen. Ein im Innern des Transformators am Oelzulauf anschliessendes, horizontal angeordnetes Rohr mit kurzen, abzweigenden Ausläufen sorgt dafür, dass das Frischöl möglichst gleichmässig und unmittelbar den Wicklungen



für Kohlensäurezuführung bei allfälligem Brandausbruch im Transformator.

Ueber die wichtigsten technischen Daten für beide Transformatoren-Ausführungen gibt die nachstehende Zusammenstellung Aufschluss:

Oberspannung	V	53 700	77 370
Leistung	kVA	7050	7050
Wirkungsgrad bei voller primärer Windungszahl (8800 V primär) u. $\cos \varphi = 0,7$			
bei $\frac{1}{4}$ Last	%	97,9	97,8
„ $\frac{3}{4}$ „	%	98,25	97,60
„ $\frac{1}{2}$ „	%	98,00	96,90 ¹⁾
„ $\frac{1}{4}$ „	%	96,75	94,65 ¹⁾
Eisenverluste bei Leerlauf	W	37 000	63 000
Kupferverluste bei Kurzschluss . . .	W	51 600	45 400
Spannungsabfall bei $\cos \varphi = 1$. . .	%	0,75	0,65
Kurzschlussspannung bei voller primärer Windungszahl (8800 V)	%	4,10	3,80

1) Durch die Forderung gleicher Leistungsabgabe sowohl bei 53 700 als auch bei 77 370 V musste der Transformator in seinen Abmessungen ungünstiger ausfallen als ein Transformator, der seine Vollastleistung bei der einen oder der andern Spannung abgeben muss, was auch in dem verhältnismässig ungünstigen Wirkungsgrad zum Ausdruck kommt.



Abb. 124. Drehstrom-Transformator mit seinen Kühleinrichtungen.

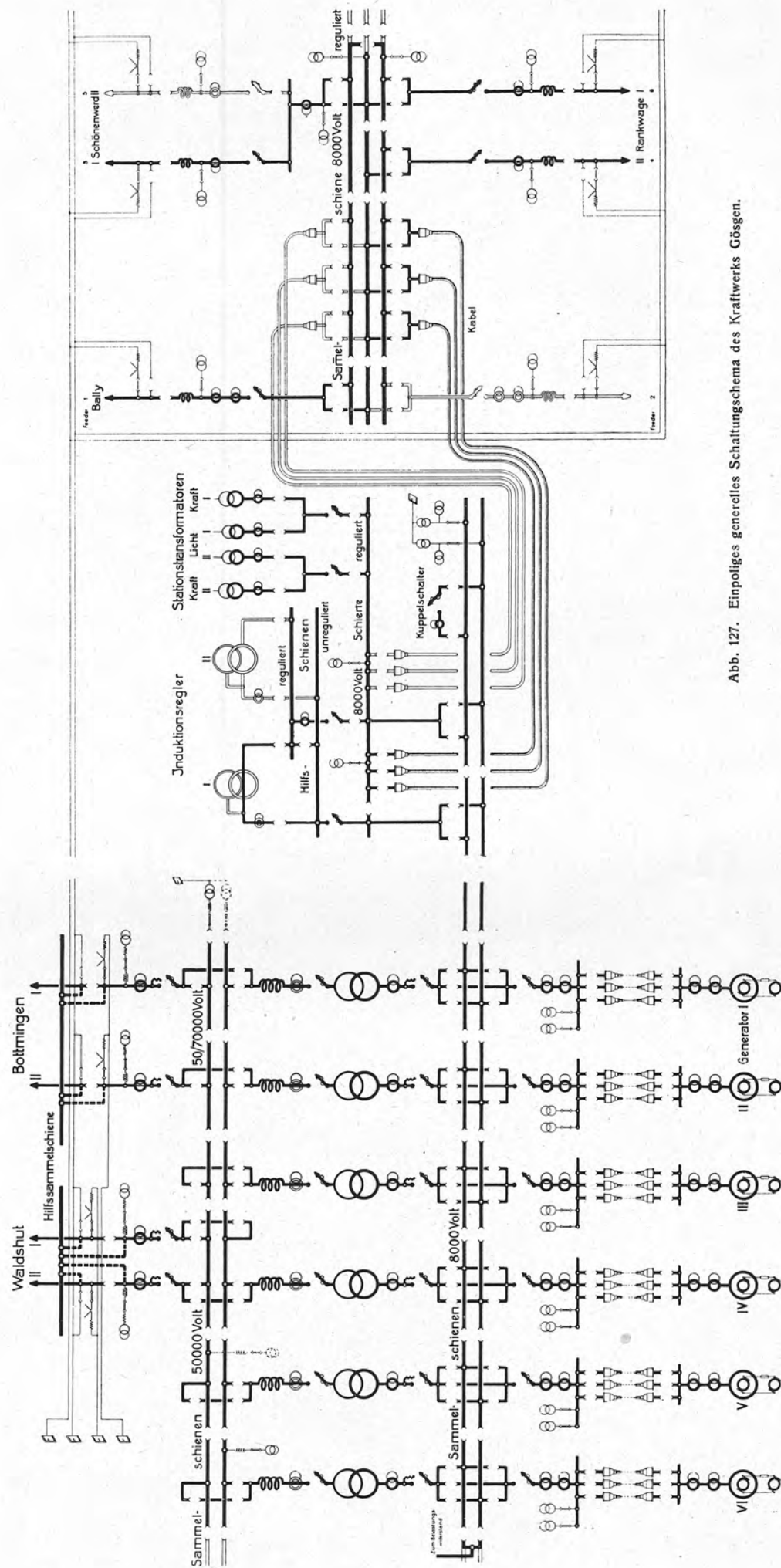


Abb. 127. Einpoliges generelles Schaltungschema des Kraftwerks Gösgen.

trennten Raum, die Schmiede untergebracht. Die Werkstätte ist mit dem Maschinensaal durch ein Geleise verbunden und mit einem Handlaufkran von 5 t normaler Tragkraft ausgerüstet. Die vorhandenen Werkzeugmaschinen gestatten, auch bis zu einem gewissen Grade schwere Reparaturarbeiten im Werke selbst vorzunehmen.

Die Schaltanlage.

Bevor wir auf die Einzelheiten der Schaltanlage näher eingehen, sei noch einiges über die bereits erwähnten Belastungswiderstände gesagt. Da sie eine ganz bedeutende elektrische Energiemenge in Wärme umsetzen, wurde zuerst versucht, die Einrichtung im Unterwasserkanal einzubauen, was aber wegen der ungleichmässigen Wasserströmungen im Falle des Arbeitens verschiedener Turbinen-Einheiten zu sehr instabilen Verhältnissen führte. Um nun eine genau regulierbare Belastung zu erhalten, wurden Betonbottiche von rund 5 m Durchmesser und 2 m Tiefe erstellt (Abbildung 126), die durch eine weite Leitung Wasser aus dem Oberwasserkanal erhalten und mittels eines dreifachen freien Ueberfalles das erhitzte Wasser nach dem Unterwasserkanal abgeben. Die drei becherförmigen Elektroden aus Eisenblech sind an einem Tragstern befestigt, der durch ein Windwerk vom Schaltheus her beliebig gehoben und gesenkt werden kann. Es hat sich gezeigt, dass bei solchen grossen Widerständen, soweit es sich um die Strombahn im Wasserbereich handelt, alle scharfen Kanten und Unsymmetrien zu vermeiden sind. Diese Einrichtung, die in Verbindung mit der Schaltanlage vollkommen automatisch arbeitet und im Stande ist, dauernd etwa 24 000 kW in Wärme umzusetzen, ist nunmehr bald zwei Jahre im Betrieb und hat sich durchaus bewährt. Neben der Erreichung eines gleichmässigen Wasserdurchflusses bei Belastungsschwankungen, erleichtert sie wesentlich die Manipulationen der Stauwehr-Bedienung.

Was die Schaltanlage anbetrifft, ist in Berücksichtigung zu ziehen, dass ihre Entwicklungszeit in die ersten Kriegsjahre fällt; die vollkommene Unsicherheit für die kommenden Verhältnisse drängte darauf hin, sie sowohl in Bezug auf

Raum als auch auf Anordnung so zu gestalten, dass sie die weitestgehende Anpassung an alle praktisch möglichen Schaltungen und Spannungen ermöglichte. Die Bemessung der Räume für den Hochspannungsteil wurde so gewählt, dass die Uebertragung der Energie unter 100 000 V Spannung möglich ist. Ueber die Anordnung orientiert am besten das in Abbildung 127 wiedergegebene generelle Schema. Es mag auffallen, dass die 8000 V-Anlage einen so wesentlichen Teil des Schemas einnimmt, während heute mehr und mehr die Transformatoren direkt an die Generatoren an-

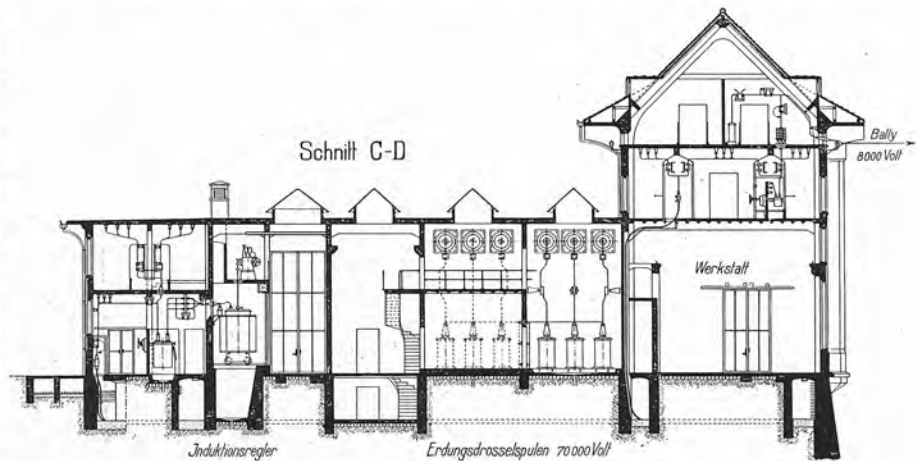


Abb. 130. Schnitt durch die Schaltanlage. — Masstab 1:400.

geschlossen werden; aber gerade die Unsicherheit in der kommenden Energieverwertung, in der Wahl der Spannung und der Energiequoten führte zum Ausbau eines sehr kräftig bemessenen 8000 Volt-Sammelschienensystems, das den Zweck hat, in der Energieverschiebung auf die Feeder und Transformatoreneinheiten grösste Freiheit zu wahren und gleichzeitig gestattet, die im Betrieb befindlichen Maschinen mit höherem Wirkungsgrad arbeiten zu lassen und infolgedessen mit dem Wasserverbrauch möglichst ökonomisch zu verfahren.

Die Hochspannung-Schaltanlage, als eigener Bau ausgebildet, schliesst sich an den Maschinenhaus-Bau im rechten Winkel an. Vom Maschinenhaus, bzw. den Generatoren aus wird die Energie mittels Kabel zu den 8000 V-Schalterräumen geleitet (vgl. den Grundriss Abbildung 128). Für jeden Generator sind drei Dreiphasenkabel vorhanden, die so bemessen sind, dass im Störfalle zwei davon die Gesamtleistung eines Generators dauernd übertragen können. Mit Ausnahme der für die Versorgung der näherliegenden Strombezüger dienenden 8000 V-Feeder, die etwa die Energie eines Generators verteilen können, sind alle eine rasche Bedienung erfordernden und ausserdem ölhaltende Apparate ebenerdig angeordnet; dadurch wird eine gute Uebersichtlichkeit des Energieverlaufes erreicht, wie die Abbildungen 128 bis 130 erkennen lassen. Aus diesen ist gleichzeitig ersichtlich, dass die ölhaltenden Räume nach Maschinen und Transformatoren-Gruppen unterteilt sind, was die Lokalisierung allfälliger Ölbrände ermöglicht und damit



Abb. 126. Belastungswiderstände für je 12000 kW bei 8000 V.

die Ausserbetriebsetzung grösserer Teile der Anlage zu verhindern gestattet.

Abb. 131, Seite 50, zeigt die Ansicht der Schalterräume für 8000 V; links sind die Hilfssammelschienen für die Kabelzuleitung, rechts die Reihe der Generator- und Transformator-Schalter für 8000 V, sowie die dazwischenliegenden Tafeln mit Messinstrumenten und Schalterantrieben sichtbar. Die Schalter sind gekapselte Oelschalter von 50000 V Nennspannung und 700 A Nennstrom; die Transformatoren-Schalter sind mit eingebauten Schutzwiderständen versehen.

Die Kapselung, von der in Abbildung 131 nur die Explosions-Klappe sichtbar ist, die aber in den auf Seite 51 und 52 folgenden Bildern der Oberspannungs-Schalter besser zu erkennen ist, wurde an allen Oelschaltergruppen durchgeführt.

Ueber den erwähnten Schalterräumen befindet sich der zugehörige 8000 V-Sammelschienenraum (Abb. 132), der ein Doppelsammelschienensystem von je 1600 mm² Kupferquerschnitt pro Phase, sowie die nötigen Trennschalterzellen mit Signalschaltern und Oelschalter-Stellungszeigern enthält. Die Isolatoren und auch die Leiterabstände sind für die gegebene Spannung sehr reichlich bemessen. Eine Trennschalter-Gruppe ermöglicht für jede Maschineneinheit die Umgehung des Sammelschienensystems (vergl. das Schema Abbildung 127). Anschliessend an die beiden besprochenen Räume folgt, wieder im Erdgeschoss, die Reihe der Transformatorzellen (Abbildung 133), von denen jede durch Schiebeter für sich rasch abschliessbar ist. Ein Transportgeleise für die Transformatoren führt diesen

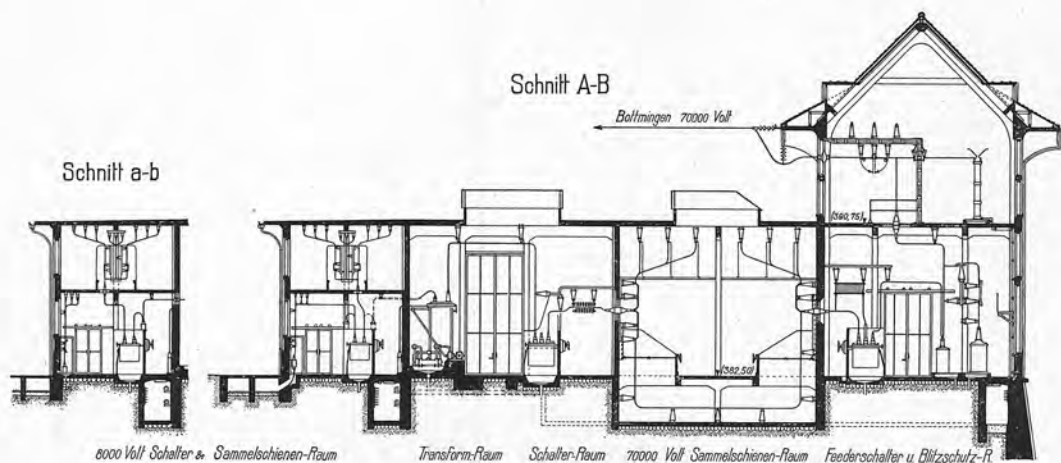


Abb. 129. Schnitte durch die Schaltanlage des Kraftwerks Gösgen. — Masstab 1 : 400.

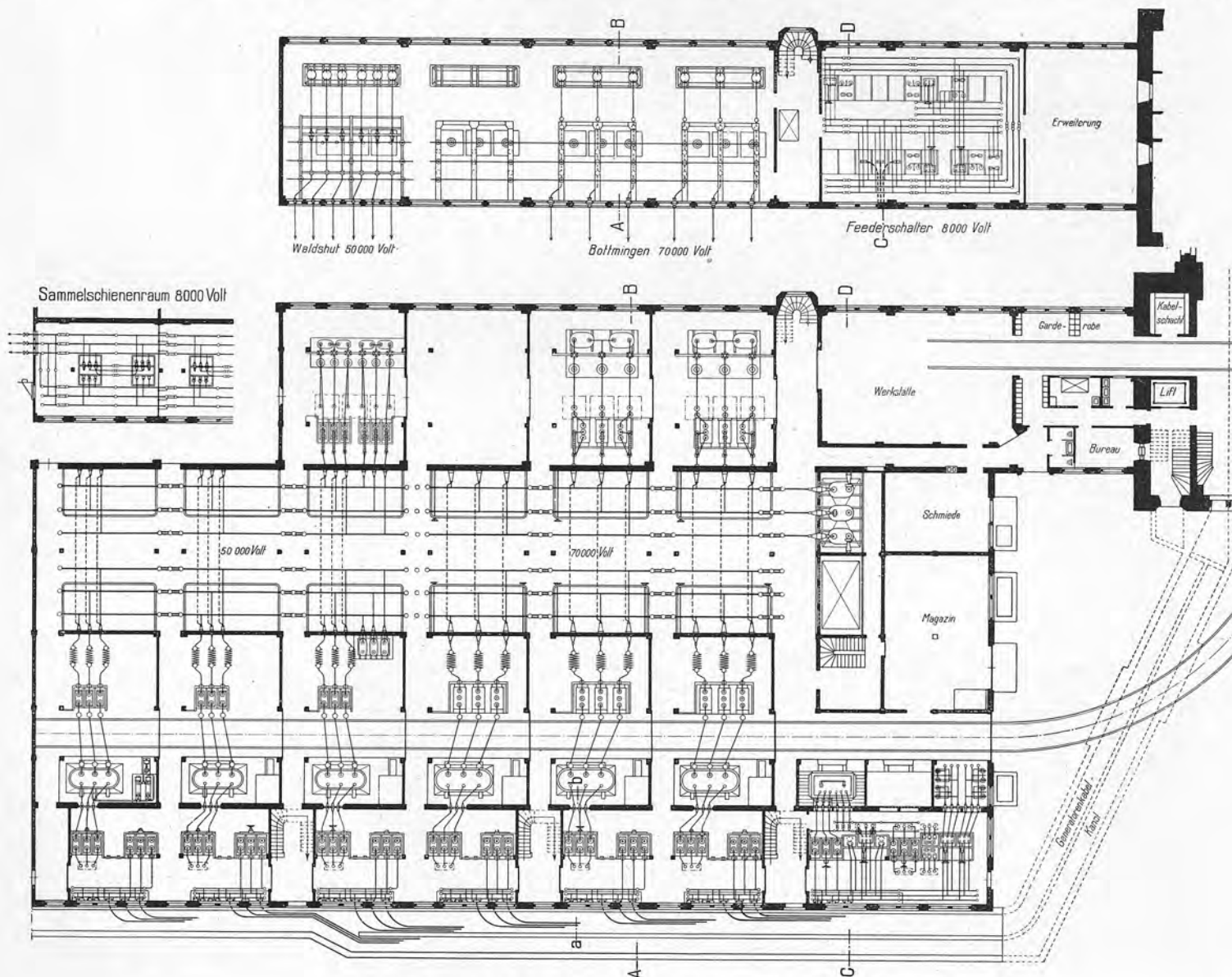


Abb. 128. Grundrisse des Schalthauses des Kraftwerks Gösgen. — Masstab 1 : 400.

Räumen entlang bis zum Montageplatz in der Maschinenhalle, und eine fahrbare elektrische Motorwinde ermöglicht einen raschen Transport der Transformatoren auf dem

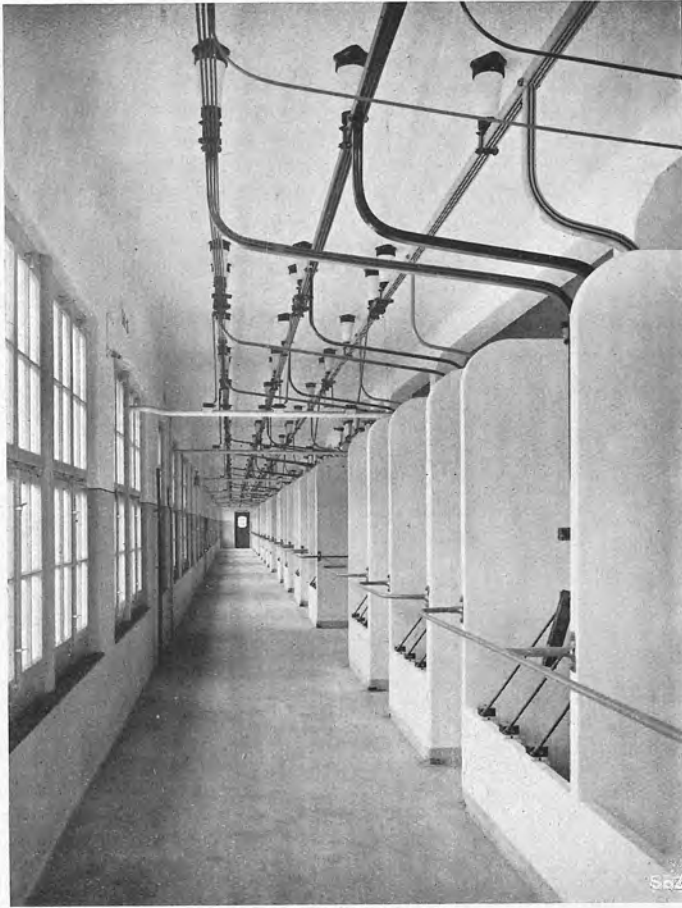


Abb. 132. Sammelschienen-Raum für 8000 V.

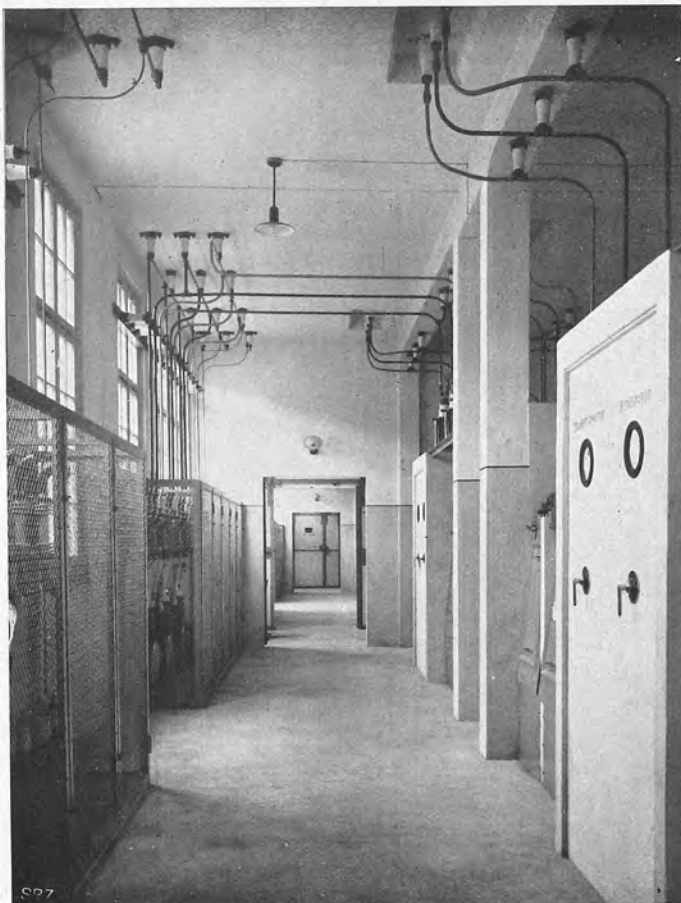


Abb. 131. Schalter-Raum für 8000 V.

Spezialtransportwagen. Ein Bild des Transformators in seiner Zelle mit den zugehörigen Kühleinrichtungen wurde bereits in Abbildung 124 auf Seite 45 gegeben.

Im Zusammenhang mit der Beschreibung der 8000 V-Anlage sei noch die Induktionsregleranlage erwähnt, die im Bedarfsfall grössere Freiheit bezüglich Höhe und Konstanz gewünschter Verbrauchspannungen für einzelne Abonentengruppen gewähren soll. Sie ist in dem, dem Maschinenhaus zu gelegenen Ende des 8000 V-Schalterraumes vorgesehen (vergleiche Abbildungen 128 und 130). Die Schaltung ist aus dem Schema Abbildung 127 ersichtlich. Von den Sammelschienen mit regulierter Spannung führen Kabel zu dem Raum über der Werkstätte, in dem in zwei Stockwerken (Abbildung 130) die Schalter und Blitzschutzapparate der abgehenden Linien für 8000 V untergebracht sind.

Gegenüber den Transformatoren, im gleichen Gang (vergleiche Abbildung 133) befindet sich je die Oelschaltergruppe der Oberspannungsseite (Abbildung 134) mit je zwei aufgebauten, unabhängigen Maximalstrom-Zeitrelais (System Brown, Boveri & Cie.), sowie eine Drosselspulengruppe zum Schutz der Transformatoren. Die Ausbildung der Oelschaltergruppen ist, wie schon gesagt, in der ganzen Anlage einheitlich durchgeführt. Alle Schalter sind in bekannter Weise in betonierten Zellen mit Oelablaufgruben und Explosionsklappen eingebaut, welche letztere den Zweck haben, den Sauerstoffzutritt durch das Zurückfallen der Klappe möglichst abzdrosseln. Jede Schaltergruppe ist mit Motorfernsteuerung versehen und wird nur ausnahmsweise im Schaltheus selbst durch Steuerschalter oder von Hand betätigt.

Aus Abbildung 134 sind auch die Durchführungen zu ersehen, die als geschlossene Mauerdurchführungen ausgeführt sind, sodass jede Abteilung für sich rauchdicht abgeschlossen werden kann.

Der anschliessende Raum (siehe Abbildungen 129 und 135) enthält die Sammelschienen der Oberspannungsseite. Die Schienen, aus Aluminiumrohr von 60 mm Durch-

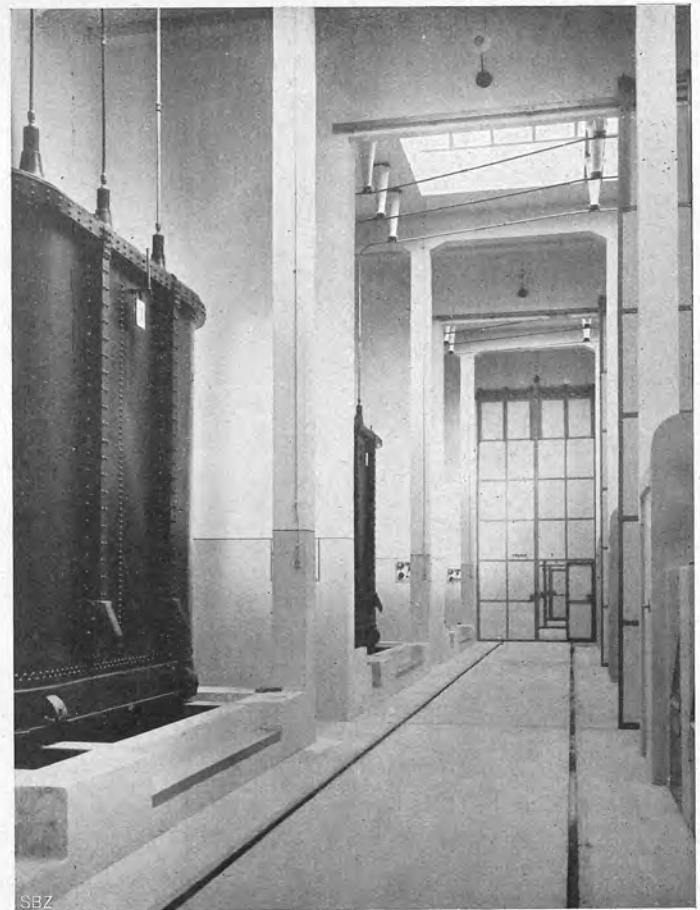


Abb. 133. Transformatoren-Raum.

messer bestehend, sind heute schon für 100 000 V bemessen und isoliert. Sie sind jeweils zwischen einer Transformatoreinheit durch Doppeltrennschalter von 1,4 m Gesamtlänge auftrennbar und werden für 50 000 V mit gewöhnlichen Trennschaltern, für 70 000 und 110 000 V mit Dreh-Trennschaltern auf drei Isolatoren angeschlossen. Die letztgenannten, die jeweils mit einem Gruppenantrieb versehen sind, werden mittels Handrad bedient.

Auf den Oberspannung-Sammelschienenraum folgt die Flucht der Feederschalter-Räume für 70 000 V, die die Strom- und Spannungswandler für die Messeinrichtungen und Sekundärrelais sowie die Feeder-schaltergruppen mit separaten Schutz-widerständen enthalten (Abbildung 136.)

Darüber befindet sich der Ausführungs- und Blitzschutz-Raum (Abb. 137). Der gesamte Blitzschutz der Anlage beschränkt sich auf die geeignete Anwendung von Hörnerableitern mit Dämpfungswiderständen sowie von Erdungsdrosselspulen, die für jedes getrennte Leitersystem vorhanden sind. Wie schon erwähnt, sind Drosselspulen erst vor den zu schützenden Apparaten, den Transformatoren und den Spannungswandlern eingeschaltet und es ist darauf gesehen, dass Wanderwellen möglichst ungehindert Zu- und Abgang zu, bzw. von den Sammelschienen finden. Der genannte Schutz der Anlage gegen Überspannungen atmosphärischer Natur hat sich bislang als ausreichend erwiesen. Neu hinzugekommen ist eine Einrichtung, die in Zukunft wohl allen grösseren Zentralen angegliedert werden dürfte, nämlich eine Erdschluss-Spulenanlage wie zuerst von Prof. Dr. Petersen zum Unterdrücken der oft so verheerend wirkenden Erdschlussströme empfohlen, die mit der Aus-

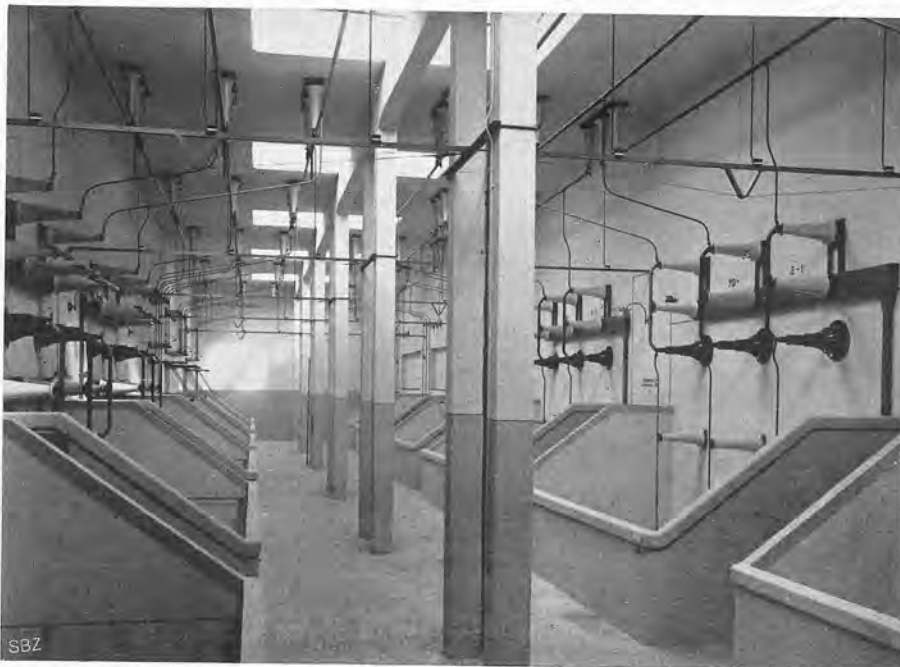


Abb. 135. Oberspannung-Sammelschienenraum.

dehnung der zusammenhängenden Leitungssysteme und der Erhöhung der Spannung rasch anwachsen.

Abbildung 138 (Seite 54) zeigt noch die Anordnung der Leitungs-Ausführungen vom flachen Dach des Schalt-hauses aus gesehen. Seit Aufnahme der Bilder wurde die 50 000 und 70 000 V-Feederanlage weiter ausgebaut.

Die Apparate und Materialien für die Hochspannungsanlage wurden zum grossen Teil durch die A.-G. Brown, Boveri & Cie. geliefert, während die Kabel für Hoch- und Niederspannung von den Kabelwerken Berthoud, Borel & Cie. in Cortaillod stammen.

Es seien nun noch die Niederspannungsanlage, die Transformatoreinrichtung, die Batterieanlage, die Signalanlage, die Reguliereinrichtung und das Messgerät kurz beschrieben.

Den vielen Hilfsmotoren und Heiz- sowie Beleuchtungs-Einrichtungen entsprechend sind Transformatoren für den Innendienst von zusammen 360 kVA und eine Akkumulator-Batterie von 145 V Spannung bei 80 Ampèrestunden Fassungsvermögen mit entsprechendem Umformeraggregat aufgestellt. Der Anschlusswert der Beleuchtungskörper übersteigt 30 000 Normkerzen, jener der Hilfsmotoren 400 PS.

Als wichtigster Teil der Signalanlage sei neben dem Zentraluhrensystem die vollautomatische Telephonanlage (System Siemens & Halske) hervorgehoben, die mit 25 Sprechstellen den reibungslosen inneren Kommandoverkehr in der Zentrale ermöglicht. So werden alle Trennschalter-Bedienungen damit raschestens erledigt. Die Ausführung aller Kommandi und Betätigungen von der Kommandostelle aus (Abb. 139 und 140 auf Seite 53) wird durch ein elektromechanisches, der A.-G. Motor Baden patentiertes Rückmeldesystem kontrolliert, das die sonst üblichen, störend wirkenden Lampensignale auf ein Minimum beschränkt, wobei Schaltung und Aufbau des Apparates sehr einfach sind. Die Schaltpulte tragen in sinngemässer Einteilung auf Gussplatten das generelle Schema (siehe Abbildung 140, links) und sind so gebaut, dass eben in dem aufgegossenen Schema geschaltet und zugleich zurückgemeldet wird. Die Rückmelder haben einen ganz geringen Durchmesser (etwa 30 mm) und tragen eine rote Strichmarke, die sich je nach Schaltungszustand ins Schema einfügt. Weiter sind die üblichen Temperatursignale usw. vorhanden.

Was die Regulier-Einrichtung anbelangt, so ist zunächst für den Wärter jeder Maschine im Maschinensaal ein sogenanntes Maschinenpult vorhanden (vergleiche den Grundriss Abbildung 77 auf Seite 30), das ihm die Ablesung der wichtigsten Messgrössen ermöglicht, in erster Linie



Abb. 134. Transformatoren-Schalter für 70 000 V mit Drosselspulen.



Abb. 137. Blitzschutz- und Ausführungsraum für 50 000/70 000 V.

aber die Steuerung und Rückmeldung für die Turbinen-Einlaufschützen und einige Hilfsmotoren vermittelt. Ganz wesentlich ist, dass alle Generatoren mit selbsttätigem Ueberstromschutz und Spannungsregulierung versehen sind. Die Schnellregler hierzu sind in der Kommandostelle auf einem eigenen, in Abbildung 139 im Hintergrund sichtbaren Tableau vereinigt. Die Ueberstromschutzregler drücken bei plötzlicher Ueberlastung und bei Kurzschluss die Generator-Erregung soweit herunter, dass der Maschinenstrom nur bis zu einem nach Wunsch einstellbaren Wert ansteigt. Dadurch wird die Anlage gegen unzulässige Strombelastungen geschützt und die Beanspruchung der Oelschalter bei Abtrennen eines Kurzschlusses bedeutend vermindert. Die Spannungsregler halten einerseits die eingestellte Spannung konstant und bewirken anderseits eine gleichmässige Verteilung des watten Stromes auf sämtliche parallel arbeitende Generatoren. Auf dem gleichen Tableau ist auch die automatische Parallelschalt-Einrichtung der A.-G. Brown, Boveri & Cie. montiert, die versuchsweise neben der sonst üblichen Schaltung durch Synchronoskop mit bestem Erfolg Verwendung findet.

Die Fernantriebe für die Generatoren-Apparate, sowie die zugehörigen Messinstrumente und Relais sind auf dem in Abbildung 139 rechts sichtbaren Pult vereinigt, über das hinweg der Wärter Ausblick in den Maschinensaal besitzt. Die Generatoren können von diesem Pult aus durch mechanische Antriebe und Kupplungen einzeln oder in Gruppen von Hand auf Spannung reguliert werden. Unmittelbar an derselben Stelle kann durch Druckknopf-Steuerung die Drehzahl der Maschinen verändert werden. An Messinstrumenten sind für die einzelnen Generatoren, in übersichtlicher Weise angeordnet, solche für die Ablesung von Strom, Spannung, Leistung, Leistungsfaktor, sowie, von diesen durch die Form auffällig unterschieden, Präzisionsinstrumente für Strom und Spannung der Erreger-Maschinen vorgesehen.

Ueber dem Generatorpult, bzw. dem Ausblick in den Maschinensaal, befinden sich die General-Instrumente, die für den Betrieb charakteristische Grössen angeben, also Sammelschienen-Spannung 8000 V (= Maschinenspannung), Frequenz und Leistung der je im Parallelbetrieb arbeitenden Generatoren, je für die beiden „Systeme“. Dazu kommen noch die Synchronoskope und eine Uhr.

Gegenüber dem Generatoren-Pult befindet sich jenes für die Transformatoren und abgehenden Leitungen 8000, 50 000 und 70 000 V (Abbildung 140, rechts), das die Instrumente für die Ablesung des Transformatorenstroms,

der drei Phasenströme, der Spannung und der Leistung der Fernleitungen enthält. Die Spannungen der Unter- und Ober-spannung-Sammelschienen sind auf diesem wie auf dem Generatorenpult durch Stecker-umschaltung an einem Voltmeter pro Feeder ablesbar.

An der Rückseite dieses „Feeder-Pultes“ ist das eigentliche „Messtableau“ angebaut, das die vertraglichen und die übrigen registrierenden Instrumente trägt. Die Unterteilung in Gruppen gleicher Spannung erhöht auch hier wie beim Feederpult die Uebersicht. Die Totalleistung der auf die Systeme „Weiss“ und „Schwarz“ arbeitenden Generatoren und der Feeder 8000, 50 000 und 70 000 V wird mit je einem Wattmeter, die Spannung und Frequenz und die Phasenverschiebung von beliebig zu wählenden Gruppen oder Feedern mit je einem entsprechenden Instrument aufgezeichnet. Ein erheblicher Teil der umschaltbaren und der Total-Messinstrumente ist mit Schalt-Apparaten verriegelt, sodass bei Schaltvorgängen, Umschaltungen, Zu- oder Abschaltungen

auf der Hochspannungsseite automatisch die entsprechenden Schaltungen auf der Niederspannung- (Mess)-Seite vor sich gehen. Es ist dadurch nicht nur viel Arbeit gespart, sondern die jeweils richtige Schaltung gewährleistet. Weiter finden sich auf dem Messtableau die Zähler und die bei allen Messinstrumenten angebrachten Prüfklemmen zum bequemen Abtrennen allfällig defekter Mess-Instrumente und zur Vornahme von Kontrollmessungen.

Durch die Verwendung von Flachprofil-Instrumenten von Siemens & Halske, die vollständig in den Gussplatten der Schaltpulte versenkt sind, konnten die Pulte räumlich knapp gehalten werden, wodurch die Kommandostelle



Abb. 136. Feeder-Schalter für 70 000 V mit Schutzwiderständen.



Abb. 139. Kommandoraum.

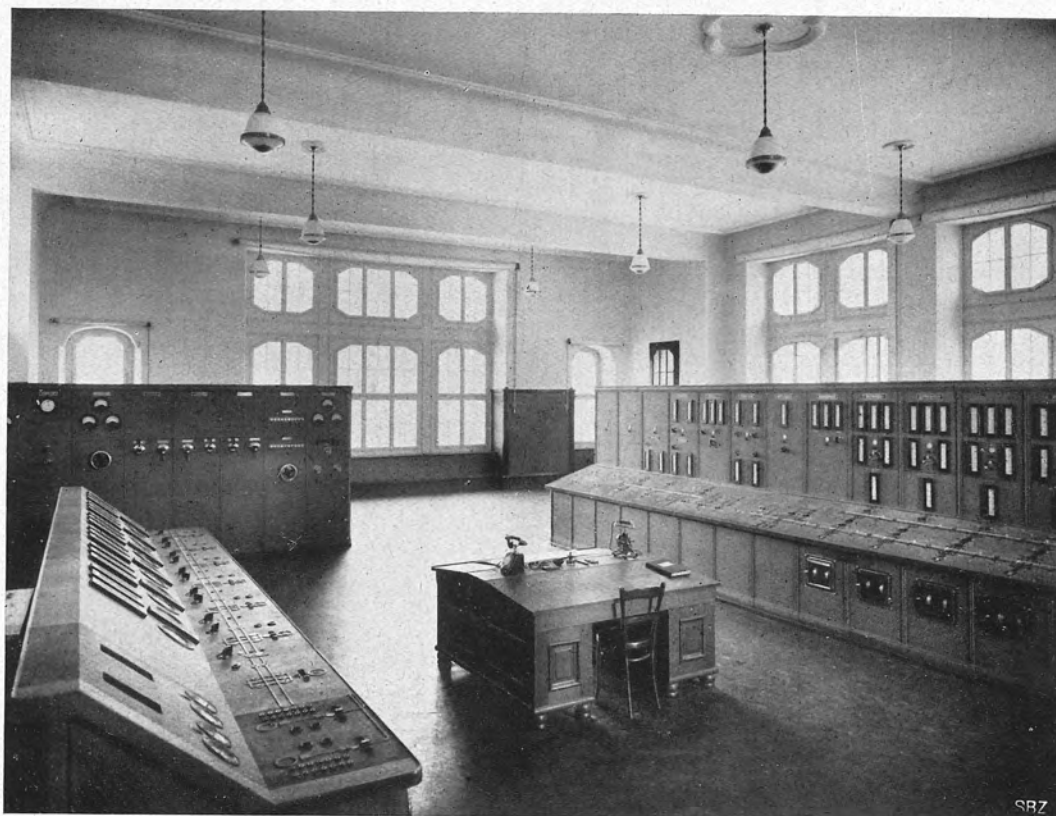


Abb. 140. Kommandoraum.

selbst wieder ein gefälliges Aussehen und gute Uebersichtlichkeit erhalten hat.

Für die Kontrolle der Fernleitungen besteht auf dem „Hülfsdienst-Tableau“ (Abbildung 140 im Hintergrund) für jedes Sammelschienensystem eine ständig angeschlossene Erdschluss-Kontrolle, bestehend aus je einer Fallklappe, die bei einer gewissen Grösse des Erdschlusses ausgelöst wird und dadurch ein akustisches Signal in Funktion setzt. Die Grösse dieses Erdschlusses kann an umschaltbaren Voltmetern abgelesen werden, ebenso die Grösse des Erdschluss-Stromes an einem besonderen Ampèremeter, wieder in Verbindung mit akustischem Signal.

Ein Werktelefon, dessen Leitungsdrähte am Gestänge der betreffenden Hochspannungsleitungen geführt sind, vermittelt den Verkehr der Zentrale mit den wichtigsten Kraftwerken, die mit Gösgen parallel laufen, sowie mit einer Zentralstelle in Olten. Staats- und ein automatisches Haustelephon, die auf dem Schreibpult zwischen Generatoren- und Feederpult montiert sind,

von wo aus diese beiden, sowie das Schnellregler-Tableau, ein Teil des Hülfsdienst-Tableau und die grossen Generalinstrumente bequem überwacht werden können, vermitteln den Verkehr zur Kommandogebung. Die Kommandostelle der Zentrale leitet ausser dem Werkbetrieb den technischen Teil der Verteilungszweige und deren Schaltung, während die Energielieferung entsprechend den Lieferungsverträgen und im besten Ausnützungsverhältnis der zur Verfügung stehenden Mittel von der Zentralstelle in Olten, dem Bureau des Elektrizitätswerkes Olten-Aarburg A.-G., aus geregelt wird.

Als Hauptverteilungszweige der Zentrale Gösgen sind zu nennen: Eine Hochspannungs-Gittermastenleitung mit sechs Drähten nach der Richtung Basel mit verzweigter Verlängerungsleitung nach dem Elsass und Belfort usw.; eine Holzmastenleitung für die Zentralschweiz in Richtung Luzern und eine Holzmasten-Doppelleitung nach Laufenburg und dem Zusammenschlusspunkt Beznau mit dem Leitungsnetz der Nordostschweizerischen Kraftwerke.



Abb. 138. Ausführung der abgehenden Leitungen für 50000/70000 V.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Allgemeines	3
Ausführung der Anlage	5
Aarekorrektur und Staugebiet	6
Das Stauwehr	6
Das Einlaufbauwerk des Oberwasser-Kanals	17
Der Oberwasser-Kanal	19
Der Unterwasser-Kanal	26
Maschinenhaus und Schalthaus.	
Allgemeines	29
Baulicher Teil	30
Bauinstallationen	38
Anschlussgeleise	39
Turbinenanlage	39
Generatoren und Erreger	42
Transformatoren	44
Wasserversorgung des Kraftwerkes	46
Krananlage	46
Reparaturwerkstätte	46
Schaltanlage	48
