

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	51/52 (1908)
Heft:	9
Artikel:	Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine im Kraftnetze der "California Gas and Electric Corporation of San Franzisko", Kalifornien
Autor:	Pfau, Arnold
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-27475

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

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

INHALT: Wettbewerb für Fassadenentwürfe zum Empfangsgebäude der S. B. B. in Lausanne. — Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine im Kraftnetze der «California Gas and Electric Corporation of San Franzisko». Prof. Dr. M. Rosenmund. — Miscellanea: XXI. Jahresversammlung des Schweizer. Elektrotechn. Vereins in Solothurn. Seilbahn auf den Mittenberg

bei Chur. Etzelwerk. Schwimmbad in Strassburg. Aargauische Werkmeisterschule. Die Neuburg a. Inn. Elektrizitätswerk Basel. Internat. Ausstellung für angewandte Elektrizität in Marseille 1908. Bau einer Wasserstrasse Wien-Krakau. Reussbrücke bei Brengarten. — Vereinsnachrichten: G. e. P. Tafel IV: Ingenieur Dr. Max Rosenmund.

III. Preis «ex aequo». — Motto: «Z.» — Verfasser: Architekten Chessex & Chamorel-Garnier in Lausanne

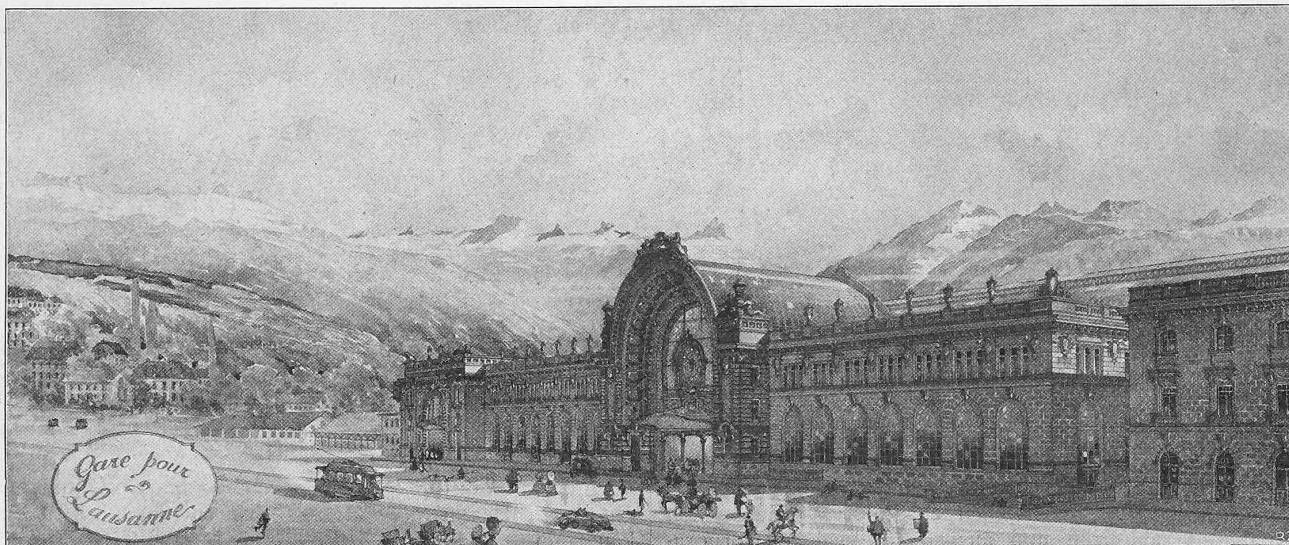


Schaubild der Fassade des Aufnahmegebäudes von Nordwesten.

Wettbewerb für Fassadenentwürfe zum neuen Empfangsgebäude der S. B. B. in Lausanne.

II.

Im Anschluss an die Darstellungen auf den Seiten 97 bis 101 der letzten Nummer veröffentlichten wir heute auf den ersten fünf Seiten einige charakteristische, perspektivische und geometrische Ansichten der weitern vier mit Preisen bedachten Entwürfe. Von den Grundrissen fügen wir nur jenen des Projektes „Denis-Papin“ bei, da sich sämtliche vier Projekte mit nur geringfügigen Abweichungen an den bei der Ausschreibung gegebenen Grundriss anlehnen. Hinsichtlich der Beurteilung der Projekte sei auf das Gutachten des Preisgerichtes (Seite 99 bis 101) verwiesen.

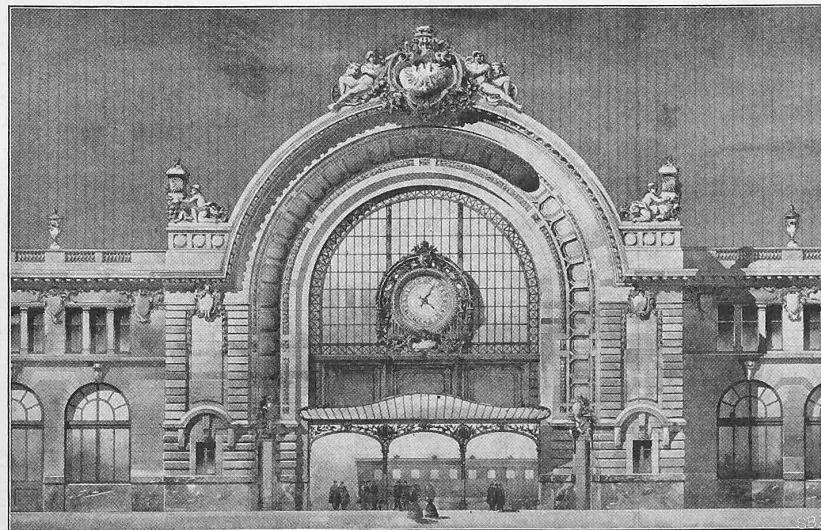
Die betreffenden Entwürfe sind die je mit einem dritten Preis „ex aequo“ bedachten beiden Projekte mit dem Motto: „Denis-Papin“ der Architekten Monod & Laverrière unter Mitarbeiterschaft der Arch. Taillens & Dubois, und mit dem Motto „Z“ der Arch. Chessex & Chamorel-Garnier, ferner das Projekt mit dem Motto: „Axe“ des Arch. Charles Thévenaz, dem ein vierter Preis zuteil wurde und der Entwurf mit dem Monogramm TC als Kennzeichen von den Arch. Convert in Neuchâtel und Henry Meyer in Lausanne, der einen fünften Preis erhielt.

Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine im Kraftnetze der „California Gas and Electric Corporation of San Franzisko“, Kalifornien.

Von Arnold Pfau, Resid. Consult. Engineer, Milwaukee.

Im Anschlusse an die auf Seite 51 Bd. LI erschienene Notiz dürfte eine Beschreibung dieser Turbine samt Zubehör von Interesse sein. Wie dort bereits erwähnt, wurde

dieselbe in den Werkstätten der Allis Chalmers Co. in Milwaukee, Wis., Amerika für die Anlage Centerville der „California Gas and Electric Corporation of San Franzisko“ gebaut. Diese Gesellschaft für elektrische Kraftübertragung in Kalifornien dürfte zurzeit wohl die grösste der Welt genannt werden. Obwohl sich dieser Aufsatz ausschliesslich auf die Beschreibung des hydromechanischen Teiles jener Anlage beschränken soll, seien doch zur Beleuchtung amerikanischer Verhältnisse



Geometrische Ansicht der Mittelpartie der Hauptfassade. — Maßstab 1:400.

bei elektrischer Krafterzeugung und -Uebertragung einige allgemeine Erläuterungen vorausgeschickt.

Allgemeines.

Während in der Schweiz erst seit verhältnismässig kurzer Zeit Kraftübertragungs-Gesellschaften bestehen, die über mehrere auf ein gemeinsames Netz arbeitende Werke

Wettbewerb für Fassadenentwürfe zum neuen Empfangsgebäude der S. B. B. in Lausanne.

III. Preis «ex aequo». — Motto: «Denis-Papin». — Verf.: Arch. Monod & Laverrière unter Mitarbeit der Arch. Taillens & Dubois, sämtlich in Lausanne.

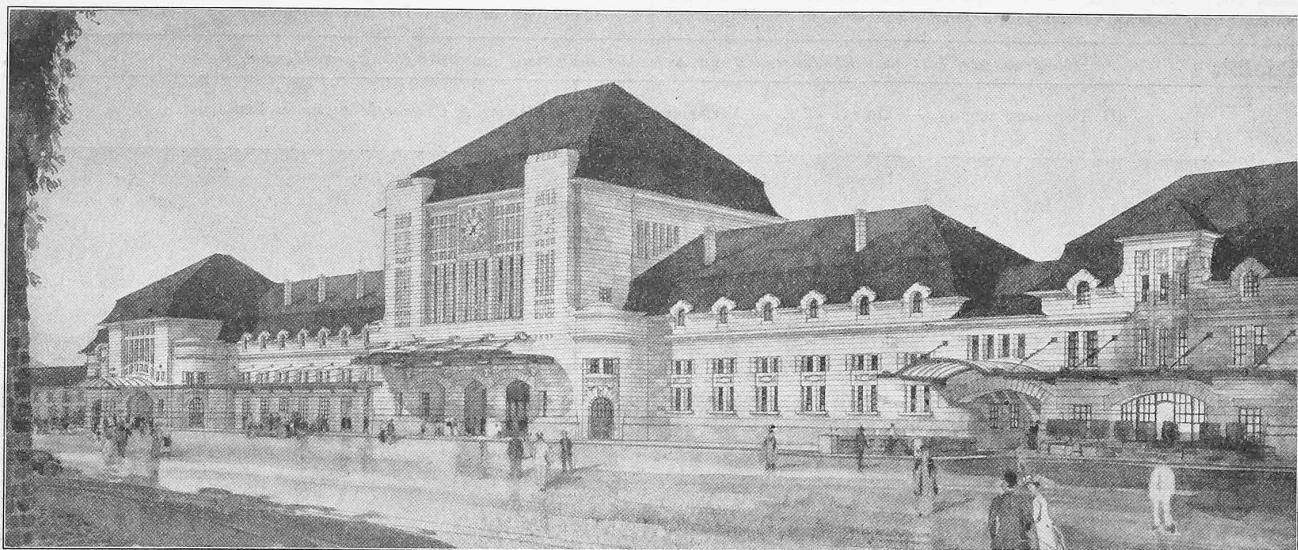
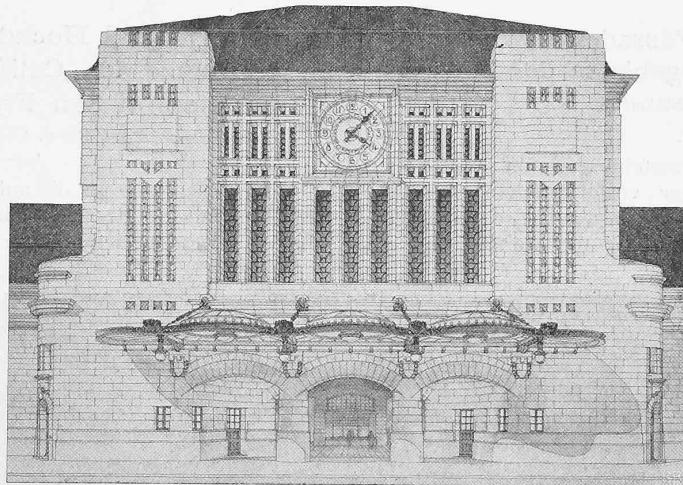


Schaubild der Hauptfassade des Aufnahmegeräudes von Nordwesten.

verfügen, finden wir in Amerika und ganz besonders in dem wasser- und gefällsreichen Staate Kalifornien schon seit Jahren zahlreiche und ausgedehnte solche Korporationen. Wenn sich die schweizerischen Gesellschaften wohl ausschliesslich in der Weise entwickelt haben, dass zielbewusst neue Kraftwerke den bereits bestehenden angegliedert wurden, finden wir in Kalifornien neben denjenigen Korporationen, die analog den schweizerischen vorgehen, auch solche, die gleichsam ein Konglomerat von Kraftwerken bilden, welche anfänglich unabhängig von einander entstanden waren. Während das erste System naturgemäß meist grosse Einfachheit des Betriebes ergibt, zeigt das letzte eine Mannigfaltigkeit, die dem mit der Vereinigung beauftragten Ingenieur grosse Schwierigkeiten in den Weg legt. Dazu kommt noch, besonders in Kalifornien, der erschwerende Umstand, dass nicht wie in der Schweiz Sonnenschein und Regen während des ganzen Jahres abwechseln, sondern dass vielmehr eine ausgesprochene Trennung in eine Trocken- und eine Regenperiode besteht.

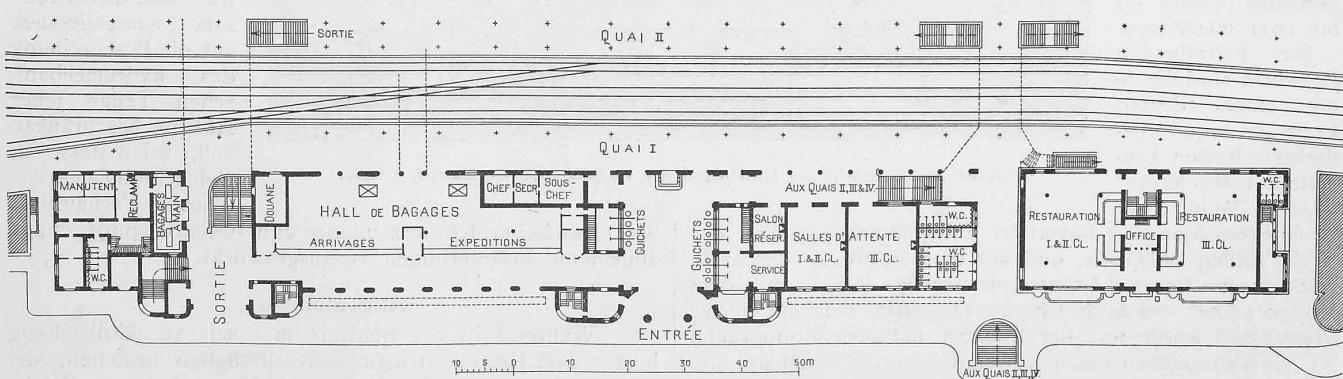
Wenn während der Monate November bis April die ausgiebigsten Regen fallen, zeigt sich in der übrigen Zeit kaum eine Wolke am Horizonte.

Die Abwechslung von Regen und Sonnenschein innerhalb verhältnismässig kurzer Zeitabschnitte lässt die Frage der künstlichen Bewässerung zu landwirtschaftlichen Zwecken in der Schweiz meist ganz in den Hintergrund treten. Ganz anders ist dies in Kalifornien, wo während der Trockenperiode in einzelnen Gegenden jede auch noch so geringe Wassermenge für Bewässerung verwendet wird. Es muss daher der Betrieb gewisser Elektrizitätswerke nicht nur mit dem Verbrauch des Wassers sorgfältig umgehen, sondern derselbe muss auch noch so eingerichtet werden, dass er mit der künstlichen Bewässerung



Geometrische Ansicht der Mittelpartie. — Masstab 1:400.

der Kulturen Hand in Hand geht. Diese Komplikation würde einzelnen Kraftunternehmungen grosse Schwierigkeiten im Bau und Betriebe ihrer Anlagen auferlegen, während sich die Frage verhältnismässig einfach lösen lässt, sobald es sich um eine grosse Unternehmung handelt, die zur Spei-



Motto: «Denis-Papin». — Grundriss vom Erdgeschoss des Aufnahmegeräudes. — Masstab 1:1200.

Wettbewerb für Fassadenentwürfe zum neuen Empfangsgebäude der S. B. B. in Lausanne.
 IV. Preis. — Motto: «Axe». — Verfasser: Architekt Charles Thévenaz in Lausanne.

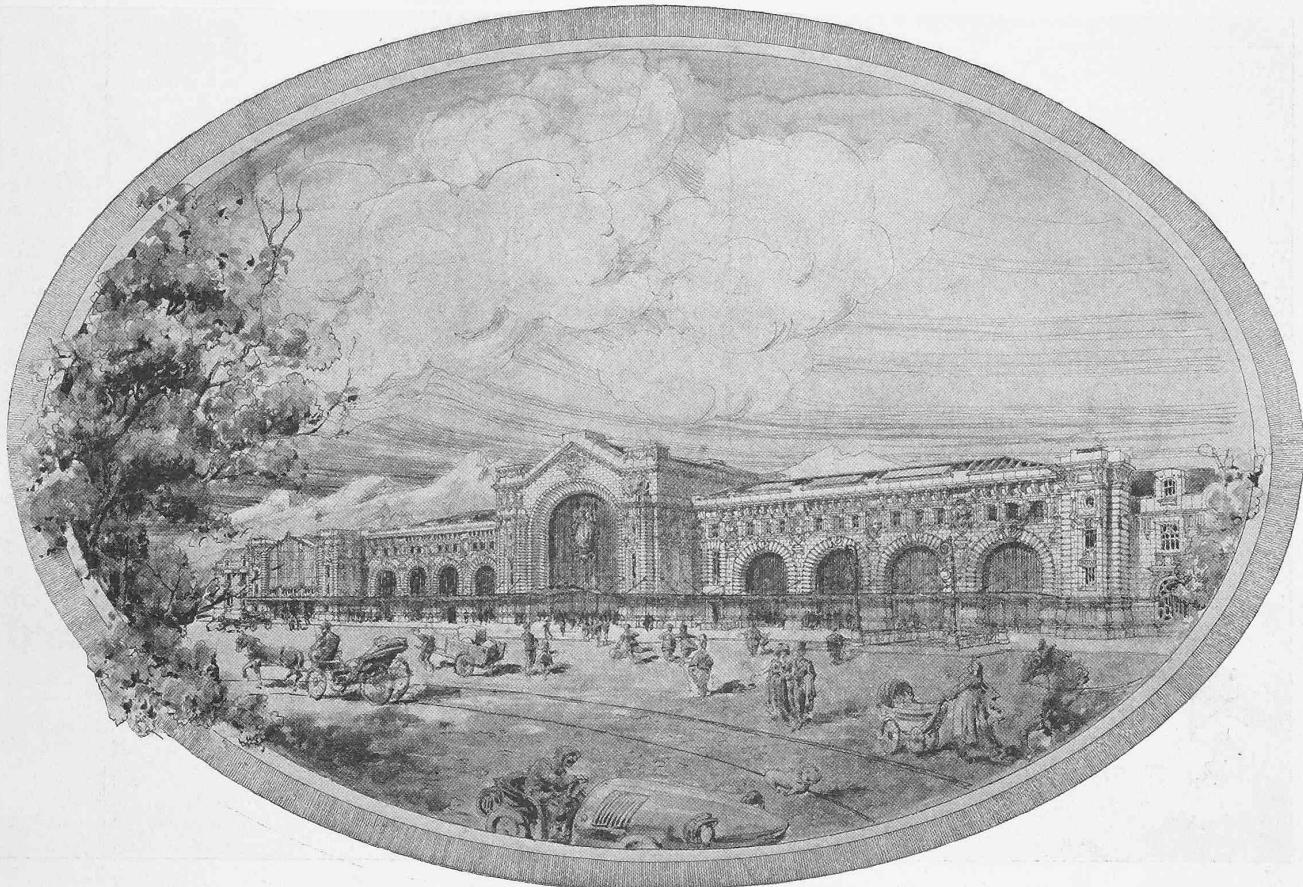
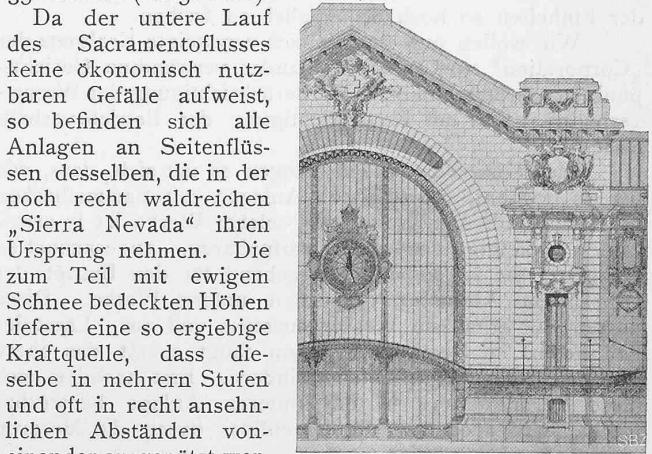


Schaubild der Hauptfassade von Nordwesten.

sung ihres Verteilungsnetzes eine ganze Reihe verschiedenartiger und verschiedenst gelegener Kraftwerke besitzt. In vielen Fällen sind die geographischen Verhältnisse derart, dass ein Flusslauf in einer oder in mehrern Stufen ausgenützt werden kann. Es wird dann die zu oberst im Tale befindliche Anlage mit grossen Sammelbecken versehen, aus denen nur während gewisser Stunden Maximalbeträge entnommen werden, während die talabwärts liegenden Zentralen ihre Kraftabgabe nach dem von oben kommenden, schon ausgenützten Betriebswasser einrichten müssen. Je nach der Entfernung solcher Anlagen von einander ist der Zeitunterschied im Eintreffen der jeweils verfügbaren Wassermenge ein verschiedener. Ueberdies kann oft mit den Bewässerungsgesellschaften ein solches Abkommen geschlossen werden, dass das eine Tal bewässert wird, wenn das andere zurzeit nicht bewässert zu werden braucht. Auf diese Weise lässt sich sowohl der Kraftbetrieb, als auch die künstliche Bewässerung der Kulturen in äusserst ökonomischer, dafür allerdings manchmal komplizierter Weise bewerkstelligen. Oft auch werden andere Korporationen herbeizogen und Abkommen abgeschlossen, wonach das System der einen dem der andern in Ausnahmefällen ergänzend zu Hilfe kommt.

Die „California Gas and Electric Corporation of San Franzisko“ besitzt ein solches Konglomerat von einzelnen, seinerzeit unabhängig von einander erstellten Anlagen. Selbstverständlich war es bei deren Vereinigung nötig, diejenigen Änderungen vorzunehmen, die zu einem einheitlichen Betriebe unerlässlich sind; auch kam eine Reihe neuer Anlagen hinzu und wurden bestehende seither umgebaut und modernisiert. Das Kraftnetz der „Corporation“¹⁾ bedeckt den gesamten untern Flusslauf des mächt-

tigen Sacramento-River und erstreckt sich nördlich von San Franzisko-Oakland auf eine Entfernung von 250 Meilen (rd. 400 km). Rechnen wir noch das Netz der mit ihr verbündeten „Northern California Electric Company“ dazu, so beträgt die Entfernung zwischen der im obersten Norden des Netzes gelegenen Anlage und San Franzisko über 350 Meilen (rd. 560 km).



Ansicht der Mittelpartie. — 1:400.

Da der untere Lauf des Sacramentoflusses keine ökonomisch nutzbaren Gefälle aufweist, so befinden sich alle Anlagen an Seitenflüssen desselben, die in der noch recht waldreichen „Sierra Nevada“ ihren Ursprung nehmen. Die zum Teil mit ewigem Schnee bedeckten Höhen liefern eine so ergiebige Kraftquelle, dass dieselbe in mehreren Stufen und oft in recht ansehnlichen Abständen von einander ausgenützt werden kann. Wir finden daher auch die wichtigsten Anlagen meistens in der ersten Stufe, wobei dann die Gefälle so beträchtliche sind, dass nur Löffelräder (Impuls wheels) in Anwendung kommen können. Für die darunter liegenden Stufen ist die Wassermenge eine gegebene und da dort die Gefälle geringer sind, steht natürlich auch die Kapazität jener Zentralen bedeutend hinter der ersten zurück. Eine solche Gruppe von Werken

¹⁾ Der Kürze halber sei von jetzt ab die „California Gas and Electric Corporation of San Franzisko“ mit „Corporation“ bezeichnet.

Wettbewerb für Fassadenentwürfe zum neuen Empfangsgebäude der S. B. B. in Lausanne.
 V. Preis. — Motto: Monogramm TC. — Verfasser: Architekt *Convert* in Neuchâtel und Architekt *Henri Meyer* in Lausanne.



Schaubild der Hauptfassade von Nordwesten.

wird „Division“ genannt; der Superintendent derselben hat fast immer den Wohnsitz in der Nähe der obersten Anlage.

Während bis vor kurzer Zeit in der Schweiz mehreren Maschinen-Einheiten mit der berechtigten Begründung der Vorzug gegeben wurde, dass die Zentralen anpassungsfähiger seien, liegt es bei grossen Kraftsystemen mit vielseitig verknüpften Netzen nahe, die Zahl der Einheiten tunlichst zu vermindern, dabei aber die Einzelleistungen der Einheiten so hoch als möglich zu treiben.

Wir wollen nun das vielfach verzweigte Kraftnetz der „Corporation“ von zwei miteinander verwandten Gesichtspunkten aus betrachten: 1. Mit Berücksichtigung der Wasserverhältnisse; 2. mit Berücksichtigung der Betriebsverhältnisse.

Die *Wasserverhältnisse* bringen es mit sich, dass, wie bereits erwähnt, die obersten Anlagen mit Sammelbecken versehen sind. Die Kraftabgabe solcher Werke ist in erster Linie abhängig von den verfügbaren, angesammelten Mengen. Sie ist sodann massgebend für den Betrieb der von ihrem Abwasser gespeisten untern Werke. Diese nützen das erhaltene Wasser meistens voll aus. Lässt der Kraftbedarf im Netze nach, dann fängt zuerst das obere Werk an, den Zufluss zu vermindern. Erst nachdem sich diese Verminderung in der unteren Anlage bemerkbar macht, wird auch dort der Durchfluss durch die Motoren entsprechend ermässigt.

Mit Berücksichtigung der *Betriebsverhältnisse* lässt sich die Einteilung wiederum mit dem ersten Gesichtspunkte in Einklang bringen. Je grösser das Kraftnetz, desto weniger treten grosse relative Kraftschwankungen plötzlich auf, ausgenommen in Fällen totaler Kurzschlüsse der Hauptadern. Es wird z. B. in einem System von über 100 000 PS, wie demjenigen der „Corporation“ unter normalen Verhältnissen kaum vorkommen, dass über 20% der Totalleistung plötzlich ein- oder ausgeschaltet werden. Beachtet

man nun noch die zahlreichen, in einem so verzweigten Systeme mitrotierenden Massen, sowohl der Primärmaschinen, als der am Netze hängenden Sekundärmaschinen, so geht daraus hervor, dass selbst eine Kraftschwankung von einigen Tausend PS kaum empfindlich fühlbare Störungen in der Umlaufzahl der Maschinen hervorrufen kann. Es ist daher in einem solchen Falle durchaus zulässig, nur einen Bruchteil der Kraftmaschinen an der Ausregulierung der Schwankungen teilnehmen zu lassen, und den Hauptteil auf diejenige konstante Leistung einzustellen, die der am meisten ökonomischen Ausnutzung der Wasserkraft entspricht. Daraus ergibt sich die ausgesprochene Trennung in zweierlei Betriebe, nämlich in den regulierenden, vorwiegend Wasser sparenden, und in den mit konstanter Belastung arbeitenden, im Notfalle Wasser verschwendenden. Während bei einem System, das nur von einer einzigen Anlage gespeist wird, die momentanen Belastungsänderungen beträchtliche sein können, tritt dies bei einem so vielfach verzweigten Systeme kaum fühlbar auf, wohl aber findet sich auch hier, wie im ersten Falle, ein Unterschied zwischen den jeweilig andauernden Belastungen eines Tages. Das folgende Beispiel dürfte solches am besten beleuchten:

Die Dampfzentrale der New-Yorker Untergrundbahn, die aus einer Batterie von 10×10 000 PS Vertikal-Horizontal-Allis Chalmers Dampfmaschinen und einigen Dampfturbinen besteht, hat während der ganzen Betriebszeit eine sehr regelmässige Kraftabgabe mit nur geringen, plötzlichen Schwankungen. Es muss aber sofort einleuchten, dass der Stromverbrauch während der vom Amerikaner mit „Rush hours“ bezeichneten Zeiten, wo alle Geschäftsleute auf einmal in verhältnismässig sehr kurzer Zeit vor und nach den Bureaustunden die Bahn benützen, ganz bedeutend über dem normalen steht, bei dem die 500 000 Personen nicht befördert zu werden brauchen. Wenn auch hier der Fall ein ganz ausgesprochener ist, so macht sich doch ähnliches

auch im Betriebe der „Corporation“ fühlbar. Dort treten täglich zwei Kraftmaxima auf, von denen das eine in den Vormittagsstunden, das andere abends beim Dunkelwerden eintritt. Neben diesen Faktoren machen sich in einem so vielfach verzweigten Systeme noch andere geltend, die durch Umstände rein elektrotechnischer Natur bedingt sind. Sehr oft kommt es vor, dass schwer belastete Netze, besonders bei langen Hochspannungsleitungen, einen beträchtlichen Spannungsabfall aufweisen, der sich im Sekundärnetz unangenehm bemerkbar macht. Es wird dann gewissen Zentralen übertragen, diesem Uebelstande dadurch vorzubeugen, dass eine um so höhere

Anfangsspannung (Boasting voltage) gleichsam in das Netz hineingepumpt wird. In vielen Fällen macht sich hier noch eine andere Frage im Betriebe von Wasserkraftanlagen geltend, die ihren Ursprung hauptsächlich auf hydraulischem Gebiete hat. Jede wassersparende Kraftanlage, die zugleich auch Kraftschwankungen auszuregulieren hat, bedingt selbstverständlich auch eine Schwankung der Beaufschlagungsmenge. Solange es sich um offene Gerinne oder kurze Rohrleitungen mit geringer maximaler Durchflussgeschwindigkeit handelt, ist das Problem der Regulierung ein verhältnismässig einfaches. Wenn aber die Kraftmaschinen aus sehr langen Rohrleitungen gespeist werden, die aus finanziellen Gründen kleine Querschnitte erhalten, so ist die Frage der Regulierbarkeit eine schwierigere. Dem Ingenieur ist es allerdings ein Leichtes, unter Anwendung genügender Schwungmassen auch für solche Verhältnisse eine technisch exakte Regulierung herzustellen. Diesem Auswege treten aber gewöhnlich finanzielle Bedenken entgegen. Ein mehrere tausend Meilen langer Eisenbahntransport, sowie eine gefährvolle und umständliche Beförderung der Maschinenteile auf der Achse durch die langgestreckten, steilen Bergtäler Kaliforniens, würden die Kosten der Anlage ganz erheblich vermehren, oft in solchem Masse, dass eine weniger exakte oder eine nicht automatische, sogar eine unökonomische Regulierung vorgezogen wird. Daher ist es gar nicht verwunderlich, dass in Kalifornien bei langen Rohrleitungen vorzugsweise solche Regulierungen verwendet werden, welche die zu Zeiten im Rade nicht ausgenützten Wassermengen einfach in den Unterwassergebauen ablecken. Dadurch wird es möglich, die Schlusszeit der Regulatoren, oder Ablenkzeit der Wasserstrahlen vom Rade möglichst kurz zu bemessen, ohne eine Störung irgendwelcher Art in der Rohrleitung hervorzurufen. Neben der Berücksichtigung der finanziellen Momente wird aber zugleich noch die Bedingung beim kombinierten Betrieb erfüllt, dass die untern Werke nicht störenden, kurzerperiódischen Änderungen ihres Wasserzuflusses unterworfen werden. Wenn irgendwo, so fällt die Kostenfrage einer Rohrleitung am meisten bei ganz hohen Gefällen ins Gewicht, wo neben den grossen Blechstärken auch noch beträchtliche Längen der Leitung nicht vermieden werden können. Glücklicherweise sind aber solche Anlagen, wie kaum andere, geeignet zur Aufstellung von Löffelräder, und gerade für diese ist das oben erwähnte Regulierverfahren praktisch sehr gut durchführbar. Der frei auf die Löffel des in Kalifornien meistens fliegend auf dem

Generator-Wellenende angeordneten Rades (fliegende Anordnung bis über 5500 kw.) treffende Strahl entspringt einer runden Düse, welche mittels einer achsial bewegbaren Nadel von Hand eingestellt werden kann, während die Düse selbst in einem Scharnier gelagert ist, sodass dieselbe vom Regulator in der kürzest erreichbaren Zeit nach unten abgelenkt werden kann. Die Strahldicke wird durch die Nadel vom Maschinisten so eingestellt, dass sie den für einen gewissen Zeitabschnitt zu erwartenden, oder bestimmungsweise auf zunehmenden Maximalbelastungen entspricht, während der Regulator nur noch dafür sorgt, dass temporäre Schwankungen oder Kurzschlüsse keine störenden Einflüsse auf die Umlaufzahl ausüben können. Eine solche Regulierungsweise hat noch den angenehmen Vorteil, dass bei einem totalen Kurzschluss die Einheit nicht maximal, sondern nur in dem ohnehin im Betriebe zugelassenen Masse überlastet wird.

Da, wie schon erwähnt, mit dem Was-

serverbrauch sorgfältig umgegangen wird, ist es allgemein gebräuchlich, neue Anlagen aufs genaueste zu kalibrieren. Die Indikatoren derjenigen Organe, die den Wasserverbrauch regulieren, werden dann so angeschrieben, dass entweder der Wasserverbrauch, in Kalifornien meistens in „miners inches“¹⁾, oder direkt die Kilowatt-Leistung der Maschine, höchstselten die absolute Grösse des Öffnungsquerschnittes, oder das Beaufschlagungsverhältnis abgelesen werden kann. Betreffs der erwähnten „bestimmungsweise“ aufzunehmenden Belastung sei noch angeführt, dass in einem so grossen Systeme, wie dem der „Corporation“ meistens eine künstliche, d. h. von Hand erzeugte Änderung der Belastungen der Zentralen bewerkstelligt wird. Nur gewisse Anlagen sind bestimmt, auszuregulieren, und von diesen selbst wieder nur ein Bruchteil, um zuerst zu regulieren. Bei geringen Belastungsschwankungen wird daher nur ein ganz geringer Bruchteil der Maschinen zum regulieren veranlasst, während die andern mit bestem Nutzeffekt belastet bleiben. Dies lässt sich sehr einfach einrichten. Diejenigen Anlagen, die zuerst regulieren sollen, haben Regulatoren, deren Fliehkraftregler auf niedrigere Umlaufzahl eingestellt sind, als die andern, die zwar auch parallelgeschaltet in das Netz speisen. Die Rückführung (floating lever) bewirkt, dass derjenige Regulator, dessen Fliehkraftregler tiefer gestellt ist, stets weniger Belastung zulässt, während derjenige, der zufolge seiner eigenen höheren Umlaufzahl die Maschine im Netze auf die maximale Belastung eingestellt lässt, die ihm zugedacht ist. In derselben Weise werden auch die Fliehkraftregler derjenigen Anlagen eingestellt, die nicht dazu bestimmt sind, auszuregulieren. Dort wird die Umlaufzahl so eingestellt, dass der Regulator die Turbine erst

¹⁾ Wie der Name verrät, stammt diese Bezeichnung aus der Minentechnik der früheren Zeit. Die Wasserrechte zum Abschwemmen der goldhaltigen Lager waren alle auf diese Einheit gegründet. Ein „miners inch“ entspricht etwa einer Durchflussmenge von 11,25 Gallonen (42,5 l) in der Minute. Es ist diejenige Wassermenge, die durch eine Öffnung von einem Quadratzoll, in einem Brett von ein Zoll Dicke und bei einer Höhe von sechs Zoll Wassersäule über der obnen Kante des quadratischen Loches fliesst.



Motto: Monogramm T.C. — Geometrische Ansicht der Mittelpartie. — Maßstab 1:400.

zu schliessen anfängt, wenn die Umlaufzahl den Normalbetrag bereits um soviele Prozente überschritten hat, als die oberste Umlaufzahl desjenigen Regulators beträgt, der die letzten Schwankungen aufzunehmen bestimmt war. Solche Regulatoren dienen also nur als Sicherheitsvorrichtungen (speed limiting devices), um ein gänzliches Durchbrennen der Maschine bei totalem Kurzschlusse zu verhüten. Je nach Umständen des Betriebes oder Zuständen der Zentralen wird die Reihenfolge beim Ausregulieren gewechselt. Dies geschieht ebenfalls in sehr einfacher Weise, indem auf telephonischem Wege der Schaltbrettwärter aufgefordert wird, von der Netz-Belastung mehr oder weniger zu übernehmen. Vom Schaltbrett aus wird dann mittelst elektrischer Tourenverstellvorrichtung (synchroniser) die Lage der Rückführung verschoben und so die

Belastungseinstellung von Hand verändert. Es kommt sogar bei stark überlasteten Betrieben vor, dass wo Dampfreserven oder andere Kraftmaschinen mitarbeiten, die Wassermotoren vorübergehend auf Vollast gestellt werden und alle auftretenden Kraftschwankungen aus Gründen der Materialersparnis von den Dampfmaschinen, Dampfturbinen oder Gasmotoren allein ausreguliert werden. Alle erwähnten Verhältnisse finden wir vertreten im Kraftnetze der „Corporation“.

Turbinenanlage.

Die Hochdruckfrancisturbine der „Centerville Centrale“ dient lediglich dazu, das Abwasser der etwa 16 km oberhalb liegenden Zentrale „de Sabla“ mit bester Oekonomie auszunützen. Die beiden Anlagen liegen in dem sogenannten „Butte Creek“, einem früher ausserordentlich goldreichen Tale, das sich in nordöstlicher Richtung von Chico aus gegen die Sierra Nevada erstreckt. Chico ist einer der verkehrsreichsten Orte an der Shasta-Linie für direkten Verkehr zwischen San Franzisko und Portland Oregon. Die „de Sabla“ Anlage, der ein Nutzgefälle von über 475 m zur Verfügung steht,

besitzt zwei 1500 kw und zwei 5500 kw Löffelradeinheiten. Das Abwasser ergiesst sich frei in den Fluss, wird aber unmittelbar nachher durch eine Talsperre aufgehalten und in einen etwa 16 km langen Oberwasserkanal geleitet. Dieser zieht sich dem steilen Berggrücken entlang, teils als offener Wassergraben im Erdreiche ausgehoben oder in Felsen eingehauen, teils als äusserst kühn erstelltes Holz-

gerinne, das imstande ist, etwa $6,5 \text{ m}^3/\text{Sek.}$ Wasser zu führen. Es verdient hier hervorgehoben zu werden, dass einzelne Strecken wahre Prachtwerke von Zimmermannsarbeit sind und eine Jahrzehntelange Erfahrung verraten, die durch die Anlage der zahllosen, zur Abschwemmung

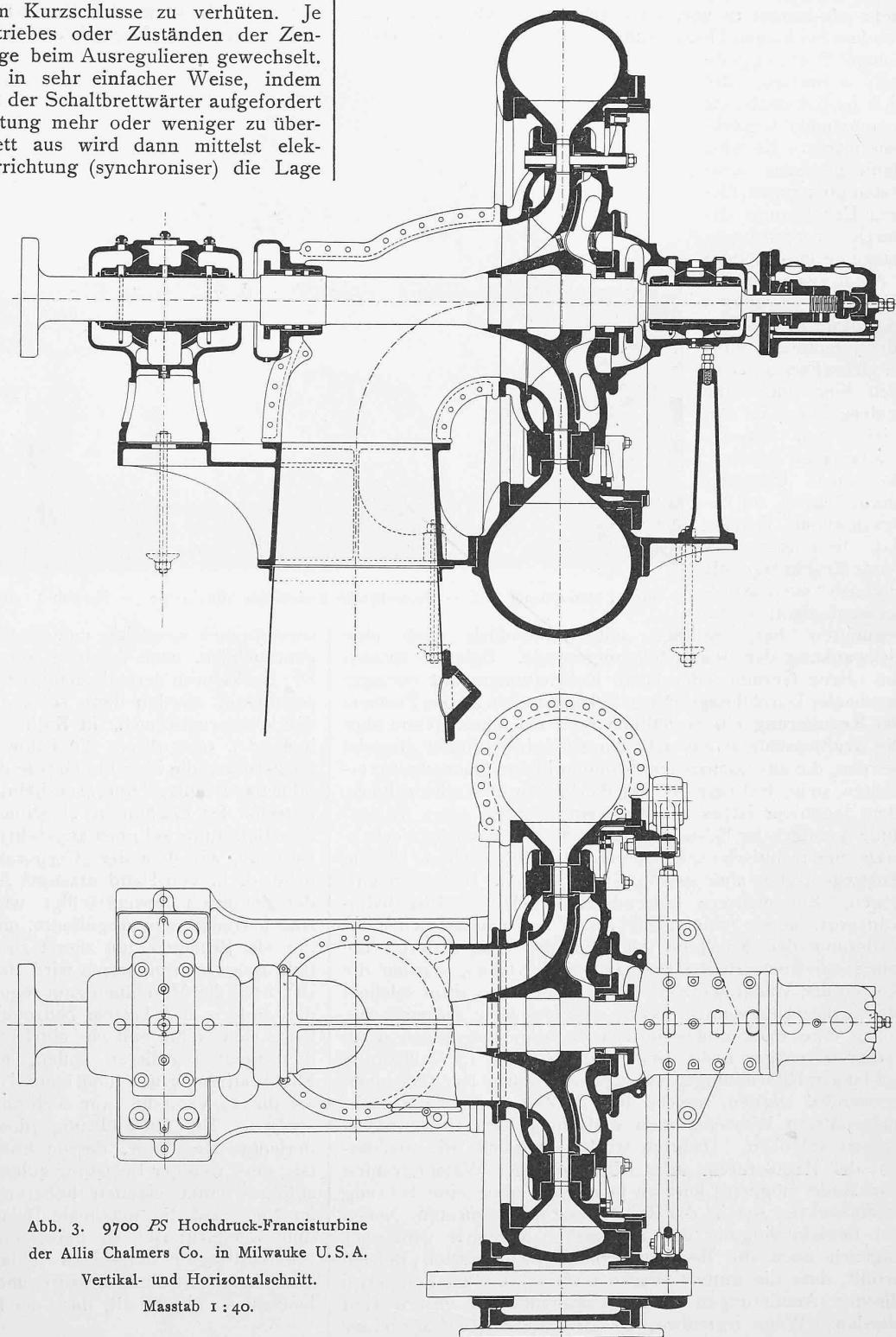


Abb. 3. 9700 PS Hochdruck-Francisturbine
der Allis Chalmers Co. in Milwaukee U.S.A.

Vertikal- und Horizontalschnitt.

Masstab 1 : 40.

der goldhaltigen Kiesabhänge nötigen Wasserleitungen erreicht wurde. Ganz besonders erwähnenswert ist die Tatsache, dass diese Gerinne aus lauter Normalteilen zusammengesetzt sind, die rasch vom vorhandenen Lager ersetzt werden können. Dies ist besonders vorteilhaft und nötig, wenn man bedenkt, dass die im Winter niedergehenden Sturzregen oft ganze Strecken mit sich in die Tiefe reissen.

Abbildung 1 (S. 119) zeigt eine Stelle, die oft erneuert werden muss, was aber anhand der vorhandenen Normalteile und Dank der Tüchtigkeit der Mannschaft jeweils mit staunenswerter Raschheit vor sich geht.

An mehreren Stellen des Oberwassergrabens sind Sandkästen mit Leerlaufschleusen angeordnet, mit deren Hilfe der mit einem Telephon verbundene Kanalwärter rasch das Wasser vom unterhalb liegenden Teile des Gerinnes ablenken kann. Das Wasser passiert einen gewöhnlichen Rechen, sowie ein Metallsieb, das sich vor dem Einlauf in die Rohrleitungen befindet. Da die Anlage früher aus mehreren kleineren Löffelrad-Einheiten bestand, so bestehen noch zwei Rohrstränge von 610 mm Durchmesser, die entweder zur Speisung des jetzt noch in der Zentrale befindlichen

1500 kw Rades dienen, oder die für die neue Turbine gebaute 1060 mm Rohrleitung speisen. Da der Oberwassergraben für etwa 1% Rinngefälle ausgeführt wurde, so beträgt der Unterschied zwischen ruhendem Wasserspiegel und Vollbetrieb über 16 m, was ein Ueberlaufen beim Wasserschloss verursachen würde.

Dieser Uebelstand ist aus dem Wege geräumt durch die Anwendung eines, unmittelbar oberhalb des Rechens eingebauten, automatisch umkippenden Wehres. Dasselbe ist sehr einfach ausgedacht und arbeitet vorzüglich. Wie die schematische Abbildung 2 (S. 118) zeigt, besteht es im wesentlichen aus einem rechtwinklig zueinander gestellten Bretterpaar, dessen einer, kurzer horizontaler Schenkel mit dem längern, vertikalen durch gusseiserne, auf Scharnieren gelagerte Winkel verbunden ist. Steigt der Wasserspiegel, so nimmt das auf den Kippunkt wirkende, rechtsläufige Drehmoment zu, bis es den Vertikalsdruck auf den horizontalen Teil überwindet und so beide Schenkel zum Kippen nach aussen veranlasst. Der Ausschlag ist so begrenzt, dass das Wehr von selbst wieder zurückschlägt, sobald der Wasserspiegel entsprechend gesunken ist. Auf einfache Weise kann durch Verschieben von Gewichten auf dem horizontalen Schenkel das Kippmoment und damit der maximale Wasserspiegel eingestellt werden.

Die an ihren oberen Enden mit Ventilations-Steigrohren versehenen Rohrleitungen bestehen aus durchwegs genieteten Längen. Die Dimensionen sind auf das denkbar niedrigste Mass heruntergedrückt. Die Stränge sind sorgfältig eingebettet und zugedeckt, ohne jedoch auf zahlreichen Sockeln zu ruhen oder mit Ausdehnungsmuffen versehen zu sein. Die Totallänge eines jeden Stranges beträgt etwa 800 m, das Nutzgefälle 168 m. An ihren untern Enden sind die Rohre durch gusseiserne, kräftig verripipte, Y-förmige Stücke untereinander verbunden. Sie sind in gewaltige Betonklötze eingebettet, die den Schub vollständig abfangen. Selbstredend sind auch von Hand bedienbare Absperrschieber eingebaut, die eine beliebige Kombination von Verbindungen der Stränge unter sich zulassen.

Die 1060 mm Leitung verjüngt sich auf ungefähr 915 mm vor dem Absperrschieber. Dieser ist eine ge-

bräuchliche Normaltype der „Chapman Valve Co.“ in Boston mit gusseisernem, aussen verriptem Gehäuse; hat ein keilförmiges Schiebertor, dessen zwei Hälften in geschlossener Lage durch die Stange knehebelartig an ihre Ringsitzflächen gepresst werden. Die Stange ist aus Bronze hergestellt und mit einem Gewinde versehen, auf dem ein Schneckenrad die hebende und senkende Bewegung einleitet. Das Schneckenrad ist durch eine Anzahl Stirnräder mit einem Elektromotor, wie auch aushilfsweise mit einem aus- und einrückbaren Handgetriebe verbunden. Das Motorgetriebe hat ein gewisses totes Spiel, wodurch dem Motor Gelegenheit gegeben wird, ohne Kraftaufwand rasch anzu laufen, um nach Erreichung einer gewissen Anlaufgeschwindigkeit gleichsam mit einem Ruck das Tor aus dem Sitz zu lösen. Ein konisches Stahlgussrohr zwischen diesem und dem nur 760 mm Durchmesser zeigenden Einlaufstutzen des Turbinengehäuses stellt den Uebergang her.

Die Turbine (Abbildung 3) ist eine einfache, horizontalachsige Francisturbine. Das in Abb. 4 (S. 118) gebotene Bild zeigt das rund 14 t wiegende Spiralgehäuse, das aus Transportgründen zweiteilig hergestellt werden musste. Der enorme Zug, der in den horizontalen Trennungsflanschen aufzunehmen war, hätte entweder eine zweireihige Schraubenverbindung nötig gemacht, oder eine so gedrängte Anordnung der Muttern bedingt, dass ein entsprechendes Anziehen der letz-

tern mit kräftigem Schlüssel unmöglich geworden wäre. Durch Anwendung von Bolzenschrauben, deren Muttern abwechselnd oben und unterhalb der Flanschenverbindung angeordnet sind, konnte beiden Umständen Rechnung getragen werden. An der geradlinigen Fortsetzung des am Boden des Spiralgehäuses horizontal einmündenden Einlaufstutzens befindet sich der Anschluss zur Druckregulierung. Weil ein möglichst hoher Nutzeffekt auch bei Teilbeaufschlagung verlangt war, wurde die Finksche Drehschaufel angewandt. Da aber wegen der hohen absoluten Geschwindigkeiten (auf das hohe Gefälle bezogen allerdings noch keine übermässigen) kein komplizierter Reguliermechanismus im Innern des Gehäuses zulässig war, so wurde eine Drehschaufelregulierung mit geschmiedeten, festen Drehzapfen und außerhalb des Gehäuses liegendem Gleitring verwendet. Diese Konstruktion wurde früher in der Schweiz vielfach ungünstig beurteilt, hat aber ihre Existenzberechtigung durch die unbestreitbaren Vorteile vollauf bewiesen. Die mit den Schaukelklappen aus einem Stahlstück geschmiedeten Zapfen durchdringen die Leitadringe in Stopfbüchsen, die je zwei U-förmige, automatisch abdichtende Ledermanschetten enthalten. Auch diese Konstruktion hat sich während des nun bald einjährigen Betriebes bestens bewährt. Das geringe Schweißen, solange das Gehäuse nicht unter Ueberdruck steht, kann ohne weiteres in Kauf genommen werden, da die Zapfen im Betriebe absolut dicht sind und die Dichtung nie eine Nachstellung nötig macht. Um bei dem

Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine
der California Gas and Electric Corporation of San Franzisko.

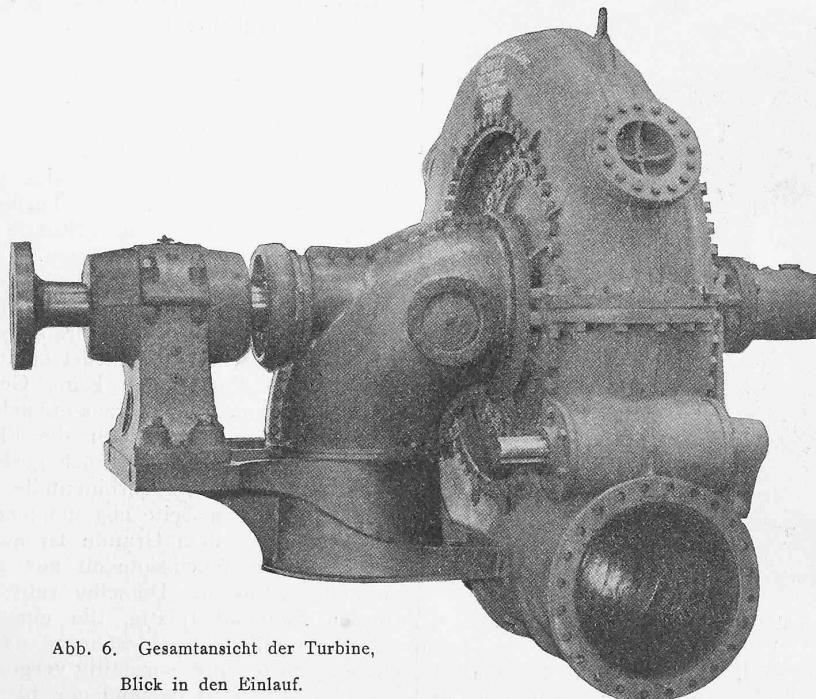


Abb. 6. Gesamtansicht der Turbine,
Blick in den Einlauf.

hohen Drucke und ziemlich beträchtlichen Durchmesser des Zapfens einen Druck auf die Stirnseite der Schaufelklappe zu vermeiden, sind die Zapfen von gleichem Durchmesser und beidseitig durch die Leitadringe hindurchgeführt. Da hier keine seitliche Abbindung im Leitrade stattfindet, wie dies bei den Leitadschaufeln der Fall ist, die lose am festen Drehbolzen schwingen, so wurde ein Stahlgussdistanzring eingeführt, der den Zug in Flügeln

**Eine 9700 PS Hochdruck-Francisturbine
im Kraftnetz der „California Gas and Electric
Corporation of San Franzisko“.**

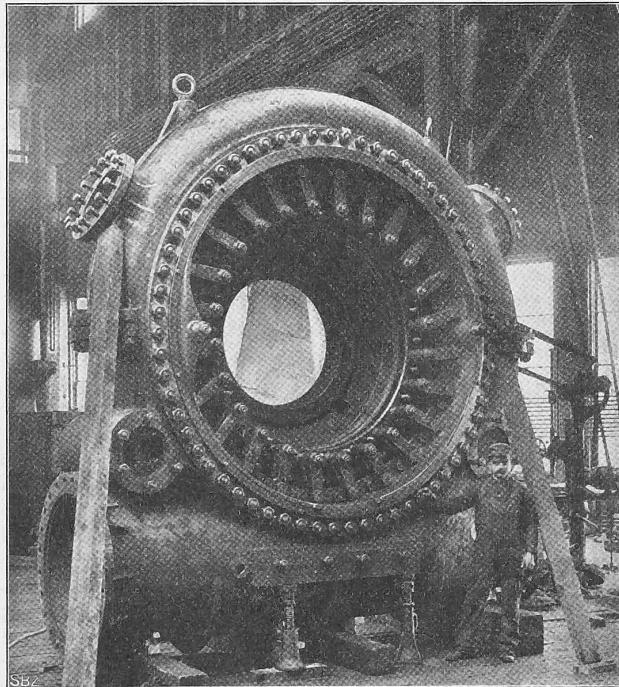


Abb. 4. Ansicht des Spiralgehäuses mit den Drehschaufeln.

aufnimmt, die so gestellt sind, dass sie dem fliessenden Wasser möglichst wenig Widerstand entgegenbringen. In Amerika, und ganz besonders bei den Hochdruckanlagen für Kalifornien, wird ausserordentlich grosses Gewicht darauf gelegt, dass hohen Geschwindigkeiten des Wassers ausgesetzte Flächen so glatt als möglich seien; damit soll, gestützt auf jahrelange Erfahrungen, nicht nur die Reibung, sondern auch der Beginn von Korrosion vermieden werden. Es wurden daher sowohl Lauf- als sämtliche Leitschaufeln auf sorgfältigste bearbeitet und poliert.

Bekanntlich ist auch bei Drehschaufeln unter hohem Gefälle die Frage des Abdichtens eine wichtige. Neben dem Umstande, dass bei einer Drehschaufelregulierung mit aussen liegendem Gleitringe das seitliche Spiel der Schaufel klein gehalten werden kann, wurde aber noch peinlich genau dafür gesorgt, dass alle Schaufelspitzen tadellos und gleichmässig schliessen. Jede Schaufel wurde nach einer Lehre auf der Maschine bearbeitet und einzeln

so eingepasst, dass bei der Inspektion vor Versand in der Werkstatt nicht einer der zwischen die Schaufelspitzen gesteckten Papierstreifen bei geschlossener Lage des Gleitringes herausgezogen werden konnte. Das Ergebnis war daher auch ein sehr erfreuliches, indem die Turbine bei offenem Hauptabsperrschieber weder von selbst anlief, noch beim Abstellen mehr als 180 Umdrehungen ohne eine Bremse oder Erregung im Generator machte, und auch bis zur Stunde noch keine Zunahme hierin gezeigt hat.

Das aus Stahlguss bester Qualität hergestellte Lauf- rad hat einen äussern Durchmesser von 1620 mm und eine lichte Breite von rund 85 mm. Da der Generator schon vor der Turbine bestellt worden war, so konnte an seiner Umlaufzahl von 400 in der Minute nichts mehr geändert werden. Damit der Durchmesser noch möglichst klein und die lichte Weite möglichst gross bleiben, wurde der Koef- fizient der Umfangsgeschwindigkeit kleiner als 0,6 gehalten, trotzdem aber durch glückliche Wahl des Diagramms noch eine ausgesprochene Rückschaufelung vermieden. Die Turbine wird häufig untersucht, wobei sich bis zur Stunde nicht die geringsten Spuren einer Abnutzung zeigten.

Abbildung 5 zeigt das Laufrad und die Art und Weise seiner Befestigung auf dem 350 mm starken Kopf der Stahlwelle. Es wurde besondere Sorgfalt darauf verwendet, die Uebergangslinien möglichst sanft zu gestalten, um den hohen Geschwindigkeiten keine Gelegenheit zur Bildung von Wirbeln und den daraus entstehenden Korrosionen zu geben. Da auf Verlangen die Flansche der Kupplung mit der Welle aus einem Stück geschmiedet wurde, ist dafür gesorgt, dass alle Turbinenteile von der der Kupplung entgegengesetzten Seite abgenommen werden können.

Aus demselben Grunde ist auch der Ablaufrücker mit allen Stopfbüchsenteilen zur Abdichtung der Welle zweiteilig gemacht. Derselbe ruht auf einer kräftig verrippeten Fundamentplatte, die einerseits mit dem Spiralgehäuse verflanscht ist, während das Ablaufrad in Beton eingelassen ist und, sorgfältig vergossen, eine solide Unterlage für das Hauptwellenlager bietet. Zu bemerken ist, dass die Lagerschalen einen Kugelsitz haben, um sich selbsttätig auf die beste Tragweise einzustellen. Die Anwendung von Kugelsitz-Lagerschalen ist in Amerika besonders beliebt, weil man sich nicht gerne mit dem zeitraubenden und kostspieligen Einschaben an Ort und Stelle abgeben will. Um im Notfalle das Schmieröl rasch ersetzen zu können, ist das Oelbassin des Lagers an das Röhrensystem angegeschlossen, das zur Zirkulationspumpe der Ringspur führt.

An den Saugrohruntersatz schliesst das Saugrohr an, das als konisch divergenter Krümmer aus verflanschten Gussröhren besteht. Das horizontale Ende mündet in einen tunnelartigen Unterwassergraben, der ungefähr 25 m lang ist, und als offener Kanal vorgesehen war. Da aber die „Corporation“, zum Zwecke genauer Wassermessungen einen permanenten Francis-Ueberfall am Ende des Unterwassergrabens einbaute,

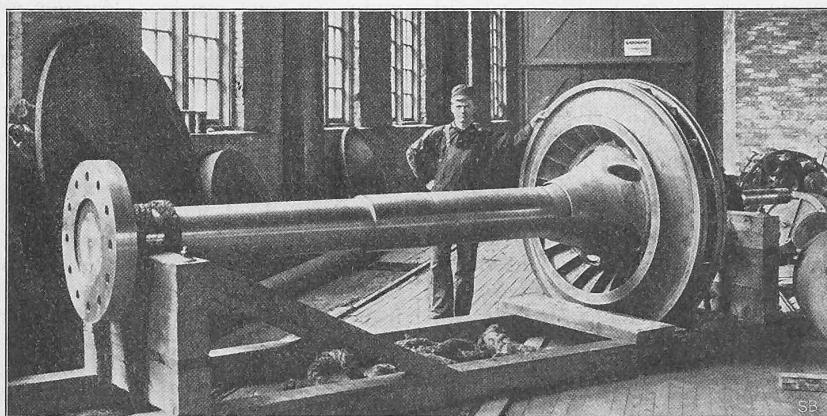


Abb. 5. Stahlguss-Schaufelrad und Welle.

Das horizontale Ende mündet in einen tunnelartigen Unterwassergraben, der ungefähr 25 m lang ist, und als offener Kanal vorgesehen war. Da aber die „Corporation“, zum Zwecke genauer Wassermessungen einen permanenten Francis-Ueberfall am Ende des Unterwassergrabens einbaute,

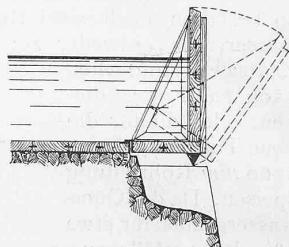


Abb. 2. Automat. Kippwehr.

ist jetzt dieser lange Kanal unter Wasser gesetzt, was unangenehme Pendelungen des Vacuums bewirkte, die ganz besonders dann störend wirkten, wenn bei einem Kurzschlusse das über dem Ende des Saugrohres mündende Abwasser der Druckregulierung sich in den Kanal ergoss. Dieser Uebelstand wurde gänzlich beseitigt durch Einbau eines schmiedeisernen Steigrohres von etwa 610 mm Durchmesser unmittelbar an der Mündung des erwähnten Saugrohres.

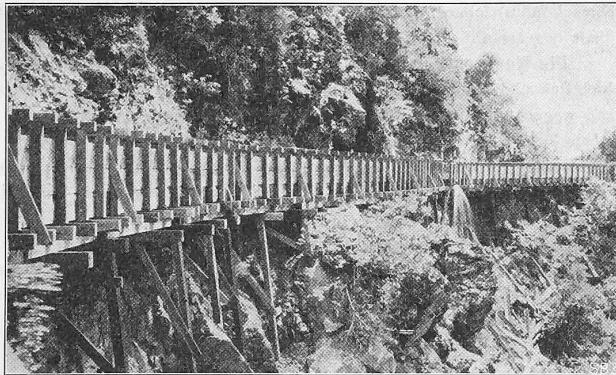


Abb. 1. Holzgerinne im Oberwasserkanal.

Die Ringspur ist in einem doppelwandigen, vom Druckwasser gekühlten Gehäuse eingeschlossen und läuft in einem Oelbade, das mittelst einer von der Turbinenwelle aus angetriebenen Räderpumpe in lebhafter Zirkulation gehalten wird. Die Doppelspur selbst besteht aus zwei Paaren von Gussringen, deren eines mittelst Mutter und Gewinde auf dem Hauptwellenstummel eingestellt werden kann, während das Spiel zwischen beiden Ringpaaren durch Einstellen der ausserhalb des Stupfgehäuses liegenden Mutter bewerkstelligt wird. Ein kräftiges Halslager mit Ringschmierung sichert den vibrationslosen Gang des Stupfes. Auch dieses Lager ist an die Zirkulationspumpe angeschlossen. Die Räderpumpe hat zwei unabhängig voneinander wirkende Kammern, sodass stets der tragende Stupfteil mit Drucköl versehen wird. Abbildung 6 zeigt links über dem Einlauf das Ende der Regulierwelle, auf welches das vom Regulatorbauer gelieferte Zahnssegment aufgekeilt wird.

(Schluss folgt.)

† Professor Dr. M. Rosenmund.

(Mit Tafel IV.)

Die Bestattungsfeierlichkeit Rosenmunds, dessen von Freundeshand verfasste, gedrängte Lebensbeschreibung wir in der letzten Nummer gebracht haben und dessen Bildnis wir heute beilegen, vereinigte eine grosse Zahl von hervorragenden schweizerischen Fachgenossen und gestaltete sich zu einer erhebenden Freundeskundgebung.

Obgleich von der Familie eine stille Beerdigung angesagt worden war, drängte es viele seiner Mitarbeiter, früheren Vorgesetzten, Kollegen und Freunde von Nah und Fern, an der Bahre dem Heimgegangenen den letzten Gruss zu bringen. In zahlreichem Geleite folgten sie dem mit überreichen Blumenspenden geschmückten Sarge zur letzten Ruhestätte auf dem städtischen Friedhof Rehalp.

Am Grabe sprach der frühere Waffenchef des Genie und Chef des eidgen. Topographischen Bureaus, Oberst J. J. Lochmann, als Präsident der Schweizerischen Geodätischen Kommission, deren jüngstes Mitglied Professor Rosenmund gewesen ist, die wissenschaftlichen Verdienste Rosenmunds nochmals hervorhebend und seiner vorbildlichen, unentwegten Pflichttreue bei Erfüllung der ihm gestellten Aufgaben gedenkend, und sodann namens seiner Kameraden in der Armee, seiner Mitprofessoren und der Studierenden Professor Oberst F. Becker, dessen warm empfundene Worte als letzter Gruss hier folgen mögen:

«Werte Trauernde!

Lassen Sie dem, der noch zuletzt mit dem Entschlafen in einer Arbeitsstellung gestanden, einige Worte des Abschieds.

Es ist mir dabei zu Mute, wie dem Soldaten, dem der Kamerad von der Seite weggeschossen wurde.

Lieber Freund Max Rosenmund!

Wir wollen nicht all' Deine Verdienste aufzählen und Dir danken für das, was Du dem Vaterland, der Armee, der Schule, der Wissenschaft und Technik getan. Du würdest das ablehnen und nicht glauben. Aber eines wirst Du gerne hören und uns glauben: Wir haben Dich lieb gehabt!

Ich möchte hier noch im Namen Deiner Schüler sprechen. Ich war ja selbst ein solcher Schüler, der älteste, nicht im Fache, in dem ich Dir ein Kollege war, aber in der Pflichterfüllung, in der Du uns allen, Kollegen und Schülern, ein Vorbild warst.

Es war uns schwer, Dich zu missen, unsern Lehrer und Meister! Wir liebten Dich, weil wir wussten, dass auch Du uns lieb hattest. Diese Liebe wird nicht schwinden; sie wird immer noch grösser werden, je länger wir Dich im Andenken behalten werden.

Lieber Freund und Lehrer, lebe wohl.»

Miscellanea.

Die XXI. Jahresversammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins in Solothurn, die vom 22. bis 24. August abgehalten wurde, erfreute sich auch dieses Jahr einer überaus regen Beteiligung. Uebungsgemäss berichten wir heute kurz über den Verlauf des Festes, während ein von berufener Hand stammender Bericht über die Verhandlungen folgen wird. Der Samstag war wie gewohnt der Generalversammlung des Verbandes schweizerischer Elektrizitätswerke und der Tagung der Glühlampeneinkaufs-Vereinigung vorbehalten, die im Konzertsaal des Saalbaues ihre Geschäfte erledigten. Ein zwangloses Nachtessen und Beisammensein in der «Krone» beschloss den Tag.

Die Mehrzahl der Teilnehmer traf am Sonntag Vormittag in Solothurn ein. Vor dem Beginn der Hauptversammlung hielt der Betriebsdirektor H. César einen interessanten Vortrag über einzelne Anlagen des Elektrizitätswerkes Wangen a. A., der durch Verteilung einer Broschüre der Felten-Guillaume & Lahmeyerwerke sowie des Sonderabdruckes aus der Schweiz. Bauzeitung über «Grosse moderne Turbinenanlagen»¹⁾ wirkungsvoll unterstützt wurde. Um 9 1/2 Uhr eröffnete Herr Ingenieur A. Nizzola als Präsident des S. E. V. die Generalversammlung, zu der nach der gedruckten Präsenzliste gegen 200 Mitglieder und Gäste, in Wirklichkeit wohl bedeutend mehr erschienen waren. Einige Abwechslung brachte in den glatten Verlauf der Verhandlungen der beim Wahlgeschäft geäußerte Wunsch der Elektro-Installateure nach Vertretung ihres Verbandes in der Aufsichtskommission der technischen Prüfanstalten. Die bisherigen Mitglieder wurden indessen in Globo auf eine Amtsduer von drei Jahren bestätigt. Aus dem Vorstand des S. E. V. trat aus der Präsident Ing. A. Nizzola, für den Ing. Th. G. Kölliker (in Firma Baumann & Kölliker) Zürich gewählt wurde, während neu in den auf sieben Mitglieder erhöhten Vorstand Ing. J. Landry, Professor in Lausanne und Direktor C. Brack in Solothurn gewählt wurden; als Präsident wurde Ing. K. Z. Täuber (M.-F. Oerlikon) gewählt. Infolge Verhinderung von Prof. Wyssling referierte Herr Dr. E. Tissot über die Tätigkeit der «Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb»²⁾ und Direktor Dr. E. Frey von Rheinfelden über die kommende Wasserrechtsgesetzgebung. Leider war keiner der beiden Referenten von den massgebenden Stellen ermächtigt, Wesentliches mitzuteilen und beide mussten die Versammlung auf später vertrösten. Zum Schluss wurde als nächstjähriger Festort Chaux-de-Fonds bestimmt.

Nach dem Mittagessen fuhr man mit der Eisenbahn nach Luterbach, wo die Hauptverteilungs- und Transformatoren-Station des Elektrizitätswerkes Wangen a. A. besichtigt wurde. Hernach fand sich die Gesellschaft im nahen Bad Attisholz mit den dorthin vorausgeeilten Damen bei «Kaffee mit Strübl» zusammen, wo in idyllischer Ruhe und altertümlicher Umgebung einige gemütliche Stunden verbracht wurden. Gegen Abend zog man in zwanglosen Gruppen teils nach Luterbach, wo ein Extrazug bereit stand, teils zu Fuß durch die von der Abendsonne freundlich beschienene Gegend wieder nach Solothurn. Hier vereinigte um 8 Uhr das offizielle Bankett die Elektrotechniker im grossen Konzertsaal des Saalbaues, der aber die Gäste nicht alle zu fassen vermochte, sodass gegen 50 ihren Hunger in der Krone stillen mussten. In den Zwischenpausen des Essens stiegen die üblichen Tischreden, umrahmt von den Vorträgen der trefflichen Solothurner Stadtmusik. Der abtretende Präsident, Ing. Nizzola, begrüsste die Gesellschaft und dankte den Solothurner Vereinskollegen, die das Fest so gut vorbereitet und flott durchgeführt haben. Den Gruss der Stadt Solothurn entbot Stadtammann Jecker und namens des Schweiz. Ingenieur-

¹⁾ «Grosse moderne Turbinenanlagen, I. Folge: Niederdruckanlagen» von L. Zodel, Direktor der A.-G. Escher Wyss & Cie. in Zürich.

²⁾ Siehe Seite 13 laufenden Bandes.