

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 43/44 (1904)
Heft: 1

Artikel: Grosse, moderne Turbinenanlagen
Autor: Zodel, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-24657>

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: 15.01.2026

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

einander in armiertem Beton, System Hennebique, freitragend ohne Pfeiler oder Säulen ausgeführt sind, sodass der Blick auf die Bühne von jedem Platz aus durch nichts gehemmt wird. Im ersten Rang, aus dessen Seitengängen man auf offenen Treppen in den zweiten Rang gelangt, befinden sich hinter den Balkonsitzen zwölf Logen zu je vier, teilweise auch fünf Plätzen; weitere acht Logen enthält das Proszeniumsmotiv, das die Bühnenöffnung umrahmt. Ueber dem ungemein vornehm ausgestatteten Foyer, das die Höhe des ersten und zweiten Ranges einnimmt, befindet sich ein grosser Raum, der als Bierrestaurant des sehr geräumig und luftig ausgebauten dritten Ranges dient.

Das für etwa 35 Musiker bemessene Orchester ist vertieft angelegt und hat einen besondern Eingang auf der Nordseite des Hauses. Zwei links und rechts angeordnete Räume mit zugehörigen Garderoben und Toiletten dienen als Stimmzimmer und als Bibliothek sowie zum Aufenthalt für die Musiker.

Im Verhältnis zum Zuschauerraum erscheint die Bühnenanlage ausserordentlich gross und weiträumig. Die Bühne selbst, die 18 m breit und 18 m tief angelegt ist, hat eine Vorhangsöffnung von 9,5 m Breite und ist seitlich umgeben von den Magazinen zur Aufbewahrung der Tagesdekorationen, der Möbel und Requisiten. Darüber sind einerseits der Kostümsaal, anderseits der Chorprobeaal und das Ballettanzleidzimmer untergebracht. Hinter der Bühne, durch einen bequemen Gang von derselben getrennt, befinden sich auf Bühnenbodenhöhe sechs Solistenzimmer und in den folgenden drei Geschossen, durch zwei breite und helle Treppen miteinander verbunden, die Ankleidezimmer des Chorpersonals, die Direktions- und Kanzleiräume, die Bibliothek, das Coiffeurzimmer und schliesslich der Schauspielerprobesaal. Das Untergeschoss enthält die Wohnung des Hauswarts, das Statistenanzleidzimmer und das Feuerwehrlokal.

Für Feuersicherheit und Rettungsmöglichkeit ist im ganzen Hause reichlich gesorgt. Schon die Herstellung aller Böden und Decken, sowie eines grossen Teiles der Bedachung aus armiertem Beton schliesst ein Umsichgreifen des Feuers aus. Dazu sind alle Zimmer, in denen sich das Personal aufhält, mit Fenstertüren versehen, die in den verschiedenen Stockwerken auf eiserne, an der rückwärtigen Fassade angebrachte Rettungsstege und Leitern führen.

(Forts. folgt.)

Grosse moderne Turbinenanlagen.¹⁾

Von L. Zodel, Oberingenieur der A.-G. der Maschinenfabriken von Escher Wyss & Cie. in Zürich.

I.

Es gibt wohl kaum ein technisch-volkswirtschaftliches Problem, das gerade die Gegenwart lebhafter beschäftigt, als die Ausnützung grosser Wasserkräfte, deren Umwandlung und Fernleitung in Form elektrischen Stromes.

Durch die unvergleichlich rasche Entwicklung der

Elektrizität in den letzten zwei Jahrzehnten hat der elektrische Strom in seinen mannigfaltigen Anwendungen gewaltige

Umwälzungen auf allen Gebieten der Industrie und des Verkehrs hervorgebracht. In der neuesten Zeit sind es hauptsächlich der Staat und die Gemeinden, denen die Beschaffung von elektrischem Strom als eine Notwendigkeit ersten Ranges zur Pflicht gemacht wird.

Für jede grössere Gemeinde bildet nach der Trinkwasserzuleitung die Erstellung eines Stromnetzes die bedeutendste, am tiefsten einschneidende Frage: *Licht und Kraft*. Sie ist ebenso wichtig in materieller, wie in kultureller Beziehung zur Fortentwicklung in modernem Sinne für das kleine wie für das grosse Gemeindewesen. Infolge der bequemen Fernleitung des elektrischen Stromes, die nur durch Rücksichten auf pekuniäre Schwierigkeiten begrenzt ist, werden kleine und grosse Wasserkräfte auch in unzugänglichen und abgelegenen

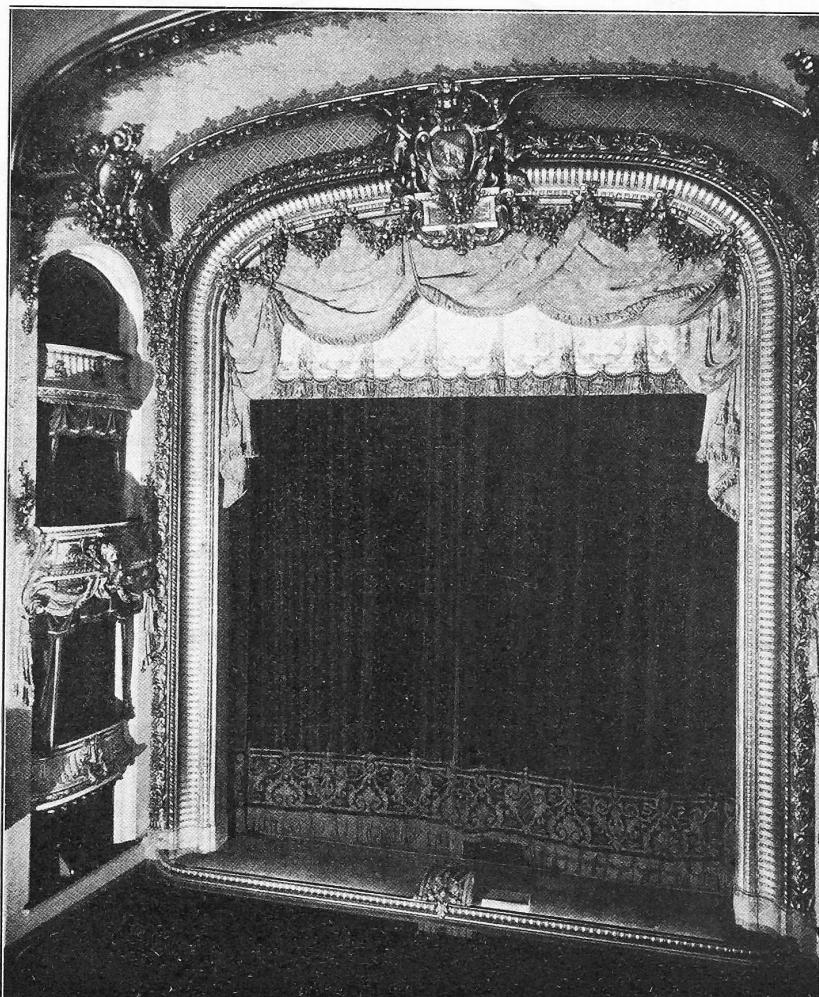


Abb. 9. Ansicht der Bühnenöffnung mit Portallogen.

nen Gegenden zur Ausnützung ins Auge gefasst.

Dass dies in kohlenarmen Ländern oft mit ausserordentlich hohen materiellen Opfern geschieht, kann nicht wundern, wenn man bedenkt, dass noch in allerneuester Zeit in unmittelbarer Nähe der grossen Kohlenbergwerke mit bedeutenden Kosten Wasserkräfte nutzbar gemacht werden. Ich erinnere hier nur an die gegenwärtig im Bau befindliche hydraulische Kraftzentrale Heimbach bei Aachen, welche vermittels einer Talsperre eine Kraft von 14 bis 16 000 P.S. erzeugt und dieselbe durch Fernleitungen in die benachbarten Industriorte sendet, die selbst wieder in unmittelbarer Nähe der grossen Kohlengebiete liegen. Die Wasserkraft stellt eben mit sehr seltenen Ausnahmen die billigste Betriebskraft dar.

Die elektrische Traktion, die auf Nebenbahnen bereits mit durchschlagendem Erfolg eingeführt ist, hat nun auch

¹⁾ Nach einem Vortrag des Verfassers in der Generalversammlung des Vereins Schweiz. Maschinen-Industrieller in Zürich am 18. Juli 1903.

auf einigen Vollbahnen angewendet, sehr günstige Resultate ergeben, sodass deren Einführung, namentlich in Ländern mit billigen Kräften, nur eine Frage der Zeit sein kann.

Gerade in der Schweiz steht uns diese hochbedeutende Umwälzung auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens mit Hilfe der zahlreichen, noch unausgenützten Wasserkräfte, die zum Teil in sehr günstiger Lage sind, am ehesten bevor und es erhöht sich deren Tragweite durch ihr Zusammentreffen mit der Verstaatlichung der Bahnen und der an den Staat herantretenden Frage, geeignete Wasserkräfte für sich zu reservieren bzw. für den Betrieb der Bahnen zu erwerben.

Aus all diesem geht hervor, dass speziell für den Turbinenbauer immer grössere und gewaltigere Aufgaben erwachsen, deren Schwierigkeiten sowohl hinsichtlich der Bedeutung und Potentialität der Wasserkraftanlage, als auch hinsichtlich der Natur und der Anforderungen des Kraftkonsums (Licht-, Kraft- und Bahnbetrieb usw.) immer grösser werden und wohl nicht alle auf einmal, sondern nur gestützt auf die Ergebnisse jahrelanger Erfahrungen überwunden werden können.

* * *

Die Ausnützung der Wasserkräfte reicht bekanntlich in die ältesten Zeiten zurück. Es lassen sich bis auf die Gegenwart drei wesentlich verschiedene Perioden unterscheiden:

1. Die Wasserkraft als Unterstützung der Tier- und Menschenkraft.

2. Die Wasserkraft im Zeitalter der Dampfmaschine.

3. Die Wasserkraft im Zeitalter der Elektrizität.

Dementsprechend waren die Maschinen, die zur Ausnützung der Wasserkräfte geschaffen wurden, die hydraulischen Motoren, verschieden; und zwar entsprachen den drei Perioden:

1. Die kleinen, hölzernen, meist durch Stoss arbeitenden Wasserräder, wie solche jetzt noch in gewissen Gebirgsgegenden angetroffen werden.

2. Die grossen, langsam gehenden, konstruktiv richtig durchgebildeten Wasserräder und die einfachen Turbinen verschiedener Systeme mit vertikaler Achse, schweren Getrieben und mehr oder weniger primitiven Regulier- bzw. Abschützorganen.

3. Die grossen, rasch laufenden Ein- oder Mehrfach-Turbinen moderner Bauart mit horizontaler und mit vertikaler Achse, direkter Kupplung mit den elektrischen Stromerzeugern und automatisch wirkenden Präzisionsregulierapparaten.

Die erste Periode mit ihren Motoren hat nur noch historisches Interesse und soll hier nicht weiter berührt werden.

Erst mit Einführung der Dampfmaschine entwickelte sich die kraftkonsumierende Industrie zu einer ungeahnten Bedeutung und erst in dieser Periode schritt man zur rationellen Ausnützung der Wasserkräfte, indem gleichzeitig eine feste, wissenschaftliche Basis für den Bau und die Berechnung der hydraulischen Motoren geschaffen wurde.

Die Schweiz war, wie kein zweites Land, berufen, führend in der Ausnützung der Wasserkräfte voranzugehen. Früh genug hat man dieses eingesehen und der kulturelle Fortschritt der Schweiz ist eng damit verbunden. Eine Reihe der blühendsten Industrien ist an den Wassersläufen entstanden, Industrien, die grossenteils heute noch im Flor sind und von denen einzelne Weltruf erlangt haben.

Da die Wasserkraftanlage und die Stätte der Verwendung der Kraft, die Fabrik, an ein- und derselben Stelle lagen oder doch nur durch ganz geringe Entfernung getrennt waren und die hydraulischen Motoren ihre Kraft auf Transmissionstränge abgeben mussten, von denen aus die Arbeitsmaschinen angetrieben wurden, war durch diese Disposition ein wesentlicher Teil des hydraulischen Motors bestimmt.

Zuerst war dieser ausschliesslich in den grossen, langsamgehenden Wasserrädern verkörpert; später, als die Krafteinheiten grösser wurden, grössere Wassermengen und höhere Gefälle ausgenutzt wurden, traten die Turbinen an

deren Stelle. Diese letztern richteten sich hauptsächlich nach den Antriebsverhältnissen, die ebenfalls mit dem Laufe der Zeit sich änderten. Auf die langsam laufenden Rädergetriebe folgten schneller laufende Riemen und Seiltriebe, zuletzt auf grössere Entfernungen die Drahtseiltriebe u. s. w.

Wenn auch die Grösse der Krafteinheiten, wie erwähnt, zunahm, so geschah dies doch den Bedürfnissen entsprechend in einer mässigen Weise. Gerade infolge der Antriebsverhältnisse war es schwierig, sehr grosse Einheiten aufzustellen; es erschien rationeller, mehrere kleine Aggregate neben- oder hintereinander anzurichten, wobei auch die grössere Betriebssicherheit eine nicht unwesentliche Rolle spielte.

Ebenso war man dadurch imstande, den Schwankungen in der Wassermenge, trotz mangelhafter Regulierapparate, durch Abstellen der einen oder andern Turbine Rücksicht zu tragen.

So kam es, dass während langer Jahre Turbinen von 200 bis 300 P.S. zu den Seltenheiten gehörten.

Die Firma *Escher Wyss & Cie.* hat diese Periode des Turbinenbaues von Anbeginn mitgemacht, da sie schon im Jahre 1844 mit dem Bau von Turbinen begann. Eine Zusammenstellung der seit diesem Zeitraume in jedem Jahre ausgeführten stärksten Turbine der Firma bestätigt obige Ausführungen. In der Abbildung 1 ist eine solche Zusammenstellung graphisch dargestellt. Die Jahre sind als Abszissen, die Pferdestärken als Ordinaten aufgetragen. Man sieht deutlich die langsame Steigerung der Aggregatengrösse bis zum Jahre 1898, wo mit einem Male die grösseren Einheiten auftreten.

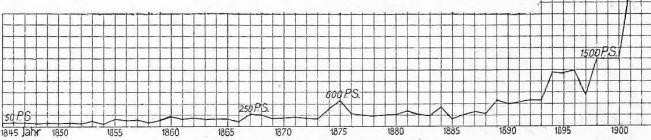


Abb. 1. Zusammenstellung der in jedem Jahre von *Escher Wyss & Cie.* gebauten grösssten Turbinen.

In den ersten Jahren nach Einführung der Elektrizität hat die Konstruktion der Turbinen dadurch keine Aenderung erfahren. Der neue elektrische Strom diente ausschliesslich zur Lichterzeugung, und zwar nur in bescheidenem Masse. Die kleinen Dynamos wurden vermittels Riemen und Vorgelegen auf bekannte Art angetrieben.

Erst Ende der 80er Jahre des vorigen Jahrhunderts beginnt in unserem Sinne das Zeitalter der Elektrizität und damit eine wesentliche Aenderung in der Turbinenkonstruktion.

Unter den bereits erwähnten Eigenschaften der Turbinen dieser dritten Periode fällt vor allem die Grösse einheit auf; es werden 1000- bis 1500-pferdige Turbinen aufgestellt, auch bei verhältnismässig kleinen Gefällen. Es war dies nur möglich durch Anordnung mehrerer Räder auf ein und derselben Achse; so entstanden die Mehrfachturbinen, die dann ohne Zwischengetriebe direkt mit dem elektrischen Generator verbunden wurden. Eine vollständige Neugestaltung erfuhren die Regulierapparate, indem der Elektriker gerade an die Regulierfähigkeit der Turbine die höchsten Anforderungen stellte. In dieser Hinsicht sind bedeutende Fortschritte erzielt worden, die noch vor wenigen Jahren kaum möglich schienen.

In dieser dritten Periode waren es wieder schweizerische Industrie und Unternehmungsgeist, die bahnbrechend vorangingen. Kaum konnte man das Problem der Umwandlung grosser Kräfte in elektrischen Strom und die Fernleitung desselben als gelöst ansehen, als auch schon bedeutende Wasserkräfte für diesen Zweck in der Schweiz nutzbar gemacht wurden. An Hand der in Abb. 1 aufgezeichneten Daten kann man dieses zum Teil verfolgen. Die erste grosse Anlage der neuen Periode war die der *Alu-*

minium-Industrie-Aktien-Gesellschaft in Neuhausen, welche einen Teil der Kraft vom Rheinfall ausnützt.

Turbinen mit 600 P. S. waren hier direkt mit der

Grosse moderne Turbinenanlagen.

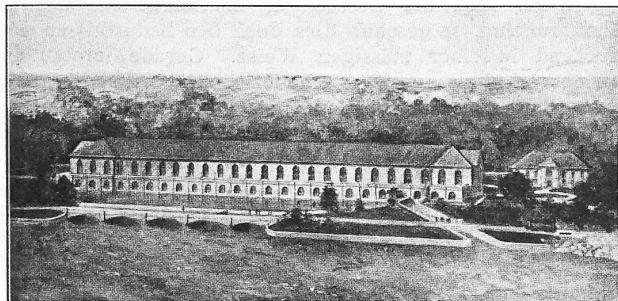


Abb. 3. Ansicht der Kraftzentrale der *Canadian Niagara Falls Power Co.*

grossen Gleichstromdynamo auf vertikaler Achse verbunden und damit der neue Typus gegeben.¹⁾ Der Erfolg war ein durchschlagender, und als dann unmittelbar darauf durch

Im nachfolgenden sollen nun einige dieser grossen Turbinen etwas näher beschrieben und an Hand von Zeichnungen erläutert werden.

1. Turbinen-Anlage mit Einheiten von 10 000 P. S. der „Canadian Niagara Falls Power Co.“, entworfen und ausgeführt von *Escher Wyss & Cie.* in Zürich.

Die bestehenden Anlagen an den Niagarafällen sind mehrmals, so auch in Bd. XXXIX, S. 67 der Schweizer Bauzeitung besprochen worden, sodass dieselben als bekannt vorausgesetzt werden können.

Dieselben liegen sämtlich auf der amerikanischen Seite des Falles, in unmittelbarem Anschluss an die Stadt „Niagara Falls“.

Vor einigen Jahren hat sich nun eine Gesellschaft gebildet: „The Canadian Niagara Falls Power Co.“, die eine Ausnützung der Wasserfälle auf der kanadischen Seite beabsichtigt.

In dem Lageplan (Abb. 2) sind die allgemeinen Verhältnisse dieser neuen Kraftstation am kanadischen Ufer des Falles mit Zu- und Ablauftunnel dargestellt. Der Gesellschaft, die zum Teil aus Mitgliedern der Niagara Falls Power Co. besteht und mit derselben Interessengemeinschaft hat, stehen

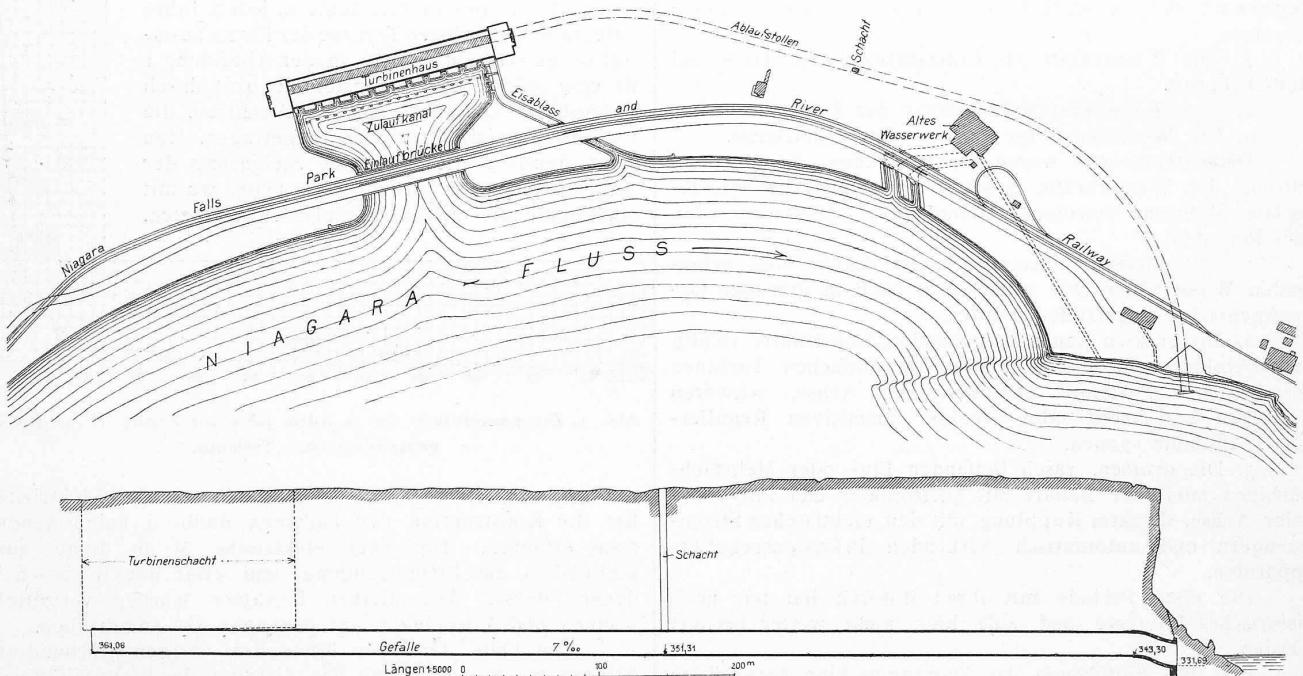


Abb. 2. Anlage der *Canadian Niagara Falls Power Co.* — Lageplan 1:5000. — Längenprofil des Ablauftunnels. Längen 1:5000, Höhen 1:2000.

das Experiment Frankfurt a./M.-Lauffen die Möglichkeit einer Uebertragung der Kraft mittels hochgespannter Ströme auf sehr weite Entfernung bewiesen war, folgten rasch aufeinander Anlagen wie Rheinfelden (20 Turbinen zu 850 P. S.), Genf-Chèvres mit Einheiten von 1500 P. S., Lyon mit 16 Einheiten zu 1500 P. S. u. s. w.

Auch in andern Ländern wurden mittlerweile bedeutende Anlagen ins Leben gerufen; so vor allem in Nord-Amerika, wo an den Niagarafällen das grösste Aggregat mit 5000 P. S. aufgestellt, und in Italien, wo durch die Zentrale Mailand-Paderno die grösste Einheit in Europa von 2200 P. S. geschaffen wurde.

Im Jahre 1900 führten Escher Wyss & Cie. die zweite Niagara-Anlage mit Aggregaten von 5500 P. S. aus²⁾, im Jahre 1901 die Anlage am Glommen bei Christiania mit 3000 P. S.-Einheiten, in den Jahren 1902 und 1903 die Shaviniagan- und die Canadian-Niagara-Anlage, erstere mit Einheiten von 6000 P. S., die letztere mit solchen von 10000 P. S., als die grössten bis jetzt gebauten Turbinen.

die nun fast zehnjährigen Erfahrungen auf der amerikanischen Seite zur Verfügung und es dürfte gerade deshalb diese Anlage besonderes Interesse bieten, indem man

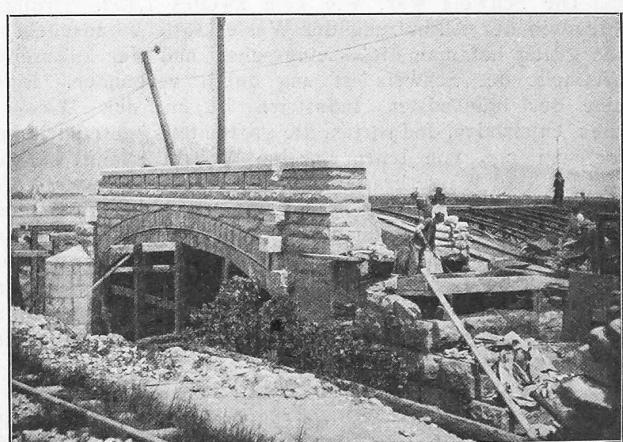


Abb. 4. Einlaufbrücke im Bau, von der Landseite gesehen.

¹⁾ Schweiz. Bauzeitung, Bd. XXI, S. 141.

²⁾ Schweiz. Bauzeitung, Bd. XXXIX, S. 67.

sofort erkennen wird, dass sie sich, wo es immer möglich war, an die Ausführungen der amerikanischen Anlagen anschliesst. Geändert wurde eben nur das, was sich im Laufe der Zeit als „ändernswert“ herausstellte.

In erster Linie ist die allgemeine Disposition der An-

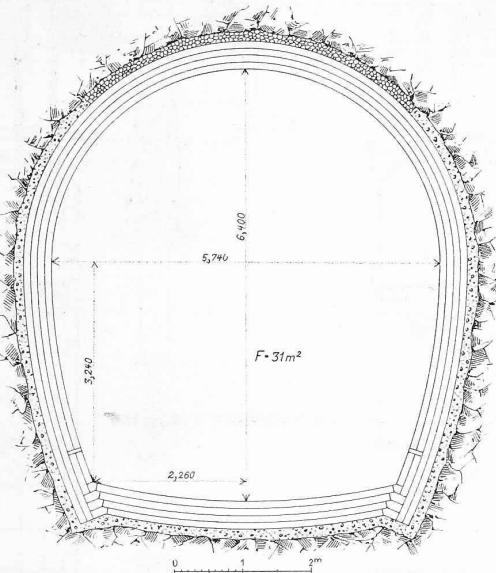


Abb. 5. Querprofil des Ablaufstollens. — Massstab 1:100.

lage fast peinlich genau beibehalten worden: Vertikaler Schacht (Schlitz) durchs ganze Turbinenhaus, in den die Turbinen mit vertikalen Achsen und die vertikalen Leitungsröhrer eingebaut sind; Ablaufkanal als Stollen bis ans untere Ende des Falles und dadurch Vermeidung des

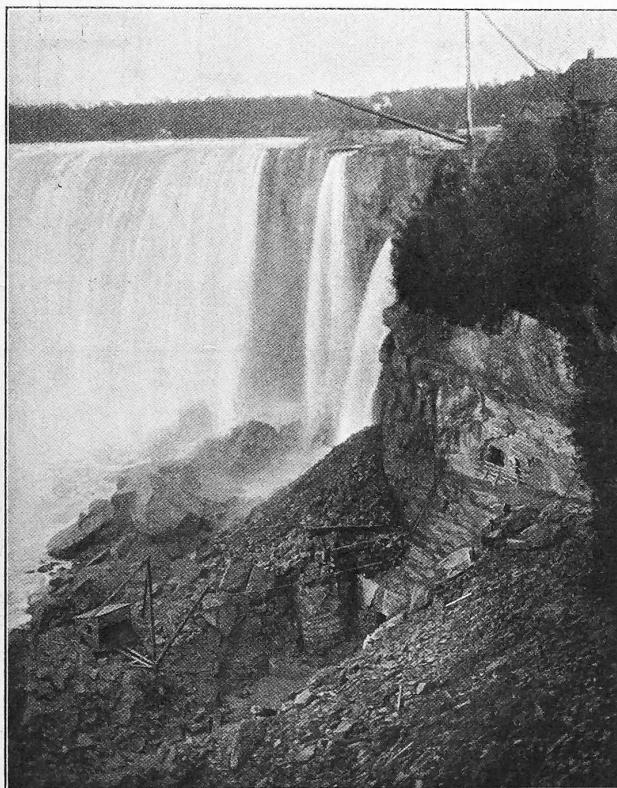


Abb. 6. Ausmündung des Ablaufstollens für die Anlage der Canadian Niagara Falls Power Co. am Hufeisenfall.

Oberkanäle; Rohr-Einläufe u. s. w. genau wie bei den amerikanischen Anlagen.

Die Wasserzuführungen sind nach europäischem Muster

ziemlich reichlich gewählt. Bei 3,10 m Durchmesser ermöglicht die Rohrleitung eine Wassergeschwindigkeit von 3,4 m bei Vollbetrieb. Ganz andere Abmessungen hat dagegen der Ablaufkanal (Stollen) erhalten. Der Querschnitt

Grosse moderne Turbinenanlagen.

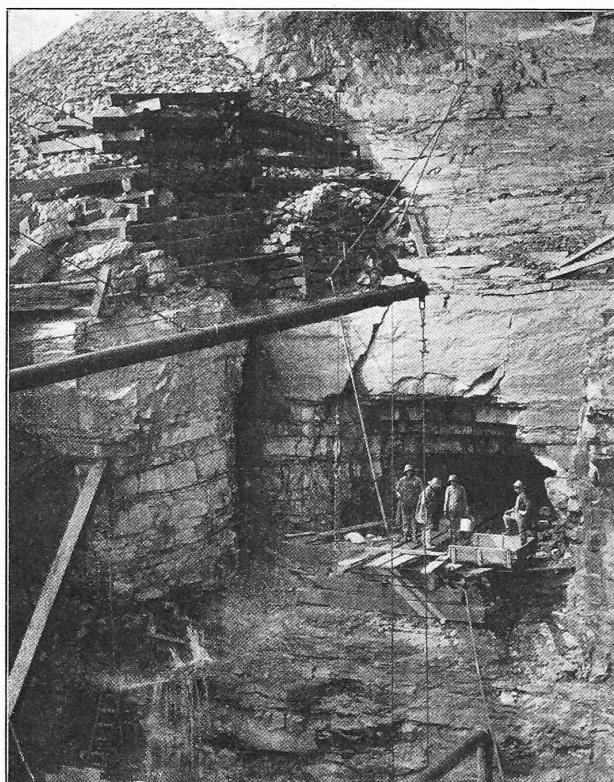


Abb. 7. Mündung des Ablaufstollens im Bau.

desselben ist in Abb. 5 ersichtlich. Der ganze Stollen hat einschliesslich des Turbinenschachtes eine Länge von 790 m und ein Gefälle von 7%o. Der Nettoquerschnitt des Stollens, der zugleich den Wasserquerschnitt darstellt, beträgt rund 34 m² bei einer Höhe von rund 6,40 m und einer Weite von 5,74 m. Es ergibt sich hieraus eine Wassergeschwindigkeit von etwa 8 m bei Vollbetrieb der Anlage bzw. einer Durchflussmenge von 250 m³/Sek.¹⁾

Die Dimensionen dieses Stollens sind fast genau dieselben, wie bei der amerikanischen Anlage, ebenso die Ausführungsdetails. Der ganze Stollen ist innen mit Ziegelmauerwerk verkleidet. Beim amerikanischen Stollen hat man bei einer Wassergeschwindigkeit von rund 6 m noch die Bildung von Moos und Muscheltieren an den Kanalwänden beobachtet, sodass man keinerlei Bedenken trug, für die neue Anlage auf die grosse Geschwindigkeit von 8 m zu gehen.

In dem rund 150 m langen Turbinenschacht werden zehn Turbinen zu je 10 000 P. S. zur Aufstellung kommen.

¹⁾ Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf hinweisen, dass hinsichtlich Wassermenge und Kraftverhältnisse des Niagarafalls die widersprechendsten Angaben gemacht wurden. So ist z. B. in Bd. XXXXV der Zeitschrift des V. d. I. die Wassermenge mit 100 Mill. m³ in der Minute (!) und die effektive Kraft zu 12 600 000 P. S. geschätzt. Bädecker gibt die Wassermenge des Falles «per Woche» auf 1 Kubikmeile an und kommt damit der Wahrheit, trotz der ungewohnten Zeiteinheit ziemlich nahe.

Nach angestellten Messungen und Schätzungen kann eine Normalwassermenge von rund 7500 m³ in der Sekunde angenommen werden. Da das Nettogefälle am Falle selbst, das auf rationelle Weise durch Turbinen angenutzt werden kann, etwa 40 m beträgt, so wird eine effektive Kraft von maximal 3 Mill. P. S. erreichbar sein. Die gleiche Kraft wird allerdings auch durch die Stromschnellen dargestellt, bei denen ein weiteres Nettogefälle von ungefähr 40 m ausgenutzt werden könnte.

Der Verfasser.

Grosse moderne Turbinenanlagen.

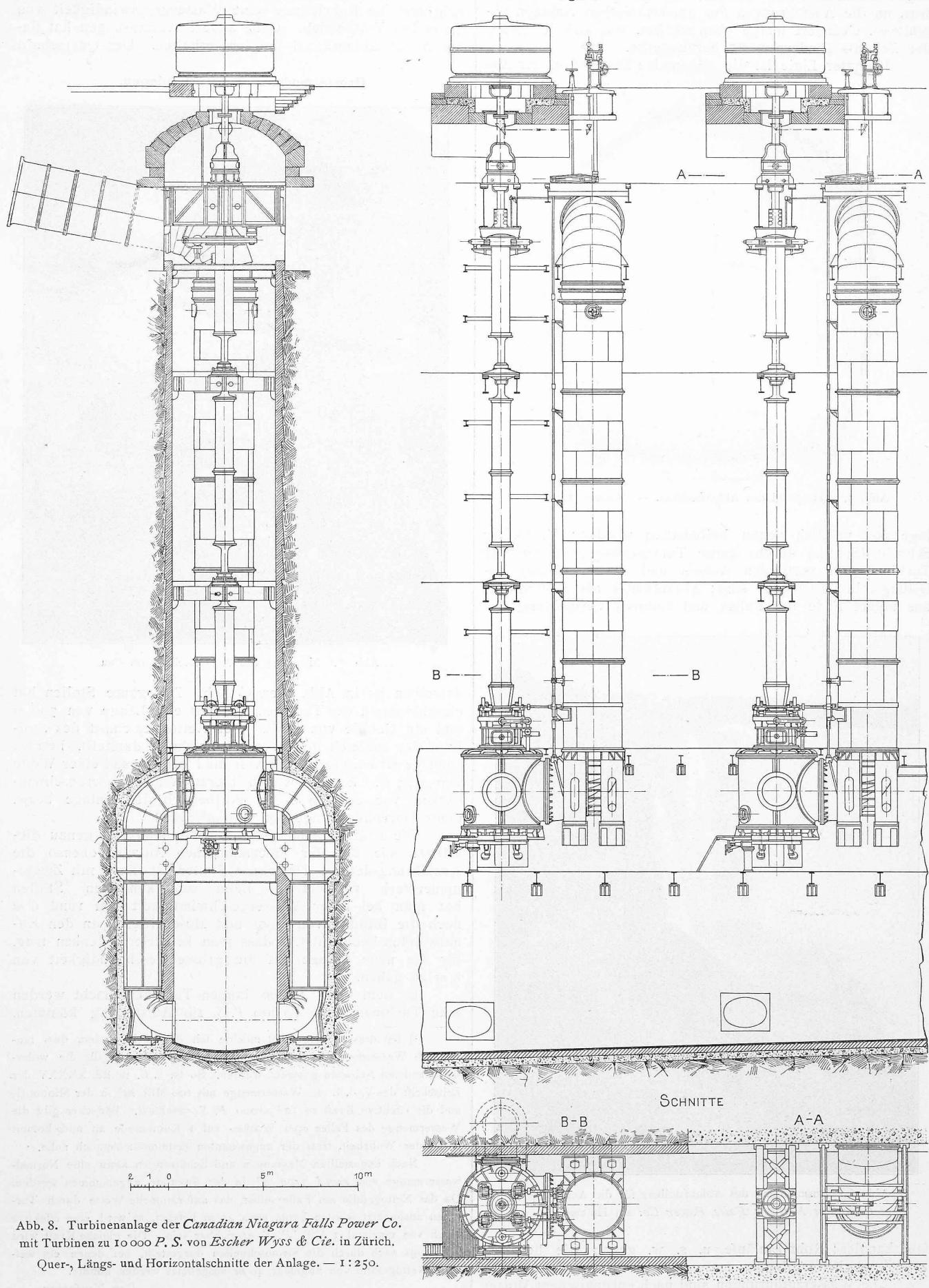


Abb. 8. Turbinenanlage der *Canadian Niagara Falls Power Co.* mit Turbinen zu 10 000 P. S. von *Escher Wyss & Cie.* in Zürich.
Quer-, Längs- und Horizontalschnitte der Anlage. — 1:250.

Das Nettogefälle beträgt etwa 40 m; die Wassermenge rund 25 m³ für eine Turbine. Die Umdrehungszahl der letztern ist zu 250 in der Minute angenommen worden.

Die Turbinen sind Francis-Turbinen mit Spaltring-Schützen, ähnlich wie die der vorwähnten zweiten amerikanischen Anlage, aber in doppelter Anordnung.

Das aus der vertikalen Röhre durch den grossen Stahlgusskrümmer in den Turbinenkessel (Abb. 8 und 10) eintretende Wasser durchfliest die beiden Turbinenräder in anfänglich radialem, dann axialer Richtung, von oben nach unten und von unten nach oben, kommt also in der Mitte des gemeinschaftlichen Ablaufkessels zusammen. Hier trennt sich der Ablauf in zwei Saugrohre, welche in die Seitenmauern des Schachtes eingebaut sind und erst wieder an der Kanalsohle ausmünden. Durch diese Disposition wird der Ablauftunnel an keiner Stelle durch die Saugrohre verengt und da die Ausströmungs-

öffnungen der Saugrohre nicht normal, sondern unter 45° zu der Stromrichtung einmünden, so tritt keinerlei Stauung des Unterwassers durch die von den einzelnen Turbinen abfliessende Wassermenge ein.

Der erwähnte Stahlgusskrümmer musste aus Rücksichten des Transportes und der Montage aus zwei Teilen angefertigt werden. Die Abbildung 9 zeigt eine photographische Ansicht desselben.

Da der Krümmer gleichzeitig den Hauptstützpunkt der ganzen Zulaufleitung bildet, musste die Trennung so vorgenommen werden, dass durch sie weder dessen Festigkeit auf inneren Druck, noch seine Tragfestigkeit als Stützbalken geschwächt wurden. Dieses erreichte man durch die Trennung nach der Vertikalebene, wobei jeder Teil zwei diametral

gegenüberliegende Auflageflächen erhielt. In Abbildung 9 ist der Krümmer um 90° gegen seine endgültige Lage gedreht dargestellt. Dieses interessante Stück, das zusammen ein

Große moderne Turbinenanlagen.

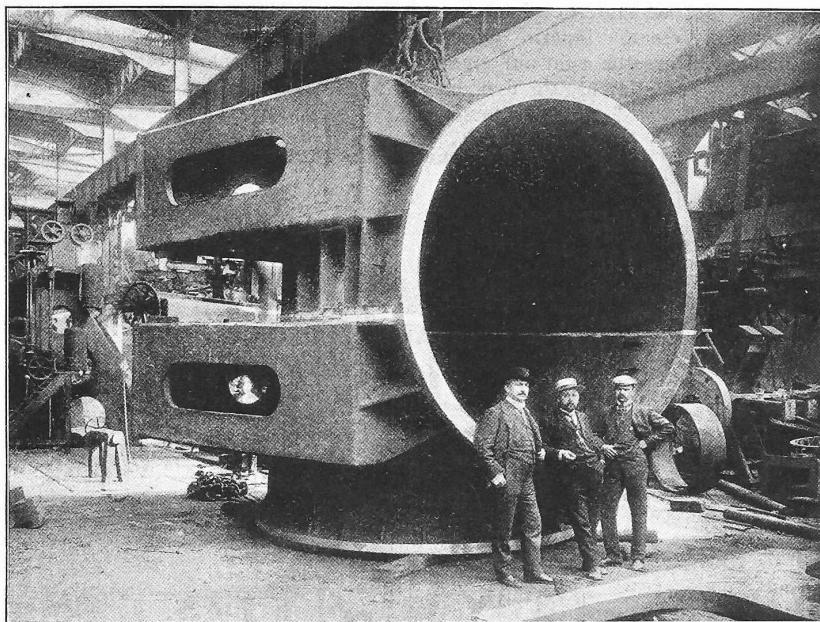


Abb. 9. Der Stahlgusskrümmer für die Niagaraturbinen von 10000 P. S. in den Werkstätten der Skodawerke in Pilsen.

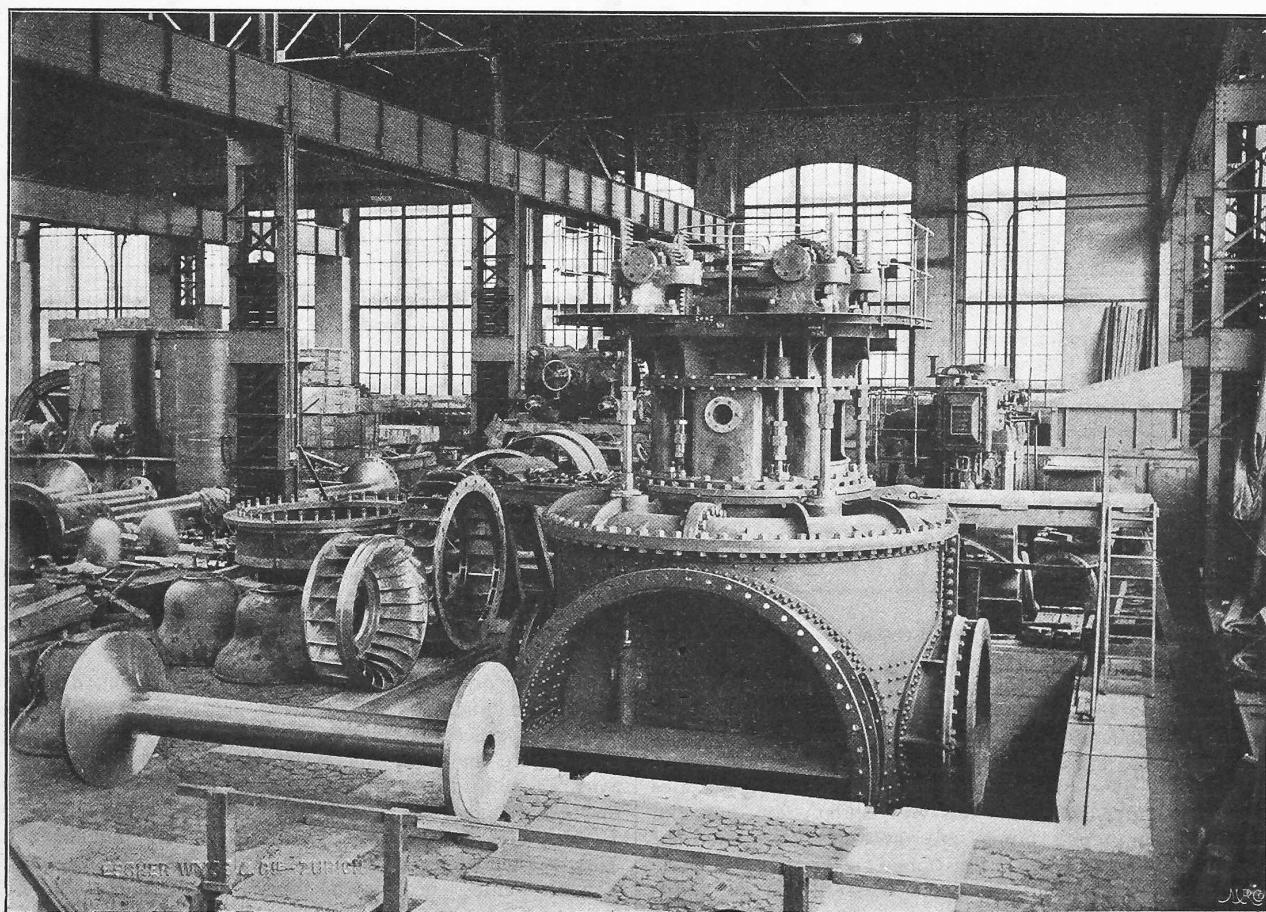


Abb. 10. Vollständig montierte 10000 P. S. Turbine für die «Canadian Niagara Falls Power Co.» in den Werkstätten von Escher Wyss & Cie.

Gewicht von rund 48 000 kg hat, liess die Firma Escher Wyss & Cie. in der Stahlgiesserei der *Skodawerke in Pilsen* ausführen, welche Firma auch die meisten übrigen Stahlgussteile hergestellt hat.

Mit dem Krümmer ist der zweiteilige, aus Siemens-Martin-Stahlblech von 20 mm Stärke erstellte Turbinenkessel (Abb. 10 und 11), von einem innern Durchmesser von 3962 mm, verbunden. Derselbe ruht auf einem kräftigen, gusseisernen Unterteil, das gleichzeitig den unteren Deckel bildet und, ähnlich wie der Krümmer, direkt an den Seitenwänden, bzw. den eingemauerten Ablaufröhren befestigt ist. Der zentrale, kreuzförmige Ablaufkessel ist aus einem Stück in Gusseisen hergestellt, im Gewicht von rund 15 000 kg. Die beiden horizontalen Auslaufstutzen haben einen lichten Durchmesser von 1600 mm und durchdringen die Wandungen des äussern Kessels, mit dem sie mittels kräftiger Stahlgussflanschen verbunden sind.

Die Endflanschen dieser Stutzen sind direkt mit den eingemauerten

durchmesser von 1625 und eine Schaufelhöhe von 300 mm. Der Radkranz ist ganz aus Bronze, bzw. einer äusserst widerstandsfähigen Manganlegierung hergestellt und auf eine gusseiserne Nabenscheibe aufgeschraubt. Das Laufrad hat 21, das Leitrad 22 Schaufeln, deren Öffnungen sich in der Schliessrichtung des Spaltschiebers verengern und dadurch eine genaue Proportionalität der Leistung zu den Schieberstellungen erreichen, eine Anordnung, die der ausführenden Firma patentiert ist.

Bei derartig grossen Einheiten muss vor allem in der Konstruktion auf grösste Solidität und Einfachheit in den Regulierorganen gesehen werden, ebenso darauf, mit dem automatischen Regulator einen unbedingt gleichmässigen Gang zu erzielen. Die angewandte Regulierung entspricht diesen Bedingungen vollständig. Die einzigen beweglichen Organe daran sind die kräftigen, ganz aus Bronze hergestellten Schieber, die mit je vier Stangen senkrecht auf und ab bewegt werden. Die Bewegungsrichtung der beiden Schieber ist eine entgegengesetzte.

Grosse moderne Turbinenanlagen.

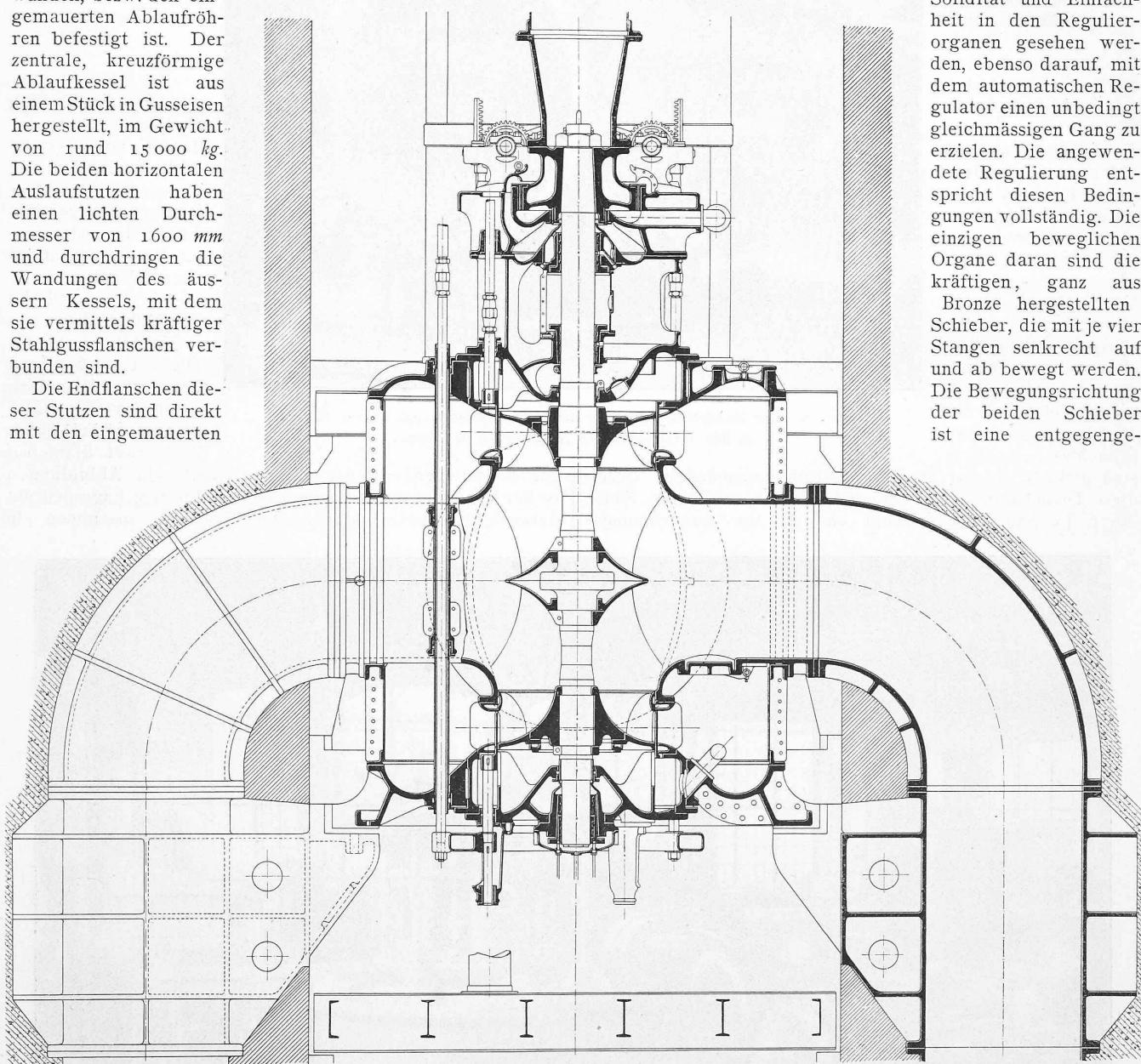


Abb. 11. Die 10000-P.S Doppel-Francisturbine der «Canadian Niagara Falls Power Co.», von *Escher Wyss & Cie.* in Zürich. — Querschnitt 1:60.

Ablaufbogenrohren verbunden (Abb. 8, 10 und 11). Auf die Flanschen des vertikalen Teiles des Ablaufkessels sind die Turbinenleiträder gesetzt, die mit ihrer andern Ebene mit den Deckeln des äussern Kessels verbunden sind. Durch diese Anordnung ist ein äusserst stabiles Ganzes geschaffen worden, das vier Stützpunkte auf den Fundamentmauern und einen am grossen Krümmer hat und den unvermeidlichen Vibratoren sowie den ausserordentlichen Beanspruchungen durch Wasserdruk auf rationellste Weise Rücksicht trägt.

Die Turbinenlaufräder (Abb. 12) haben einen Spalt-

setz; der obere schliesst von oben nach unten, der untere von unten nach oben, wodurch zugleich eine Ausbalancierung der Schiebergewichte erzielt wird. Je zwei Stangen, eine untere und eine obere Schieberstange, greifen in ein Stirnrad ein, das auf dem obersten Teile des Gehäusedeckels gelagert ist. Diese vier Stirnräder sitzen auf zwei Achsen, die bis zum vertikalen Zulaufrohr verlängert und dort wieder gelagert sind. Daselbst besitzen die Achsen Zahnsegmente, in welche eine doppeltgezahnte Zahngstange eingreift. Diese letztere wird als Zugstange direkt verlängert bis zum Balancier, der sich unter dem

Dynamoboden befindet und dessen anderes Ende direkt mit der Kolbenstange des hydraulischen Regulators verbunden ist. Das Eigengewicht des Reguliergestänges, in Verbindung mit einem entsprechenden Belastungsgewicht am Balancier ist genügend, um durch Entlastung des Druckes im Regulator das Schliessen der Turbine zu verursachen, während das Oeffnen allein durch den hydraulischen Druck geschieht. Dadurch ist die Anordnung des Regulators wesentlich vereinfacht und gleichzeitig eine natürliche Sicherheit geschaffen, weil im Versagungsfalle, z. B. beim Platzen eines Druckrohres u. dgl., die Turbine immer geschlossen wird. Der Regulator, Patent Escher Wyss & Cie., ist bereits in dieser Zeitschrift beschrieben worden (siehe Bd. XXXIX, S. 70 und 71); es ist derselbe, welcher bei der der Firma auf der amerikanischen Seite erstellten Anlage verwendet wurde, und es dürften die damit erzielten, äusserst günstigen Ergebnisse noch in Erinnerung sein. Dieser Regulator ist vorbildlich für die meisten grossen Turbinen anlagen geworden und hat eine Anzahl mehr oder weniger gelungener Nachahmungen gefunden. Mit dem Regulator verbunden sind elektrische Tourenverstellungen und automatische Abstell- bzw. Ausschaltorgane, die jede Manipulation mit der Turbine vom Dynamoboden aus auf die bequemste Weise gestatten.

Die Turbinenwelle (Abb. 8 u. 13) ist ähnlich konstruiert wie diejenige der 5500-pferdigen Turbine, mit Ausnahme der Dimensionen. Sie besteht nämlich im wesentlichen aus zwei sich wiederholenden Teilen: einer hohlen Stahlwelle aus in Öl gegütetem Nickelstahl von 356 mm äusserem und 203 mm innerem Durchmesser und einem Stahlrohr von 1016 mm äusserem Durchmesser mit einer Wandstärke von 14,8 mm.

Am Turbinenkessel selbst ist die Welle unten und oben gelagert. Auf die obere Lagerung folgt eine durch das Druckwasser gebildete hydraulische Entlastung mittels eines mit der Welle verbundenen Kolbens von 1170 mm Durchmesser. Dieser Kolben schliesst sich unmittelbar an die unterste Rohrrolle an. Hiernach kommen zwei Zwischenlagerungen mit gewöhnlichen Halslagern, die sich je zwischen zwei Rohrwellen befinden (Abb. 8). Die Lager sind auf Blechträgern von 762 mm Höhe bei 5,7 m Spannweite befestigt. Die Zwischenstücke sind ebenfalls aus Nickelstahl in gleichen Dimensionen, also 356/203 mm, und mit den grossen, zur Verbindung mit den Rohrwellen erforderlichen Flanschen aus einem Stück geschmiedet.

Ueber dem obern Halslager und unmittelbar unter der Dynamo ist ein grosses Spurlager angeordnet, das durch gepresstes Öl entlastet werden kann (Abb. 13). Auch

dieses Spurlager hat als Verlängerung ein Halslager, das auf einem gewaltigen Blechträger von 2108 mm Höhe gelagert ist. Ausser diesen beiden Entlastungen wird noch die Laufradscheibe des unteren Turbinenrades durch den Wasserdurch entlastet. Sämtliche Entlastungen sind so berechnet worden, dass beim Versagen der einen oder der andern das ungestörte Funktionieren der Turbine garantiert ist.

Es ist dies selbstredend von grosser Wichtigkeit und die Aufgabe wird zu einer ziemlich schwierigen, wenn man bedenkt, dass der rotierende Teil von Turbine und Dynamo

Grosse moderne Turbinen anlagen.

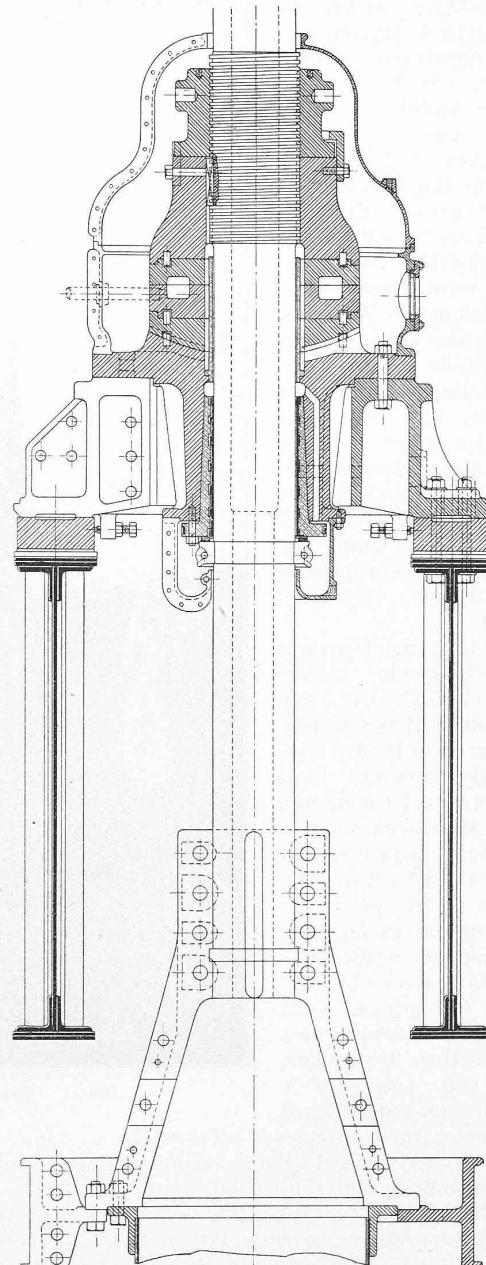


Abb. 13. Oberes Wellen-Ende mit Spurlager. — 1:30.

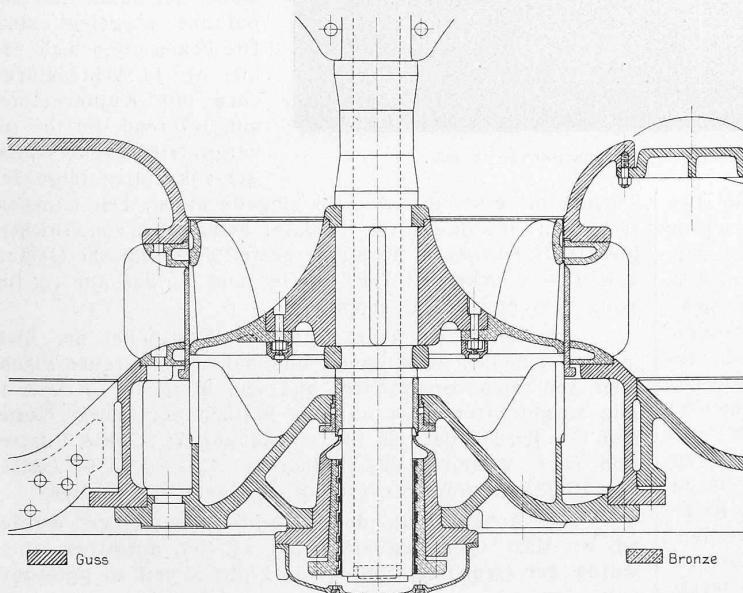


Abb. 12. Detail der untern Hälfte der 10000 P. S. Doppelturbine 1:30.

ein Gewicht von etwa 120 000 kg darstellt. Das obere Spurlager hat einen äussern Durchmesser von 914 mm und somit eine Umgangsgeschwindigkeit von rund 12 m in der Sekunde. Eine äusserst sorgfältige Ausführung wird bei derartigen Verhältnissen zur unbedingten Notwendigkeit. Das letztergenannte Spurlager ist so eingerichtet, dass es sowohl unter einem Oeldruck von 25 Atm. und dadurch bewirkter entsprechender Entlastung, als auch mit gewöhnlicher, ohne Druck zu erfolgender

Oelschmierung funktionieren kann. Beide untern hydraulischen Entlastungen sind so angeordnet, dass deren Potenz beliebig reduziert und auf diese Weise das obere Lager mehr oder weniger belastet werden kann.

Die Spurlager der Turbinen der amerikanischen Anlage arbeiten unter ganz ähnlichen Verhältnissen und es haben lang andauernde Beobachtungen an denselben stattgefunden, deren sehr günstige Resultate bei der Konstruktion der vorliegenden Anlage verwendet werden konnten.

Unterhalb des obren Spurlagers ist eine Bremsvorrichtung angebracht, bestehend aus einer mit der Welle fest verbundenen Bremsrolle und Bremsbacken, die vermittelst komprimierter Luft angedrückt werden können, um die Turbine beim Abstellen sofort schnell und leicht zum gänzlichen Stillstand zu bringen; eine Vorrichtung, die bei grossen Kraftmaschinen zur Verhütung von Unglücksfällen nie unterlassen werden sollte.

In bekannter Weise ist die *Dynamo* mit der Turbinenwelle verbunden. Die Konstruktion dieser Maschine hat gegenüber jener der ersten Niagara-Maschinen wesentlich geändert. Während früher der bewegliche Teil nach aussen verlegt wurde, ist jetzt ganz der europäische Normaltypus verwendet worden.

Das über den Dynamos sich erhebende hallenartige Gebäude hat recht ansehnliche Abmessungen; offenbar wurde die Notwendigkeit erkannt, Platz nicht nur zum Demontieren ganzer Maschinen, sondern auch zum bequemen Arbeiten an und um die Maschinen zu haben.

Die ganze Anlage mag manchem als in allen Teilen etwas zu reichlich bemessen vorkommen; wenn man aber bedenkt, dass mit derselben die enorme Kraft von 100 000 P. S. mit jeder nur erdenklichen Betriebssicherheit erzeugt werden soll, so kann man bei näherer Ueberlegung doch den äusserst soliden, wenn auch in der Anschaffung teuren Einrichtungen nur volle Berechtigung zusprechen. Mancher Misserfolg wäre vielleicht vermieden worden, wenn dieser Gesichtspunkt von Anfang an beim Projektieren grösserer Kraftzentralen mehr berücksichtigt worden wäre, statt Ersparnisse anzustreben, die sich nachträglich als ununterbrochene Quelle von Störungen und Verlusten erweisen.

Das Vorgehen der Canadian Niagara Falls Power Co., einen allgemeinen Ideen-Wettbewerb auszuschreiben, auf Grund dessen die auszuführende Anlage in allen Details zu bestimmen und hierauf erst einen Ausführungs-Wettbewerb zu veranstalten, ist gewiss für grössere Anlagen das einzig Richtige und sollte auch bei uns mit der Zeit eingeführt werden.

Die ersten drei Turbinen dieser Anlage sind bereits in den Werkstätten von Escher, Wyss & Cie. nahezu fertig erstellt; deren Inbetriebsetzung soll im Laufe des Jahres 1904 erfolgen. (Fortsetzung folgt.)

Die St. Michaelskirche in Zug.

Von Karl Moser, Architekt, in Firma Curjel & Moser in Karlsruhe. (Mit einer Tafel.)

I.

Die Zuger Kirchengemeinde ist in der Wahl des Bauplatzes den guten alten Traditionen gefolgt und hat dem Baumeister zur Erbauung der Pfarrkirche „Neu St. Michael“ einen der denkbar schönsten Baugründe zur Verfügung gestellt¹⁾ wohl in der Erwägung, dass ein gut gewählter Bauplatz die erste Voraussetzung für einen entsprechenden Gemeindebau, besonders aber für eine Kirche, sei.

Die Kirche, in den Formen der frühen Gotik, die sich auf mächtiger Terrasse erhebt und auf einer 15 m breiten Treppe mit drei Podesten erstiegen wird, hat im Grundriss die Gestalt eines einfachen Kreuzes erhalten mit langem Westarm und kürzerem, im halben Zehneck geschlossenen Ostarm. Rechts neben dem westlichen Teil, der in der Haupt- und Eingangsfassade endet, ist die bis zur halben Höhe der Langschiffmauern emporgeführte Taufkapelle, links der kräftige Turm angebaut, während hinter beiden die Seitenschiffe das Hauptschiff bis zu den Kreuzarmen begleiten.

Der Turm als mächtiger Eckpfeiler der kreuzförmigen Baumsasse ist im untern Teil wenig gegliedert. Seinen Hauptschmuck bildet die reicher behandelte, stark durchbrochene Glockenstube, der aussichtsreiche Balkone vorgelegt sind. Die Ecken lösen sich von hier ab in Achtecktürmchen mit Kupferhelmen auf, während der bis zur vergoldeten Kreuzesspitze schlank emporsteigende

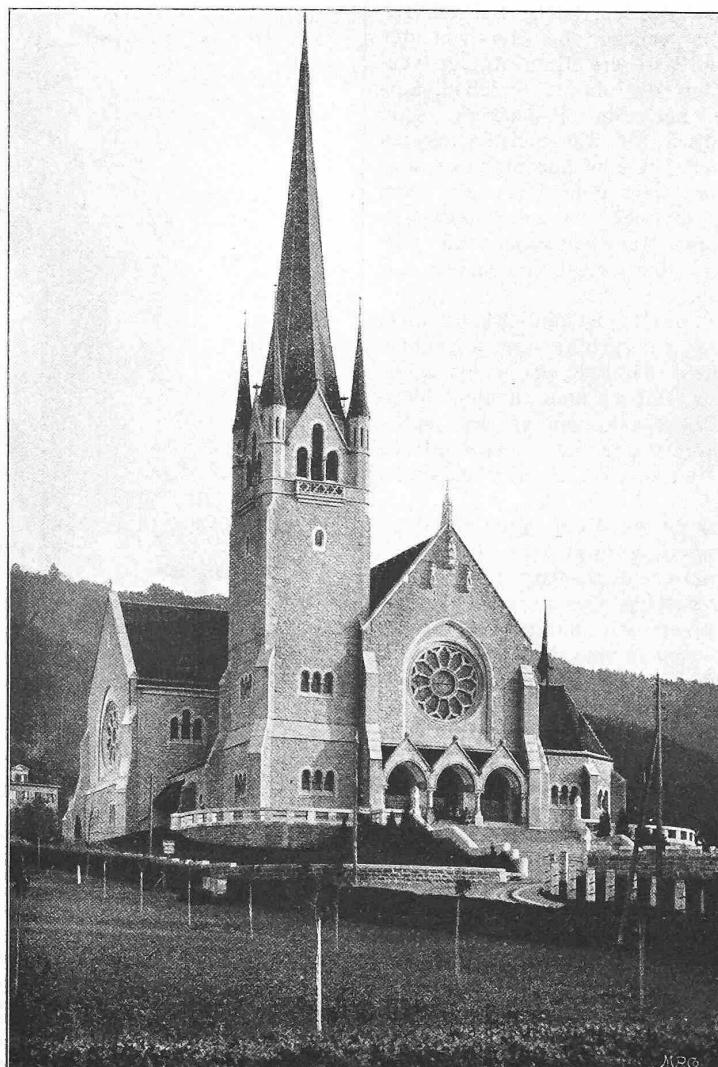


Abb. 1. Westansicht der St. Michaelskirche in Zug.

Turmhelm selbst mit Ziegeln eingedeckt ist. Der Glockenstuhl von *Ab. Buss & Cie.* in Basel enthält das von Glockengießer *H. Rüetschi* in Aarau hergestellte melodische Geläute von fünf Glocken (B, Des, Es, Ges und B), das am 19. Juli 1902 zum ersten Mal ertönte.

An den Turm lehnt sich der Westgiebel an, oben in ein Türmchen ausklingend und auf seiner breiten Fläche über der reich behandelten und von Bildhauer *A. Speck* in Zug ausgeführten Rose mit den Statuen der Mutter Gottes und des Kirchenpatrons St. Oswald geziert. Diese Figuren sind nach Modellen des Bildhauers *A. Geene* in St. Gallen von Bildhauer *Karl Bissegger* in Zug gefertigt worden.

Die Arbeiten an der gesamten Bauanlage wurden am 27. März 1899 begonnen; am 23. Juni desselben Jahres wurde der Grundstein gelegt und die Arbeit so gefördert,

¹⁾ Die Kirche steht etwa 100 m von dem Platze der alten St. Michaelskirche entfernt. (Bd. XXXVIII, S. 281.)