

Die Entwicklung der Turbine

Autor(en): **Escher, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **37/38 (1901)**

Heft 26

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-22823>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Abonnements-Einladung. — Die Entwicklung der Turbine. (Schluss.) — Die innere Ausstattung der abgebrochenen Pfarrkirche St. Michael in Zug. — Nekrologie: † Robert Moser, Architekt. — Konkurrenzen: Schulhaus mit Turnhalle in Sursee. Neue evangelische Kirche in Frankfurt a. M. Trinkwasser-Brunnen in Zürich. — Korre-

spondenz: Nekrolog Moser. Entwicklung der Turbine. Grosse Steinbrücken im Grossherzogtum Baden. — Litteratur: Das «Bulletin technique de la Suisse romande».

Hiezu eine Tafel: Seiten-Altäre der abgebrochenen Pfarrkirche St. Michael in Zug.

Abonnements-Einladung.

Auf den mit dem 4. Januar 1902 beginnenden XX. Jahrgang der *Schweizerischen Bauzeitung* kann bei allen Postämtern der Schweiz, Deutschlands, Oesterreichs und Frankreichs, ferner bei sämtlichen Buchhandlungen, sowie auch bei Herrn **Ed. Rascher, Meyer & Zeller's Nachfolger** in Zürich und bei dem Unterzeichneten zum Preise von 20 Fr. für die Schweiz und 25 Fr. für das Ausland abonniert werden. Mitglieder des Schweiz. Ingenieur- und Architektenvereins oder der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker geniessen das Vorrecht des auf 16 Fr. bzw. 18 Fr. (für Auswärtige) ermässigten Abonnementspreises, sofern sie ihre Abonnementserklärung einsenden an den

Zürich, den 28. Dezember 1901.

Herausgeber der *Schweizerischen Bauzeitung*:

A. Waldner, Ingenieur,

Dianastrasse Nr. 5, Zürich II.

Die Entwicklung der Turbine.

Von Prof. R. Escher in Zürich.

(Schluss.)

Von der grössten Wichtigkeit sind die Vorrichtungen zum Regulieren der Turbinen. Man hat darunter bekanntlich zwei verschiedene Aufgaben zu verstehen, die immerhin miteinander eng zusammenhängen. Es handelt sich einerseits darum, die Turbine der vorhandenen Wassermenge anzupassen: Wenn diese abnimmt, müssen die Kanalquerschnitte derart verengt werden, dass das Wasser seine volle Spannung beibehält. Sodann ist noch die Aufgabe zu lösen, die Geschwindigkeit der Turbine trotz wechselnder Belastung unverändert zu erhalten. Sie setzt einen gewissen Ueberschuss an Wasser voraus, der unter dem Einfluss eines Tachometers mehr oder weniger abgeschützt oder abgedrosselt wird. Die Aufgabe der Regulierung beschäftigt die Turbinenbauer bis auf den heutigen Tag in hohem Grade; es tauchen täglich neue Lösungsversuche auf, weil alle vorhandenen Einrichtungen in der einen oder andern Beziehung noch zu wünschen übrig lassen.

Man kann die bekannten Regulier Vorrichtungen in zwei Gruppen teilen. Bei der einen werden alle Leitkanäle zugleich verengt. Die andere Gruppe wird von den Vorrichtungen gebildet, durch die ein Leitkanal nach dem andern völlig abgeschlossen wird.

Mit der Verengung der Leitkanäle sollte eigentlich eine entsprechende Verengung der Kanäle im Laufrad Hand in Hand gehen. An derartigen Versuchen hat es nicht gefehlt; sie scheiterten indessen alle an ihrer Komplikation, und so beschränkte man sich darauf, die Leitradkanäle allein zu verengen. Das hatte schon Fourneyron in sehr vollkommener Weise erreicht, indem er zwischen Leit- und Laufrad eine Ringschütze einschob, an der zur Verminderung der Kontraktion zwischen die Leitschaufeln hineinreichende Klötzchen befestigt waren. Allerdings ergibt sich auch bei gesenkter Schütze ein günstiger Austritt aus dem Leitrad; da aber der Eintrittsquerschnitt im Laufrad seine Höhe unverändert beibehält, muss hinter der Ringschütze eine schlimme Wirbelbildung auftreten. Eine vorzügliche Regulierung wandte Professor Fink in der Mitte der sechziger Jahre bei Francisturbinen an. Unter Beibehaltung der vollen Höhe verengte er die Leitradkanäle durch eine gleichzeitige Drehung sämtlicher Leitschaufeln. Diese Regulierung blieb trotz ihrer Vorzüge lange vernachlässigt. Erst seit wenigen Jahren, nachdem sie von Voith in Heidenheim wiederholt ausgeführt wurde, ist sie allgemein in Aufnahme gekommen und bildet eine der beliebtesten Lösungen der Regulierung von Francisturbinen. Verwandt damit ist die Regulierung mittels drehbarer Zungen, die in die Leitkanäle eingebaut sind. Dieses Mittel,

dessen sich zuerst Schwammkrug bediente, ist für alle Radialturbinen anwendbar; hierher gehört die Schaad'sche Regulierung für Francisturbinen, wie sie von Bell & Cie. in Kriens zur Ausführung gebracht wird.

Aeusserst schwierig gestalten sich die analogen Lösungen bei den Jonvalturbinen. Man hat sich wohl mit Einsatzstückchen zu helfen gesucht, die sowohl in die Leit- als auch in die Laufradkanäle eingebaut wurden, was natürlich nur bei abgestellter Turbine geschehen konnte, also mit grosser Unbequemlichkeit verbunden war: Zupfänger hat zwar schon in den vierziger Jahren eine kleine Jonvalturbine ausgeführt, bei der sowohl im Leit- als auch im Laufrad die Kanalquerschnitte durch eine Drehung der Schaufeln und durch Verschieben von Verlängerungen an den Schaufeln verändert wurden.¹⁾ Erwähnt mag ferner der für Jonvalturbinen berechnete Vorschlag Redtenbachers werden, der in der Anwendung zweier drehbaren Gitterschieber besteht, von denen der eine unter dem Leitrad und der andere unter dem Laufrad angeordnet ist, und durch deren Verdrehung die Kanäle in Leit- und Laufrad zugleich verengt werden sollen. Denselben Gedanken, der hier in einer übrigens durchaus unbrauchbaren Form vorliegt, finden wir in verbesserter Gestalt — allerdings auf das Leitrad beschränkt — in der für Francisturbinen vielfach gebräuchlichen Regulierung von Zodel.

So begnügte man sich bei der Jonvalturbine damit, die Leitkanäle einen nach dem andern abzuschliessen. Das konnte ohne Schwierigkeit in der verschiedensten Weise durch Deckel, Klappen, Steckschützen, Drehschieber u. s. w. geschehen. Diese Vorrichtungen wurden entweder einzeln aus freier Hand betätigt oder mittels eines mechanischen Antriebes bewegt.

Die Regulierung durch Abschliessen der einzelnen Leitradkanäle leidet an einem grossen Mangel: es bilden sich unter den zugedeckten Teilen des Leitrades tote Räume²⁾, die zu erheblichen Arbeitsverlusten Anlass geben.³⁾ Der Umstand, dass der Nutzeffekt infolge dessen gerade bei abnehmender Wassermenge schlechter wird, ist natürlich doppelt fatal. Als daher zu Anfang der sechziger Jahre die Konstruktionen von Girard bekannt wurden, die diesem Mangel nicht unterworfen sind, fanden sie bald zahlreiche Nachahmer. Das Wesentliche der Girardturbine besteht darin, dass das Laufrad beim Austritt eine starke Verbreiterung erhält. Der Kanalquerschnitt wird dadurch so weit, dass er vom Wasserstrahl nicht mehr ganz angefüllt wird. Sobald also das Rad nicht im Unterwasser läuft, kann die Luft in die Radkanäle eintreten, wodurch

¹⁾ Mitteilung von Prof. Veith.

²⁾ Ähnliche tote Räume entstehen auch bei Regulierungen wie diejenigen von Schaad und von Zodel.

³⁾ Später hat man allerdings gelernt, diesen Arbeitsverlusten durch Zuführung von Luft vorzubeugen.

die völlige Entleerung der Kanäle unter den abgedeckten Teilen des Leitrades ermöglicht wird. Die hakenförmige Krümmung der Laufradschaufel, für die Zuppingers Tangentialrad bereits ein Vorbild geliefert hat, verfolgt den Zweck, die Umfangsgeschwindigkeit und damit die absolute Austrittsgeschwindigkeit herabzuziehen.

Die Girardturbine wurde sehr bald in den aller- verschiedensten Anordnungen ausgeführt, mit voller und teilweiser, innerer, äusserer oder seitlicher Wasserzuführung, mit horizontaler und mit vertikaler Welle. Sie fand in allen denjenigen Fällen nützliche Verwendung, wo eine teilweise Wasserzuführung in Frage kam, sei es wegen der starken Veränderlichkeit der Wassermenge, sei es zur Erzielung eines grösseren Durchmessers zwecks Herabziehens der Umdrehungszahl. So wurde die Girardturbine zur Partialturbine par excellence und verdrängte das Tangentialrad bald vollständig.¹⁾

Aus dem Anfang der sechziger Jahre stammt eine Turbinenform, von Schiele ersonnen, die zwar damals keine Schule machte, weil ihre Zeit noch nicht gekommen war, die aber doch hier erwähnt werden muss, indem sie augenscheinlich als Vorbild für eine hochmoderne Form gedient hat. Die Turbine von Schiele ist nämlich nichts anderes als eine doppelte Francisturbine mit beidseitigem achsialem Austritt und mit spiralförmigem Eintrittsgehäuse.

Als bedeutungsvoll ist aus der zweiten Hälfte der sechziger Jahre das Entstehen der ersten grossen hydraulischen Centralen in Schaffhausen hervorzuheben, deren Kraft durch Drahtseiltransmissionen über einen verhältnismässig weiten Bezirk verteilt wurde. Es folgten einige Jahre später die Anlagen von Freiburg im Uechtland, Bellegarde u. a. sämtlich von J. J. Rieter & Cie. unter dem erst kürzlich verstorbenen Ingenieur David Ziegler erbaut. Andere Centralanlagen entstanden für die Zwecke der Wasserversorgung grösserer Städte, so die Wasserwerke von Zürich und Genf, beide von Escher Wyss & Cie. gebaut. Man hatte sich in beiden Fällen auch die Abgabe von Kraft zur Aufgabe gemacht, Genf benützt Druckwasser zu diesem Zweck, Zürich teilweise ebenfalls; im übrigen ward eine Seiltransmissionsanlage errichtet, die indessen wieder abgebrochen wurde, bevor sie völlig ausgebaut war, weil inzwischen die vorhandene Betriebskraft für die Zwecke der Wasserversorgung mehr und mehr in Anspruch genommen wurde.

Ein neuer Typus hat sich im Anfang der achtziger Jahre aus dem Bedürfnis nach einem Kleinmotor entwickelt, der aus den immer zahlreicher entstehenden öffentlichen Wasserleitungen gespeist werden konnte. Es handelte sich hier darum, ziemlich hoch gespanntes Wasser mit möglichster Sparsamkeit zu benützen. Die ganze Frage wurde zum ersten Mal durch eine Konkurrenz angeregt, die die Zürcher Wasserversorgung im Jahre 1870 ausschrieb.²⁾ In dieser Konkurrenz siegte gegenüber den mitauf-tretenden Turbinen der Kolbenmotor, dem A. Schmid eine äusserst geschickt erdachte, einfache Gestalt zu geben gewusst hatte. Der Kolbenmotor giebt zwar bei voller Belastung einen vorzüglichen Nutzeffekt, braucht aber bei verminderter Belastung genau ebensoviel Wasser wie bei voller Kraft. Zudem werden die Verluste durch den Kolben mit zunehmendem Alter recht bedenklich. Das führte dazu, die Turbinen wieder in den Vordergrund treten zu lassen. Zu der genannten Zeit baute U. Bosshard in Zürich für den vorliegenden Zweck eine kleine Girardturbine mit horizontaler Achse und äusserer Zuführung des Wassers. Der Leitapparat erhielt einen einzigen Kanal, der mit einer Regulierzunge ausgerüstet war, und dieser wurde durch einen hydraulischen Cylinder beherrscht, der

¹⁾ Das Zuppinger'sche Tangentialrad (und ebenso die Schwammkrugturbine) litt an dem Fehler, dass die Radbreite beim Austritt gleich derjenigen beim Eintritt war. Daraus ergab sich eine Verengung der Radkanäle und ein Stauen des Wassers beim Austritt. Darum warf das Tangentialrad einen Teil des Wassers am äusseren Umfang wieder aus. Nach Mitteilung von Prof. Veith machte Zuppinger den Versuch, mit diesem ausgeworfenen Wasser ein zweites Rad zu treiben!

²⁾ Seither werden die hydraulischen Kleinmotoren in Zürich wieder abgeschafft, weil das Wasser kaum für die übrigen Zwecke reicht.

unter der Einwirkung eines Tachometers stand.³⁾ Die Lage des Wasseraustrittes an der Innenseite erwies sich als un- bequem, weil das Wasser durch eine besondere Fangvor- richtung verhindert werden musste, dem Austritt gegenüber neuerdings ins Rad zu fallen. Die Schaufelung des Rades wurde daher auf beidseitigen achsialen Wasseraustritt ab- geändert, und als das aus Kalifornien stammende Peltonrad in Europa bekannt wurde, ergab sich die vollständige Uebereinstimmung zwischen der Bosshard'schen und der Pelton'schen Schaufel. Dass das „Löffelrad“ seinen ur- sprünglichen Wirkungskreis im Dienste des Kleingewerbes seither bedeutend ausgedehnt hat, ist männiglich bekannt.

Wie auf den Dampfmaschinenbau, so hat die Elektro- technik auch auf den Turbinenbau einen tief einschneidenden Einfluss ausgeübt. So führte sie zur Bevorzugung der hori- zontalen Lage der Welle, wo immer die Umstände es ge- statteten, weil dies den bequemsten Antrieb der Dynamo- maschinen ergab, sei es mit Riementrieb, sei es mit direkter Kuppelung. Als dann das Problem der Kraftübertragung auf elektrischem Wege gelöst war, entstanden jene gewal- tigen hydraulischen Centralen, in denen tausende von Pferde- stärke entwickelt und im weitesten Umkreis verteilt werden. Die alten Centralen, die auf dem Gebrauch der Drahtseil- transmission fussten, waren darauf angewiesen, ihre Kraft auf einem ziemlich engen Gebiete abzusetzen, weil die Seiltransmission einen sehr erheblichen, mit der Entfernung rasch wachsenden Bruchteil der übertragenen Kraft ver- zehrt. Die Grösse der Leistung, die übertragen werden konnte, war beschränkt, und der Betrieb bot eine Menge von Schwierigkeiten. Das änderte sich mit einem Schlage, als die elektrische Uebertragung es möglich machte, be- liebige grosse Kräfte auf unerhört grosse Entfernungen zu übertragen und weite Gebiete zu versorgen.

Für die mässigen Gefälle und bedeutenden Wasser- mengen, mit denen die an den grössern Flüssen liegenden Centralen zu arbeiten haben, wurden anfänglich die alten Turbinentypen benützt; von der senkrechten Turbinenwelle wurde die Bewegung mittels eines Winkelrädertriebes mit Uebersetzung ins Schnelle auf ein wagrechtes Vorgelege über- tragen, auf dem der Anker der Dynamo befestigt war. Die Vorgelege versperrten viel Platz und fielen durch Erschwe- rung der Zugänglichkeit lästig, ganz abgesehen von den Uebelständen, die der Rädertrieb im Gefolge hat. Bald gieng man dazu über, die Rädervorgelege zu beseitigen. Durch Aenderung der Schaufelung suchte man die Umfangs- geschwindigkeit und durch Verkleinerung des Durchmessers die Tourenzahl zu steigern, um für die direkt auf der senk- rechten Welle sitzende Dynamo die erforderliche Geschwin- digkeit zu bekommen. Dazu eigneten sich besonders gut die Modelle, die sich in Amerika aus der Francisturbine entwickelt hatten, deren grosse Leistungen bei kleinen Ab- messungen die europäischen Turbinenbauer überrascht hatten. Allein man musste noch weiter gehen. Bei der von Escher Wyss & Cie. erbauten Centrale von Chèvres bei Genf wurde zum erstenmal ein Mittel angewandt, das seither typisch geworden ist. Auf ein und derselben Welle wurden mehrere Turbinen übereinander angebracht; diese teilen sich in das Wasser, erhalten also kleinere Abmes- sungen und somit grössere Umdrehungszahlen, sodass die zu oberst auf der Welle sitzende Dynamo die nötige Um- fangsgeschwindigkeit erhält, ohne dass man ihr einen un- bequem grossen Durchmesser zu geben braucht. So ent- stand eine Anordnung, die in Bezug auf Platzersparnis und Zugänglichkeit kaum übertroffen werden kann. Während in Chèvres erst zwei Turbinen auf derselben Welle sitzen, sind es in Rheinfelden, genau gezählt, schon deren vier. Schon viel früher sind gelegentlich zwei Turbinen auf ein und derselben Achse befestigt worden. Es handelte sich dabei stets um eine liegende Welle, auf der zwei sym- metrische Jonvalturbinen mit der Absicht befestigt wurden, ihre Achsialschübe sich gegenseitig aufheben zu lassen. Hier liegen die Turbinen übereinander und haben darum den Namen Etagenturbinen erhalten. Bei den gewaltigen

³⁾ Schweiz. Bauztg. 1884, Band III, Nr. 5, S. 26—28.

Kräften, die durch diese Centralen den Gewässern entzogen werden sollen, ist selbst bei sehr beträchtlicher Anzahl der Maschineneinheiten der auf eine derselben entfallende Bruchteil sehr bedeutend, und so übertreffen diese Turbinen an Grösse der Leistung alles, was bis vor kurzem gebaut wurde, um ein ganz bedeutendes.

Die Elektrotechnik verlangt ein sehr genaues Einhalten der Geschwindigkeit; sie hat daher die Aufgabe der Geschwindigkeitsregulierung wieder stark in den Vordergrund gerückt. Bis auf den heutigen Tag laufen noch viele Turbinen, die keinen Regulator besitzen. Das kann man riskieren, weil die Turbine die grosse Annehmlichkeit hat, nicht durchbrennen zu können. Die Baumwollspinnerei war es, die früher die höchsten Anforderungen an die Gleichmässigkeit der Bewegung stellte. Waren ihre Forderungen an und für sich schon weniger streng, so konnten sie noch dazu unter leichteren Bedingungen erfüllt werden. Die Schwankungen, die während des Betriebes durch den intermittierenden Gang der Selfaktoren oder durch das Aus- und Einrücken eines Bateurs u. s. w. entstanden, betrugten doch nur einen verhältnismässig kleinen Bruchteil der ganzen Betriebskraft; man konnte darum noch recht gut mit einem langsam wirkenden Regulator zurecht kommen. Bei den Turbinen ist eine direkte Einwirkung des Tachometers auf die Abschätzung ausgeschlossen, weil die Widerstände der letztern viel zu gross sind. Es ist vielmehr eine besondere Hilfskraft erforderlich. Diese Hilfs-triebsvorrichtung — wir nennen sie nach Farcots Vorgang den Servomotor — bestand aus einem Riemenwechseltrieb, dessen Riemengabel vom Tachometer beherrscht

haben wollen, stellte in einem Glasschrank einen Regulator von Kaufmann in Bludenz auf. Das war ein kleines Ungeheuer von Komplikation, aber ganz schlaue ersonnen. Das Tachometer steuerte, wie bei allen andern Regulatoren, die Gabel eines Riemenwechseltriebes. Wicht die Geschwindigkeit nur wenig von der normalen ab, so wurde die Gabel zwar in dem entsprechenden Sinne bewegt, aber alsbald wieder in die Mittelstellung zurückgeführt u. s. w. Erst wenn die Geschwindigkeitsabweichung einen gewissen höhern Grad erreichte, blieb die Riemengabel dauernd im

Ausschlag; näherte sich die Geschwindigkeit wieder dem Normalwerte, so kam die Gabel wieder in den Zustand des Tastens. Es ist klar, dass durch dieses Tastens die Gefahr des Ueberregulierens erfolgreich vermindert wurde; freilich litt die Schnelligkeit der Regulierung dabei starken Abbruch.

Bei den Turbinen, die im Dienste der Elektrotechnik stehen, liegt die Sache wesentlich schwieriger. Hier kann sich die Belastung in ganz kurzer Zeit um einen sehr grossen Teil der Gesamtlast ändern und dennoch darf die Geschwindigkeit nur um ganz

wenig schwanken. Das verlangt nicht nur eine sehr genaue, sondern namentlich auch eine sehr schnell wirkende Regulierung. Unter den zahlreichen vorhandenen Abschätzungen sind nur diejenigen brauchbar, bei denen schon durch eine verhältnismässig kleine Bewegung die Leistung zwischen Null und dem Höchstwert geändert wird. Es eignen sich dazu vorzüglich jene Vorrichtungen, durch die alle Leitkanäle gleichzeitig beeinflusst werden. Diese Art der Regulierung lässt sich am besten bei den Radialturbinen anbringen, und das ist der Grund, warum die so lange vernachlässigte Francis-turbine mit den Regulierungen nach Fourneyron, Fink, Zedel, Schaad u. a. auf einmal zu so hohen Ehren gezogen wird, nachdem sie durch die Firmen Voith in Heidenheim, Monneret & Riva in Mailand und Sinngrün in Epinal mit der nach amerikanischen Vorbildern modifizierten Schaufe-

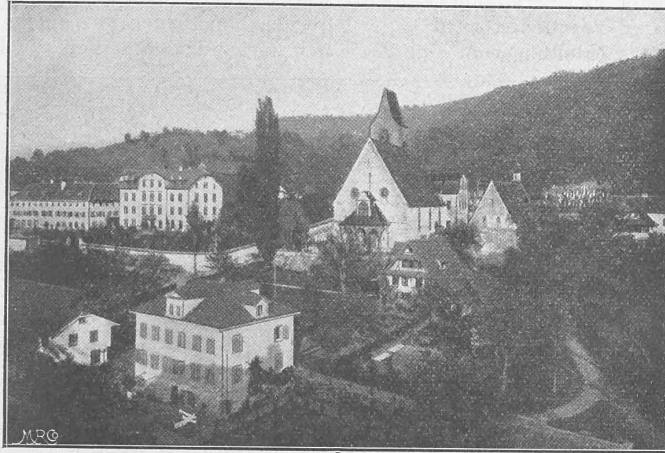


Abb. 1. St. Michaels-Kirche mit dem Frauenkloster in Zug.

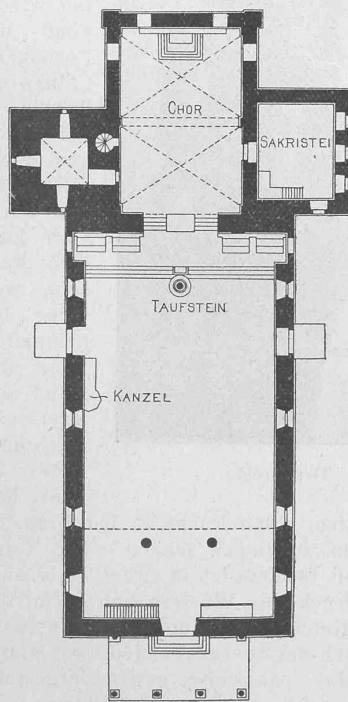


Abb. 2. Grundriss 1 : 500.



Abb. 3. St. Michaels-Kirche in Zug. — Innere Ansicht.

lung in Aufnahme gebracht worden ist. Die Fourneyronturbine ist weniger geeignet; hier stört der Umstand, dass sich das Leitrad zwischen Laufrad und Welle einschiebt, ferner die Schwierigkeit, ein Saugrohr anzubringen u. a.

Für den Betrieb der Abschätzung eignet sich der hydraulische Servomotor, der leicht beliebig grosse Kräfte liefert, ganz besonders. Wo das Triebwasser unter hohem Druck steht, ist diese Lösung etwas gegebenes. Aber auch bei Anlagen mit kleinem Gefälle findet er vielfach Anwendung,

wird. Zwischen der Stellung des Tachometers und derjenigen der Abschätzung bestand kein eindeutiger Zusammenhang; es lag daher die Gefahr des Ueberregulierens sehr nahe. Wer in den sechziger Jahren etwas ganz Gutes

wobei, der zu seinem Betrieb erforderliche Flüssigkeitsdruck erst durch ein besonderes Pumpwerk erzeugt werden muss.

Das Steuerventil des hydraulischen Servomotors, wie er von Bosshard zuerst in Anwendung gebracht wurde, war ursprünglich nur dem Tachometer unterstellt. Piccard in Genf hat als der erste auf die vorliegende Aufgabe die von Farcot für seinen Dampfservomotor ersonnene Rückführung angewandt, mittels deren der in Gang gesetzte Kolben das vom Tachometer verschobene Steuerventil wieder in die Mittelstellung zurückbringt, sodass ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Tachometer und Servomotorkolben hergestellt und das Ueberregulieren vermieden wird.

Hat bei Hochdruckturbinen das Zuleitungsrohr eine beträchtliche Länge im Verhältnis zum Gefälle, so können bei schneller Einwirkung des Regulators ganz gewaltige Druckschwankungen auftreten, die nicht nur dem Regulator die Erfüllung seiner Aufgabe unmöglich machen, sondern auch für die Leitung gefährlich werden. Indem man durch Schwungräder die Geschwindigkeitsänderungen verzögert, verschafft man dem Regulator Musse, seinen Einfluss langsam geltend zu machen. In neuester Zeit wird bei Löffelrädern nach dem Vorgange von Escher Wyss & Cie. mit der Regulierung ein Freilaufventil dert verbunden, dass dieses sich gerade um so viel öffnet, als jene sich schliesst, sodass der Wasserdurchfluss unverändert bleibt. Durch einen Katarakt wird das Freilaufventil wieder geschlossen und damit der Wasserverschwendung ein Ende gemacht; der Schluss erfolgt aber so langsam, dass in der Leitung keine erheblichen Drucksteigerungen auftreten können.

In den Fällen, wo man die Turbinen mit einem Saugrohr versieht, um sie über dem Unterwasser aufstellen zu können, wandte man bis jetzt ausschliesslich Reaktionsturbinen an, die ohne Schaden im Wasser laufen können. Seit einigen Jahren wird von Escher Wyss & Cie. das Saugrohr auch in Verbindung mit Girardturbinen und neuerdings sogar mit Löffelrädern gebraucht. Da diese Turbinen ganz in der Luft arbeiten müssen, wird durch ein Schwimmerventil soviel Luft in das Saugrohr eingelassen, dass der Wasserspiegel darin nicht über eine gewisse Höhe steigt. Das Wasser reisst soviel Luft aus dem Saugrohr mit fort, dass sich das Vakuum sehr leicht einstellt; es muss sogar ziemlich viel Luft eingelassen werden, damit der Wasserspiegel nicht bis ins Rad steigt.

Schon die ersten Turbinen von Fourneyron ergaben

einen leidlichen Wirkungsgrad. Im Laufe der Zeit wurde derselbe durch sorgfältige Bestimmung der Abmessungen und der Schaufelformen und durch gute Ausführung nicht unerheblich gesteigert. Er erreichte aber schon bald einen Wert, über den wir nicht wesentlich weiter hinauskommen werden — in dieser Richtung giebt es keine Weiterentwicklung. Wir haben den Fortschritt nur in konstruktiver Richtung zu suchen. Vor allem handelt es sich um die Anpassung an die wechselnden Bedürfnisse des Betriebes. In dieser Beziehung ist die jüngste Zeit sehr fruchtbar gewesen; auf jede neue, eigenartige Anforderung antworteten die Turbinenbauer mit einem neuen Typus. Die ursprünglich vorhandene Starrheit, in der mit wenigen feststehenden

Typen alle Bedürfnisse bestritten wurden, ist einer ausserordentlichen Beweglichkeit gewichen. In wie kurzer Zeit hat sich nicht der Turbinenbau dank dem grossen angesammelten Kapital von Fähigkeiten und Erfahrungen den Bedürfnissen der Elektrotechnik anzupassen vermocht. Derjenige Punkt, wo berechtigte Wünsche noch nicht vollständig erfüllt worden sind, ist die Regulierung der Vollturbinen, genauer ausgedrückt, die Anpassung derselben an wechselnde Wassermengen unter Wahrung eines möglichst hohen Nutzeffektes. In dieser Richtung erwarten wir von der Zukunft noch bessere Lösungen.

Inzwischen hat die Turbine auf einem andern Gebiet angefangen, eine höchst auffällige Rolle zu spielen. Wir sprechen von der Dampfturbine. Man kann gespannt sein, was diese für eine Entwicklung nehmen wird; doch liegt dieser Gegenstand ausserhalb des Kreises unserer Betrachtungen.

Weil wir gerade das Wort haben, möchten

wir uns gestatten, einen Punkt zu berühren, der uns schon lange im Argen zu liegen scheint. Die Nomenklatur der Turbinen knüpft bekanntlich in erster Linie an den Umstand an, ob der Druck des Wassers beim Eintritt ins Laufrad grösser oder gleich dem Druck beim Austritt ist, und es sind für die sich daraus ergebenden zwei Klassen die nachstehend einander paarweise gegenübergestellten Bezeichnungen in Gebrauch genommen worden:

Reaktionsturbinen	Aktionsturbinen
Voll- „	Partial- „
Ueberdruck- „	Druck- „
Presstrahl- „	Freistrahl- „

Vergleicht man diese Bezeichnungen mit einander, so fällt einem bald auf, dass die Bezeichnungen für die zweite

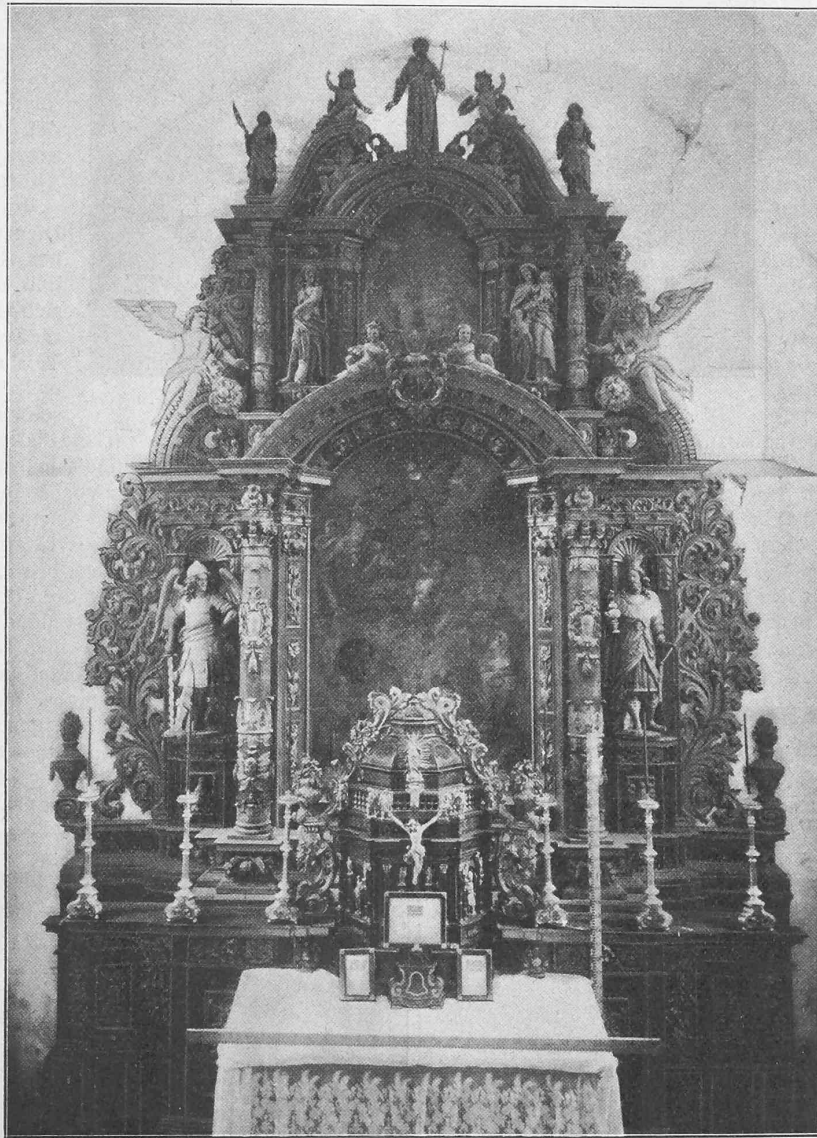


Abb. 4. St. Michaels-Kirche in Zug. Hoch-Altar. — Detail-Bild.

Klasse weit davon entfernt sind, für sich verständlich zu sein, sie werden es erst durch den Gegensatz zu der entsprechenden Bezeichnung der Turbinen der ersten Klasse. So ist für die Turbinen erster Art wohl das Vorhandensein der Reaktion charakteristisch, nicht aber die Aktion für diejenigen der zweiten Art, weil ja auch neben der Reaktion die Aktion zur Wirkung kommt; das Wesentliche liegt in der Abwesenheit der Reaktion bei den Turbinen zweiter Art. Die Bezeichnungen „Voll-“ und „Partial-“, die sich auf den Füllungszustand der Laufradkanäle beziehen, sind ja wohl logisch unanfechtbar, würden aber unserer Ansicht nach besser verwendet, um anzugeben, ob das Wasser auf dem ganzen Umfang oder nur auf einem Teil desselben zugeführt wird. Ganz verfehlt ist aber die Bezeichnung Druckturbine, weil ja gerade das der Unterschied ist, dass das Wasser nicht durch Druck, sondern nur durch seine Masse wirkt. Auch für den Namen Freistrahlturbine können wir uns nicht erwärmen; denn der Wasserstrahl bewegt sich ja nichts weniger als frei durch das Laufrad.

Zur Zeit haben wir als Vertreter der zweiten Art nur die Girardturbine mit ihrer charakteristischen, starken Verbreitung des Laufrades an der Austrittsseite und die Löffelturbine in Gebrauch.

Unter Verwendung dieser beiden Namen könnte man jene unpassenden Bezeichnungen fallen lassen. Will man sie aber unter einem Namen zusammenfassen, so könnte ein solcher aus dem Umstande abgeleitet werden, dass der Ueberdruck am Spalt der Turbinen erster Art eine Folge der Stauung ist, die das Wasser beim Durchfluss durch die Laufradkanäle erfährt, während bei der zweiten Art die Stauung entfällt. Man könnte

darum die einen als Stauturbinen und die andern als staufreie Turbinen von einander unterscheiden.

Zur Bezeichnung der Eintrittsstelle des Wassers werden seit einiger Zeit vielfach Ausdrücke gebraucht, die denjenigen entsprechen, die von Alters her bei den Wasserrädern üblich sind. Man sollte sie aber auch richtig bilden. Wie es „ober-“ und „unterschlächting“ heisst, sollte man „innen-“ und „ausserschlächting“ sagen anstatt „innen-“ und „aussenschlächting“. Heisst es „oberwärts“ und „seitwärts“, so muss in Analogie mit „oberschlächting“ gebildet werden „seitschlächting“ und nicht „seitenschlächting“.

Sollte es endlich möglich sein, das kleine Wortungeheuer „Beaufschlagung“ durch einen besser klingenden Ausdruck zu ersetzen, so wäre das kein Schade. „Wasserein-

tritt“ oder „-Zuführung“ könnte den Dienst ganz gut versehen. Also z. B. staufreie, innerschlächtinge Turbine mit partiellem Eintritt und wagrechter Welle, oder seitschlächtinge Stauturbine mit vollem Eintritt und senkrechter Welle.

Die innere Ausstattung der abgebrochenen Pfarrkirche St. Michael in Zug.

(Mit einer Tafel.)

Seit mehr als zwei Jahren ist die Pfarrkirche St. Michael in Zug vom Erdboden verschwunden; doch dauerte es nur kurze Zeit bis aus den Ruinen neues Leben zu blühen begann, indem unmittelbar nach der Nieder-

legung der alten Mauern Herr Architekt Karl Moser mit der Ausführung seines preisgekrönten Entwurfes für eine neue Kirche begann, die etwa 100 m von der alten entfernt ist. Der Bau wurde derart gefördert, dass dessen Einweihung wohl schon im kommenden Jahre erfolgen wird.

Für den Freund des reizend gelegenen, an charakteristischen alten Bauwerken so reichen Städtchens Zug mischt sich mit der Freude an der neuen Schöpfung Mosers der wehmütige Gedanke, dass die alte St. Michaels-Kirche verschwunden ist, die dem Landschaftsbilde so gut entsprach, ja eigentlich dazu gehörte, indem sie sich als Beschützerin des daneben gelegenen Frauenklosters ganz naturgemäss und passend ausnahm (siehe Abb. 1 S. 279). Unwillkürlich drängt sich dann die Frage auf: War denn in Zug und dessen Umgebung kein Bauplatz mehr aufzutreiben als der, dem die alte Kirche zum Opfer fallen musste? Die Antwort hierauf findet sich in nachfolgender gedrängter

Übersicht der Baugeschichte der neuen Kirche, deren hauptsächlichste Daten wir der Gefälligkeit unseres Kollegen, Herrn Architekt Dagobert Keiser in Zug, verdanken.

Die Anregung zum Bau einer neuen Pfarrkirche in Zug war schon seit Jahrzehnten vorhanden und sie fand ihren ersten Ausdruck in der Ausschreibung eines Wettbewerbes, dessen Verlauf in den Jahrgängen 1892 und 1893 unserer Zeitschrift nachgelesen werden kann. Schon die Ausschreibung des Wettbewerbes konnte nicht als eine glückliche bezeichnet werden. Die Einlieferungsfrist vom August bis Ende Oktober war zu kurz, die Masstäbe (1:100) zu gross bemessen, ein Preisgericht war nicht genannt, ausserdem fand sich im Programm der bemerkenswerte Passus, dass zwar die Wahl des Baustyles den Bewerbern



Abb. 5. St. Michaels-Kirche in Zug. — Tabernakel des Hochaltars.