

# Die Schaufelung der Francis-Turbine

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **41/42 (1903)**

Heft 3

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-23943>

## **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: L'architecture contemporaine dans la Suisse romande. V. — Die Schaufelung der Francis-Turbine. — Die neue St. Pauls-Kirche in München. — Die Vollendung des Panamakanals. III. — Miscellanea: Die Mainkanalisation. Neue Eisenbahnlinie in Finnland. Mädchenschule in Wiesbaden. Der weisse Saal im Berliner Schlosse. Die „Spinnerin am Kreuz“ in Wiener Neustadt. Rathausumbau in Basel. Kanal von Paris nach dem nordfranzösischen Kohlenbecken. Neubau der allgem. Rentenanstalt in Stuttgart. Ausgrabungen in Athen. Neues Wasserwerkprojekt für Basel. Albulabahn. Eine grosse Kraftanlage im südlichen Baden. Valle-Maggia-Bahn. Gesetz zur Erhaltung histor. Altertümer in Neuenburg. Gottfr. Keller-Stiftung.

Neues Obergerichtsgebäude in Bern. Der Neubau eines Museums für Uri. Erweiterung des neuen Güterbahnhofs in Basel. Internat. Erdbebenforschung. Eine Kirche in Fachwerkbau. Regionalbahn Val-de-Ruz. Die neue Kunstgewerbe- u. Handwerkerschule in Charlottenburg. Linie Locarno-Pallanza. Die Montreux-Berner Oberlandbahn. Das Hauptpostgebäude in Basel. Die elektr. Vollbahn Freiburg-Murten. — Preisausschreiben f. Entwürfe zu Mosaikbildern im Hofe des Landesmuseums Zürich. — Nekrologie: † V. S. Breda. — Literatur: Der Baumeister. — Vereinsnachrichten: Bündner. Ing. u. Arch.-Verein. — Feuilleton: Meine ersten Bauherren. II. Hierzu eine Tafel: Die neue St. Pauls-Kirche in München.

## L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.

Par A. Lambert, Architecte.

### Genève. V.

Le chalet *Roussy* à la Belotte (Fig. 41 et 42), tout lambrissé et entouré de galeries en bois offrant des échappées sur le lac est un simple pied-à-terre avec salle et cuisine dans le bas et chambres à coucher dans le haut, le tout faisant l'impression d'une villégiature „chez soi“ tout à fait enviable.

Il existe encore du même artiste une maison de campagne à Champel qui présente le caractère des maisons à hauts pignons et à pans de bois apparents, telles qu'on en rencontre dans la Suisse du centre et du nord, c'est la villa *Kummer* (Fig. 43 et 44 page 26); le socle est en appareil irrégulier, le rez-de-chaussée crépi, les pans de bois de l'étage supérieur et du pignon sont garnis en tuf qui produit un très bon effet.

Avant de terminer la revue des travaux de M. Fatio, nous tenons à signaler la *ferme du Bocage* (Fig. 45 et 46 page 28) qui consiste en un groupe de bâtiments des plus pittoresques. Les constructions rurales forment une petite cour qu'elles bordent de trois côtés, le quatrième étant fermé par un mur à grande porte cochère, telle qu'on en voit encore dans les vieilles fermes du pays, le tout d'un caractère extrêmement champêtre.

Parmi les constructions qui rappellent l'architecture ancienne du pays, nous citerons encore deux villas de MM. L. & Fr. Fulpius; ce sont celles de M. Penard (Fig. 47—49 page 27) à Grange Colomb, au delà de Carouge — construction simple mais confortable, dont le coût n'a pas atteint 50000 Fr. — et celle de M. le Pasteur *Chantré* à Champel (Fig. 50—52 page 29).

La première à non seulement dans la disposition de son toit, mais encore dans sa physiologie générale quelque chose de bien local. C'est une construction passablement étendue, d'un étage sur rez-de-chaussée, en moellons irréguliers apparents, avec fenêtres encadrées de roche claire, le tout coiffé d'un grand toit suisse qui lui donne quelque chose de particulièrement tranquille et reposant. (à suivre.)

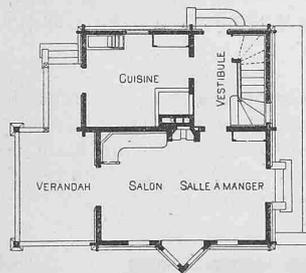


Fig. 42. Chalet Roussy.  
Rez-de-chaussée 1 : 250.



Fig. 41. Chalet Roussy à la Belotte. — Architecte: M. Edmond Fatio.

Regelflächen, die durch eine einzige Leitkurve bestimmt werden. Die Berechnung ist einfach, und es ist leicht genug, für die Schaufelung Vorschriften aufzustellen und Regeln zu geben, die es auch dem Anfänger ermöglichen, ohne besondere Mühe brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Bei den modernen Formen der Francis-Turbine, in denen das Wasser mehr oder weniger vollständig nach der Richtung der Achse abgelenkt wird, gestaltet sich die Sache viel verwickelter. Die Bahnen der einzelnen Wasserfäden weichen überaus stark von einander ab; es muss darum gewissermassen jeder Wasserfaden für sich betrachtet und behandelt werden. Die Schaufeln erhalten eine ziemlich komplizierte, doppelt gekrümmte Gestalt, die nicht mehr durch einfache geometrische Hilfsmittel bestimmt werden kann und darum an den Entwerfenden grössere Anforderungen stellt.

Die Zahl der Veröffentlichungen über den Gegenstand ist sehr klein. Als wichtigste führen wir die Arbeit von Speidel und Wagenbach an.<sup>1)</sup> Wertvoll ist darin im besonderen die Verwendung der Berührungskegel an die Flussflächen<sup>2)</sup> zur Darstellung der Austrittsverhältnisse. Die Arbeit leidet aber hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit darunter, dass die rechnermässige Grundlage, auf der die Lösung beruht, nicht ausdrücklich und vollständig festgestellt, sondern stillschweigend vorausgesetzt ist. Eine Arbeit von Baashuus<sup>3)</sup> beschäftigt sich nur mit der Detailfrage der Flussflächen. Das schön ausgestattete Buch von Wilhelm Müller, „Die Francis-Turbinen“ (Hannover 1901), das in

<sup>1)</sup> Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1899, Seite 581.

<sup>2)</sup> Darunter wollen wir die Drehflächen verstehen, in welchen die einzelnen Wasserfäden oder Wasserwege enthalten sind.

<sup>3)</sup> Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1901, Seite 1602.

## Die Schaufelung der Francis-Turbine.

Von Professor Rud. Escher in Zürich.

Die Francis-Turbine hat innerhalb weniger Jahre alle andern Turbinen auf dem Gebiete der Wasserkraft mit verhältnismässig grossen Wassermengen verdrängt. Sie verdankt ihren Sieg, wie wir früher in dieser Zeitschrift auseinander zu setzen Anlass hatten<sup>1)</sup>, vor allem ihrer leichten Regulierbarkeit. Bei ihrer stets zunehmenden Verbreitung mussten sich immer weitere Kreise der Technik mit dieser Turbinenart beschäftigen und damit hat sich denn auch die Erkenntnis der Schwierigkeiten, die sie bei der Berechnung und beim Entwerfen bietet, immer weiter ausgebreitet. Bei den älteren Turbinenarten kann man sich damit begnügen, die Bewegung eines einzigen, mittleren Wasserfadens zu untersuchen; die Schaufeln sind einfache

<sup>1)</sup> Bd. XXXVIII Seite 269.

theoretischer Beziehung ziemlich viel zu wünschen übrig lässt, bringt über die Frage der Schaufelung nichts neues von Wert.

Unter diesen Umständen schien es uns am Platze zu sein, die Aufgabe einmal zusammenfassend und vollständig unter Berücksichtigung sämtlicher in Frage kommender Verhältnisse, also auch namentlich der theoretischen Grundlage, zu behandeln. Wir hoffen, damit vielen Interessenten, und namentlich den Anfängern, einen Dienst zu erweisen.

Die Schwierigkeiten des Problems liegen in den Austrittsverhältnissen des Wassers aus dem Leitrad; diesen haben wir vor allem unsere Aufmerksamkeit zu schenken. Wenn gezeigt werden kann, wie die Schaufel an der Austrittskante zu bilden ist, damit die Bedingungen eines möglichst guten Nutzeffektes erfüllt werden, ist die Aufgabe in der Hauptsache gelöst. Diese Bedingungen sind bekanntlich die folgenden:

1. Die Wasserfäden sollen möglichst parallel austreten. Dazu ist im besonderen erforderlich, dass die Schaufeln beim Austritt parallel zu einander verlaufen.

2. Das Wasser soll rechtwinkelig zum Umfang aus dem Laufrad austreten, damit im Ablauf (besonders wenn ein Saugrohr vorhanden ist) keine wirbelnde Bewegung entstehe.

3. Das aus dem Laufrad tretende Wasser soll mit dem wegfließenden Wasser möglichst gleiche Geschwindigkeit und Richtung besitzen, damit keine Stossverluste auftreten.

Man braucht nur die letztere Bedingung aufzustellen, um sich klar zu werden, welche Bedeutung der achsialen Ablenkung des Wassers bei den modernen Francisturbinen beizumessen ist; denn nur mittels dieser Ablenkung ist es bei passender Wahl des inneren Raddurchmessers möglich, die dritte Bedingung zu erfüllen. Wir werden für die beiden letzten Bedingungen ein sehr einfaches Erfüllungsmittel nachweisen. Dennoch wird man finden, dass das Entwerfen der Schaufelung keine ganz einfache Sache abzurichten. Diese Schulung müssen wir voraussetzen; wir können uns dann auf die Andeutung der leitenden Gedanken beschränken und haben nicht nötig, weitschweifig und mühsam die zeichnerischen Vorgänge zu beschreiben, die sich für den gebildeten Techniker von selbst verstehen.

Bei Anwendung der aus Abbildung 1 sich ergebenden Bezeichnungen bekommt man, unter der Voraussetzung stossfreien Ueberganges vom Leitrad ins Laufrad die Grundgleichung

$$1) \quad 2 g h_w - c_2^2 = w_2^2 - w_1^2 - u_2^2 + u_1^2$$

worin  $h_w$  das wirksame Gefälle bedeutet, d. h. das Gefälle, das übrig bleibt, wenn man von dem verfügbaren Gefälle  $h$  sämtliche hydraulische Druckhöhenverluste abzieht. Es wäre dies also das Gefälle, mit dem man die Turbine für die gegebene Wassermenge berechnen müsste, wenn in letzterer keinerlei hydraulische Widerstände auftreten würden.

Führt man die Bedingungsgleichung für stossfreien Uebertritt ein:

$$2) \quad w_1^2 = u_1^2 + c_1^2 - 2 u_1 c_1 \cos \alpha,$$

stellt man im weitern die Bedingung, dass die absolute Austrittsgeschwindigkeit des Wassers aus dem Laufrad rechtwinkelig zum Umfang gerichtet sei, was der Fall ist, wenn

$$3) \quad w_2^2 - u_2^2 = c_2^2,$$

so nimmt die Grundgleichung die Gestalt an

$$4) \quad 2 g h_w - c_2^2 = 2 u_1 c_1 \cos \alpha.$$

Diese Gleichung ist nur gültig, wenn die Bedingungen des stossfreien Ueberganges und des rechtwinkligen Austrittes durch passende Wahl der Turbinenabmessungen erfüllt werden.

Neben der Bedingung des rechtwinkligen Austrittes ist für die Austrittsverhältnisse noch ferner die Bedingung massgebend, dass die Bewegung des austretenden Wassers tunlichst mit jener des fortfließenden Wassers in Geschwindigkeit und Richtung übereinstimme, dass also unter Bezugnahme auf Abbildung 2 sei:

$$5) \quad c_2 = c_0.$$

Zur Erfüllung dieser Bedingungen ist die achsiale Ablenkung des austretenden Wassers wesentlich. Dieselbe gestattet überdies, den äusseren Durchmesser sehr klein zu halten, woraus sich der Vorteil einer möglichst hohen Drehungszahl und einer billigen Turbine ergibt.

L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 43. Villa Kummer près Genève. — Architecte: M. Edmond Fatio.

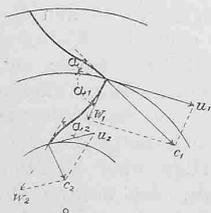


Abb. 1.

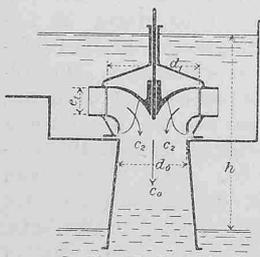


Abb. 2.

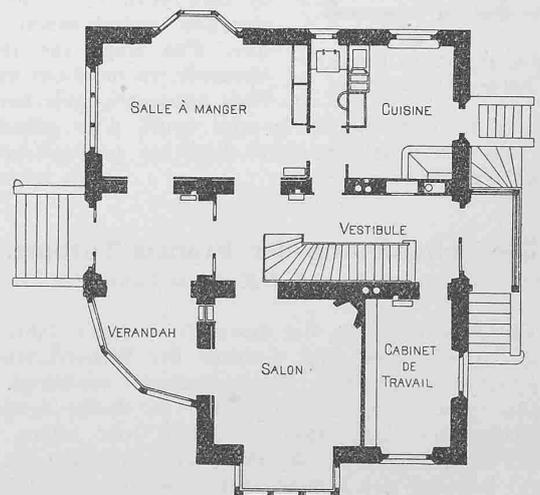


Fig. 44. Villa Kummer. — Rez-de-chaussée 1 : 200.

Die Bedingung 5) lässt sich wegen der endlichen Dicke, die die Schaufeln haben, nicht genau erfüllen, wie folgende Betrachtung zeigt.

Wir nehmen zunächst an, dass sich in der ins Auge

gefassten Partie des Radaustrittes das Wasser in einer Zylinderfläche vom Halbmesser  $r$  bewege. Es lassen sich dann die Verhältnisse mit Hilfe von Abbildung 3 leicht übersehen. Der Querschnitt, der dem mit der Geschwindigkeit  $c_0$  wegfließenden Wasser zur Verfügung steht, wird durch die Schaufelteilung  $t_2$  gemessen, während der Austrittsquerschnitt für die absolute Austrittsgeschwindigkeit  $c_2$ , von der verlangt wird, dass sie rechtwinkelig zum Umfange gerichtet sei, in demselben Masse durch die Grösse  $a_2$  dargestellt wird. Da sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Querschnitte verhalten, bekommt man

$$6) \quad \frac{a_2}{t_2} = \frac{c_0}{c_2}.$$

Es findet sich daraus, dass

$$c_0 = \frac{a_2}{t_2} \cdot c_2.$$

Es ist also  $c_0$  immer kleiner als  $c_2$ ; ein gewisser Stossverlust lässt sich gar nicht vermeiden.

Aus der Abbildung 3 ergibt sich weiter

$$7) \quad \frac{m}{a_2} = \frac{c_2}{u_2}.$$

Multipliziert man 6) mit 7), so erhält man

$$8) \quad m = \frac{t_2}{u_2} \cdot c_0.$$

Bedeutet  $r_2$  den Halbmesser des Austrittes,  $\lambda_2$  die Schaufelzahl des Laufrades und  $n$  die Umdrehungszahl, so hat man

$$9) \quad t_2 = \frac{2 r_2 \pi}{\lambda_2}.$$

$$10) \quad u_2 = \frac{2 r_2 \pi n}{60}.$$

Führt man diese Werte in 8) ein, so bekommt man

$$11) \quad m = \frac{60}{\lambda_2 n} c_0$$

als Bedingung für den rechtwinkligen Austritt und zugleich für tunlichste Annäherung von  $c_2$  an  $c_0$ . So gross muss also die lichte Kanalweite, rechtwinkelig zum Umfang gemessen, genommen werden, damit die Austrittsbedingungen erfüllt werden. Man bemerke, dass die Grösse  $m$  unabhängig vom Halbmesser  $r_2$  ist.

Hat man  $c_0$  und  $\lambda_2$  gewählt und ist  $n$  bekannt, so ist auch  $m$  bestimmt, und wenn  $r_2$  und damit auch  $t_2$  bekannt und die Schaufeldicke  $s_2$  gewählt ist, so kann man nach Abbildung 3 den Schaufelwinkel  $\alpha_2$  leicht zeichnen<sup>1)</sup>.

Auf der Rückseite der Schaufel muss der Winkel  $\alpha_2$  mindestens bis zum Punkte  $D$  eingehalten werden, damit die austretenden Wasserfäden parallel laufen. Auf der Vorderseite braucht der Winkel nur im Punkte  $A$  vorhanden zu sein. Bei Guss-schaufeln kann man das mit Vorteil zur Verstärkung der Schaufel verwenden, der man einen recht dünnen Austrittsrand zu geben wünscht.

Wird die Schaufel gleich von  $D$  an zurückgebogen, so fällt der Abstich der Kanalweite, rechtwinkelig zum Umfang gemessen, grösser aus als  $m$ . Das ist kein Fehler; denn man sieht leicht ein, dass es eigentlich auf die Abmessung

$$i_2 = m \cos \alpha_2$$

ankommt, die den Austrittsquerschnitt bestimmt, und die durch die Zurückbiegung nicht betroffen wird.

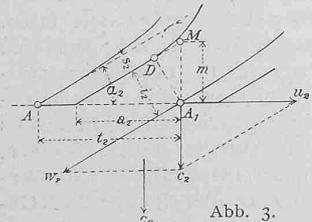


Abb. 3.

1) Die Berechnung von  $\alpha_2$  müsste aus der trigonometrischen Gleichung  $t_2 \sin \alpha_2 - s_2 = m \cos \alpha_2$  erfolgen, die keinen bequemen Ausdruck für  $\alpha_2$  ergibt.

Bewegt sich das Wasser nicht auf einer Zylinderfläche, sondern auf einer irgendwie anders gestalteten Drehfläche, so ersetzt man diese nach Speidel und Wagenbach<sup>1)</sup> durch ihren Berührungskegel, der abwickelbar ist. Abb. 4 (S. 28) lässt erkennen, wie man mit der auf der Tangente an den Berührungskreis aufgetragenen Teilung  $A A'$ , mit der darüber aufgerichteten Grösse  $A' M = m$  und mit dem aus  $M$  mit  $s_2$  als Halbmesser geschlagenen Kreisbogen den Winkel  $\alpha_2$  finden kann, und wie man ferner den Grundkreis der Evolvente ermittelt, nach der der innere Schaufelrand mit seiner

L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 47. Villa Penard à Grange Colomb. — Architectes: MM. L. & Fr. Fulpius.

Gegenkrümmung zu profilieren ist<sup>2)</sup>). Auf der Rückseite der Schaufel ist die Evolvente mindestens bis zum Punkte  $D$  fortzuführen, während auf der Vorderseite der Winkel  $\alpha$  nur am Rande vorhanden zu sein braucht. Dass die Evolventen mit ausreichender Genauigkeit durch Kreisbogen er-

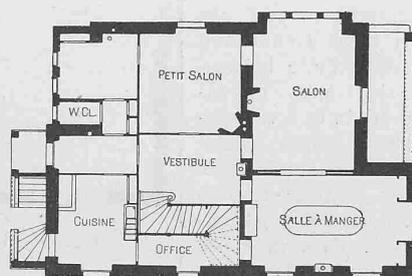


Fig. 48. Villa Penard. — Rez-de-chaussée. 1 : 300.

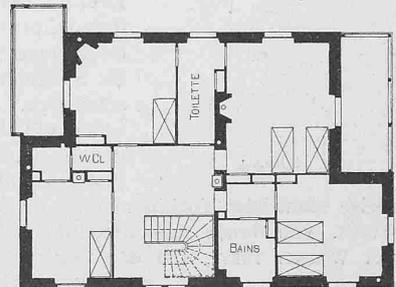


Fig. 49. Villa Penard. — 1er étage.

setzt werden können, ist selbstverständlich.

Wir haben noch einen Umstand zu beachten. Die Erfahrung zeigt, dass man nicht die Abmessung  $r_2$  (Abb. 4 S. 28) als Austrittshalbmesser betrachten darf, dass vielmehr als solcher die etwas grössere Abmessung  $r_2'$  in die Rechnung einzuführen ist. Da der Strahl in der Tat nur bis zum Punkte  $D$  vollständig geführt ist, lässt sich leicht einsehen, dass dem so sein muss;  $r_2'$  stellt einen Mittelwert für sämtliche Wasserfäden dar. In welchem Sinne der Fehler, den man durch Einführung der Abmessung  $r_2$  als Austrittshalbmesser begeht, seinen Einfluss geltend macht, lässt sich aus der Grundgleichung

$$1) \quad 2 g h_w - c_2^2 = w_2^2 - w_1^2 - u_2^2 + u_1^2$$

1) Zeitschr. d. Ver. d. Ing., 1899, S. 581.

2) Es ist leicht zu beweisen, dass  $i_2 = i'$ , dass also die erforderliche lichte Kanalweite wirklich vorhanden ist.

leicht erkennen. Man sieht, dass bei wachsendem Werte der Umfangsgeschwindigkeit  $u_2$  die Ausflussgeschwindigkeit  $c_2$  ebenfalls zunehmen muss. Ist also der Austrittshalbmesser in Wirklichkeit  $r_2'$ , statt wie angenommen  $r_2$ , so fliesst etwas mehr Wasser durch die Turbine, als wir rechnen, und das ist kein Unglück; pflegen wir doch ohnehin der Rechnung eine Wassermenge zu Grunde zu legen, die nur etwa drei Viertel der maximalen Menge beträgt. Der Fehler kommt übrigens nur bei jenen Wasserfäden zur Geltung, die beim Austritt noch eine starke radiale Geschwindigkeitskomponente besitzen, und das ist nur ein verhältnismässig kleiner Teil. Er ist übrigens, wie Abbildung 5 lehrt, im Entwurf durch eine nachträgliche Abänderung von  $r_2$  leicht zu berichtigen. Es bedeutet  $r_2$  den ursprünglich angenommenen und ( $r_2'$ ) den abgeänderten Austrittshalbmesser.

Vorstehende Entwicklungen gelten zunächst eigentlich nur für einzelne Wasserfäden oder für Kanäle von sehr geringem Querschnitt. Man darf sie aber ohne weiteres auch auf solche Turbinenkanäle übertragen, bei denen Ein- und Austritt sämtlicher Wasserfäden je auf einer Zylinderfläche gelegen sind, wo also für alle Wasserfäden die Werte von  $u_1$  und  $u_2$  dieselben sind. Dies trifft für die ursprüngliche Francisturbine zu. Bei den modernen Turbinen mit der achsialen Ablenkung des Wassers liegen zwar die Eintrittspunkte alle gleich weit von der Achse; der Austrittshalbmesser aber ändert sich für die verschiedenen Wasserfäden in sehr weiten Grenzen, und es bedarf daher einer besonderen Untersuchung darüber, wie sich in diesem Falle die Verhältnisse gestalten.

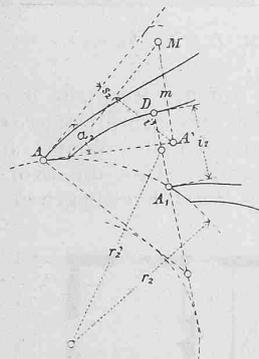


Abb. 4.

Wir denken uns in die Turbinenkanäle eine grössere Anzahl von unendlich dünnen Scheidewänden eingebaut. Diese sollen die Gestalt von konzentrischen Drehflächen haben, die sowohl aus dem Eintrittsquerschnitt und aus dem Querschnitt beim Uebergang ins Saugrohr gleiche Teile herauschneiden, als sich auch dazwischen gleichmässig in den vorhandenen Querschnitt teilen (siehe Abb. 6). Es werden auf diese Weise sämtliche Turbinenkanäle in lauter schmale Kanäle geteilt, von denen man annehmen kann, dass jeder gleichviel Wasser führt, und die eng genug sind, dass man die gegebenen Entwicklungen ohne weiteres darauf anwenden darf. Es gilt also für jeden einzelnen Kanal unter der Voraussetzung stossfreien Ueberganges die Gleichung

$$4) \quad 2 g h_w - c_2^2 = 2 u_1 c_1 \cos \alpha.$$

Will man, was vernünftigerweise verlangt werden muss, die Eintrittsverhältnisse für alle Kanäle gleich gestalten, sodass

$$2 u_1 c_1 \cos \alpha = \text{const.},$$

so muss man die Austrittsverhältnisse so regeln, dass auch die linke Seite der Gleichung 4) konstant wird, also dass

$$2 g h_w - c_2^2 = \text{const.}$$

Da die Grösse  $h_w$  für die einzelnen Kanäle keine wesentlich ver-

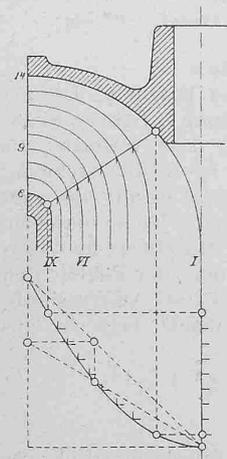


Abb. 6.

schiedenen Werte annehmen kann, so wäre also die Bedingung für den Austritt, dass auch

$$c_2 = \text{const.}$$

Stellen wir daher das Verlangen, dass der absolute Austritt bei jedem Kanal rechtwinkelig zum Umfang gerichtet, und dass die absolute Austrittsgeschwindigkeit möglichst gleich der Geschwindigkeit des wegfließenden Wassers sei,

L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.

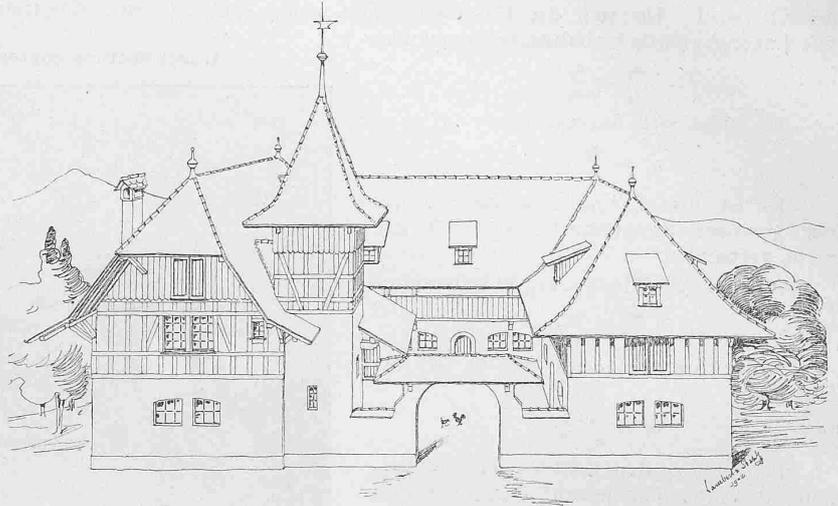


Fig. 45. La ferme du Bocage. — Architecte: M. Edmond Fatio.

so erhalten wir als massgebende Vorschrift, dass für jeden einzelnen Teilkanal die Bedingung

$$11) \quad m = \frac{60}{z n} c_0 = \text{const.}$$

zu erfüllen ist.

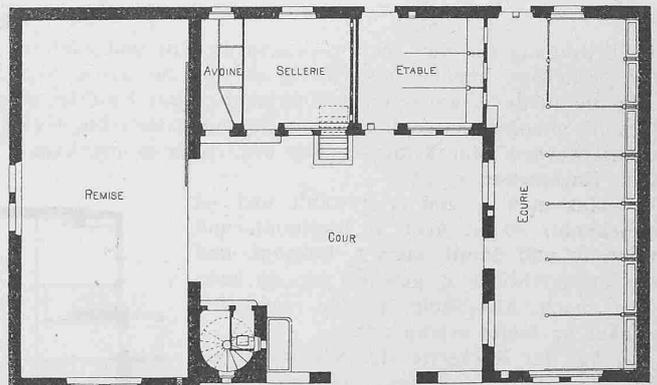


Fig. 46. La ferme du Bocage. — Rez-de-chaussée 1:250.

Wir denken uns nunmehr die eingebauten Wände entfernt und nehmen an, dass sich die einzelnen Wasserfäden nach wie vor in gleicher Weise bewegen, dass also eine gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Wasserfäden nicht stattfindet und die Wasserfäden sich gegenseitig in radialer Richtung gerade so führen, wie es vorher die Scheidewände taten.

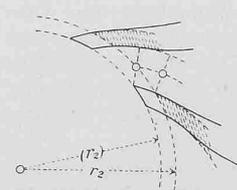


Abb. 5.

Die Richtigkeit dieser Annahme lässt sich nicht beweisen; vielmehr wird man das Vorhandensein eines gegenseitigen Einflusses nicht in Abrede stellen können. Da zwei benachbarte Wasserfäden nicht überall dieselbe Geschwindigkeit haben werden, muss durch die auftretende Reibung der voreilende Faden verzögert und der langsamere beschleunigt werden, und zudem werden noch Arbeitsverluste entstehen. Diese Dinge

sind aber viel zu kompliziert, als dass man sie verfolgen könnte, und zudem dürfen wir an Hand der Erfahrung annehmen, dass die Summe dieser Einflüsse nicht sehr gross ist. Es darf also die vorstehend gegebene Rechnung als eine brauchbare Annäherung an die Wirklichkeit betrachtet werden. Wir rechnen ja überhaupt auf Schritt und Tritt stets nur mit solchen Annäherungen.

(Schluss folgt.)

## Die neue St. Pauls-Kirche in München.

Architekt: Prof. G. von Hauberrisser in München.

(Mit einer Tafel.)

Den Darstellungen der neuen St. Pauls-Kirche in München, die wir in den beiden ersten Nummern dieses Bandes veröffentlicht haben, fügen wir in dieser Nummer noch eine Tafel bei mit der Ansicht der nördlichen Hälfte des Querschiffes und dem Josephs-altar. Dieser ist nach Zeichnungen von Professor v. Hauberrisser in der Kunstanstalt von Elsner ausgeführt worden und mit Figuren von Bildhauer Buscher geschmückt.

## Die Vollendung des Panamakanals.

### III.

*Korrektion des Chagresflusses.* Wir haben weiter oben gesehen, dass sich der Kanal auf etwa 45 km des Chagrestales bemächtigt und den Flusslauf unzählige Male durchschneidet. Würden keine besonderen Massregeln getroffen, so müsste sich der Fluss bei Matachin in den Kanal ergiessen und im Kanalbett dem Meere zuströmen. Bei gewöhnlichem Wasserstande hätte eine derartige Anordnung des Abflusses keinerlei Nachteile, anders aber in Hochwasserzeiten, in welchen die Strömung im Kanal so gross würde, dass sie die Schifffahrt gefährden könnte. Man muss sich daher dazu entschliessen, entweder das Kanalprofil stark zu verbreitern oder dem Fluss auf die ganze Länge des Tales ein neues Bett zu graben. In beiden Fällen wird man überdies dahintendieren müssen, den Abfluss der aussergewöhnlichen Hoch-

wasser, die nur einen bis zwei Tage anhalten, auf einen längeren Zeitraum zu verteilen. Beide Lösungen sind in den später zu erörternden Projekten zur Anwendung vorgeschlagen worden.

Für die französische Gesellschaft, die ursprünglich den Bau eines Niveaumkanals projektiert hatte, konnte nur

### L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 50. Villa Chantre à Champel. — 1 : 250. — Arch.: MM. K. & Fr. Fulpius

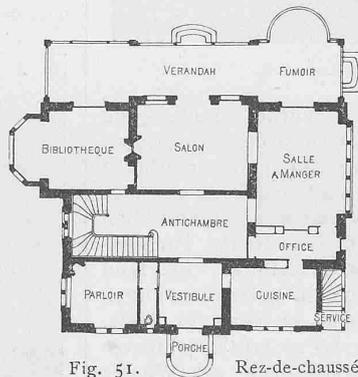


Fig. 51. Rez-de-chaussée.

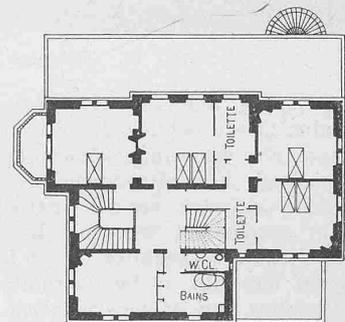


Fig. 52. Premier étage.

Echelle 1 : 400.

die Erstellung eines neuen Flussbettes in Frage kommen. Es ist ja von vornherein klar, dass die Verbreiterung des im Mittel 24 m tiefen Kanaleinschnitts unvergleichlich grössere Anstrengungen erfordert hätte, als die Ausbaggerung einer Abflussrinne in der Höhe der Talsohle. Es wurde daher dem

## Meine ersten Bauherren.

Plauderei von J. Kunkler, Architekt.

### II.

Mein zweiter Bauherr war Erzherzog Johann, der später unter dem Namen Johann Orth die Führung eines eigenen Schiffes übernahm und mit diesem auf dem Meer verschollen ist, ohne dass man von dem Schiff und seiner Besatzung jemals wieder etwas vernommen hätte.

Diesen hochbegabten und geistvollen jungen Mann lernte ich zuerst auf einer Donaufahrt nach Budapest kennen, die ich mit einem Kollegen aus Frankfurt, einem hübschen und fröhlichen Gesellen, unternommen hatte, an einem wunderbaren, sonnigen Frühlingstag. Das Schiff war mit Passagieren überfüllt und fröhliches Leben und Treiben herrschte auf dem Verdeck: Damen in duftiger Frühlingstoilette im Gespräch mit eleganten Herren, reizende Kindergruppen mit ebensolchen Kindermädchen, ungarische Magnaten in glänzenden Stiefeln und Schnürrock, ernste ungarische Frauentypen mit dunkeln, feurigen Augen; wir konnten uns nicht satt sehen an all dem Leben und wussten nicht, was schöner war, die herrlichen Ufer und der mächtige Strom oder die Menschen rings um uns her.

Eine blasse, schöne Blondine, schwarz gekleidet mit einem Schossbündchen auf dem Arm hatte uns schon im Beginn der Fahrt nach den verschiedenen Burgen, Städten und Dörfern gefragt, die wir aus dem Reisebuch benannten, und so hatte sich bald eine Bekanntschaft gesponnen im Laufe des Vormittags (das Schiff hatte um 6 Uhr früh Wien verlassen), die recht vertraulich wurde und uns überaus gut gefiel.

Wir stellten uns vor und erfuhren, dass sie — seit drei Jahren

Witwe — in Budapest allein mit ihrem Hündlein wohne und den Verlust ihres Mannes noch immer nicht zu ertragen gelernt habe, dass sie vom Besuch ihrer verheirateten Schwester in Wien wieder heim reise und glücklich sei, ein paar so liebenswürdige und hochgebildete Jünglinge kennen zu lernen — kurz und gut — es war noch nicht 11 Uhr, als sie uns schon eingeladen hatte, in Budapest bei ihr zu wohnen, was wir freudig dankend annahmen; dann zog sie sich für einige Zeit zurück zum Gabelfrühstück.

Es war indessen heiss geworden und wir fühlten einen innigen Drang zum Frühschoppen. Aber leider waren alle Tische auf dem Verdeck dicht besetzt, mit Ausnahme eines einzigen, an welchem zwei Offiziere sassen, ein älterer und ein junger. Dahin gingen wir und liessen uns grüssend nieder. Mein Freund, in seiner offenen, geselligen Art, hatte mit den beiden Herren bald ein Gespräch eingefädelt, und so plauderten wir nach einiger Zeit ganz gemütlich miteinander, nur der junge Offizier war etwas still und wortkarg. Wir erzählten von Wien und dem Eindruck, den diese herrliche Stadt und ihre Bewohner auf uns gemacht, von dem Leben, das wir im Beruf und daneben führten, und bald hatte der ältere Offizier herausgebracht, woher und wer wir Beide waren, wie wir hiessen und was wir trieben. Das Gespräch wurde lebhaft und nach Verfluss einer Stunde hatten wir das Gefühl, zwei liebenswürdige, hochgebildete Männer kennen gelernt zu haben, die das Leben und dessen Gefahren in Wien wohl kannten und gewiss auch überzeugt waren, in uns ein paar junge aufrichtige und unverdorrene Menschen zu sehen, die noch recht unerfahren in die weite Welt hineintappten.

Da trat die hohe, schwarze Gestalt, unsere neue Freundin, an den Tisch und begrüßte uns in ganz vertraulicher Weise mit launigen Worten. Wir kamen etwas in Verlegenheit und ein unbestimmtes Etwas hinderte