Vergleich der mannigfachen Charakteristiken verschiedener Typen moderner Schnelläuferturbinen

Autor(en): **Zuppinger, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **85/86 (1925)**

Heft 6

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-40067

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Interesse bietet namentlich die Untersuchung, welche Zuschlagstärken sich nach Maillart für noch tiefer liegende Tunnel ergeben würden. Bei einer Ueberlagerungshöhe von 2500 m geben seine Formeln bei sonst gleichen Annahmen:

für $a = 3$ t/cm²: $x = 0{,}035$ t/cm²
$d = 175$ cm
für $a = 6$ t/cm²: $x = 0{,}018$ t/cm²
$d = 90$ cm

Bei einer Ueberlagerung von 3000 m:

für $a = 3$ t/cm²: $x = 0{,}07$ t/cm²
$d = 350$ cm
für $a = 6$ t/cm²: $x = 0{,}035$ t/cm²
$d = 175$ cm

Es ergibt sich daraus, dass bei Ueberlagerungen von 2500 m und mehr, die wirtschaftliche Ausführbarkeit von Durchstichen recht fraglich wird. Jedenfalls müsste vor Inangriffnahme solcher Werke durch Versuche festgestellt werden, ob die Formeln 1 und 2 auch für beliebige andere Gesteine Geltung haben und wie gross der Koeffizient a dabei wird.

Die Maillart'schen Ueberlegungen stimmen mit der Gebirgsdrucklehre Heims überein. Sie rücken sie nur statisch ins richtige Licht. Sie ergeben auch keinen Widerspruch mit der bisherigen Erfahrung und geben endlich eine grundsätzlich befriedigende Lösung der lange umstrittenen Frage des Gebirgsdruckes bei Tunnelbauten in grossen Tiefen, wenn auch vielleicht ausgedehntere Versuche dereinst eine etwas veränderte Formel für den Zusammenhang von Vertikal- und Seitendruck ergeben sollten. Die Erfahrung wird auch lehren, ob die Versuchsergebnisse für den grössern Masstab des praktischen Tunnelbaues unveränderte Geltung haben. C. Andreae.

Vergleich der mannigfachen Charakteristiken verschiedener Typen moderner Schnelläuferturbinen.

Von Ing. W. ZUPPINGER, Zürich.

(Schluss von Seite 59.)

V. Leiträder und Wasserzuführung.

Aehnlich wie bei den Laufrädern sind auch für die *Leiträder* Schaufelform und Schaufelzahl von grossem Einfluss, einerseits bezüglich Wasserführung und Reibungsverlust, anderseits bezüglich Raumbedarf (Abb. 24 u. 25).

Abbildung 25 links zeigt eine vielfach übliche Form von *Leitradschaufeln mit durchgehendem Drehbolzen* für Francisturbinen in offenem Einbau. Wenn die Konizität solcher Schaufeln gleich ist dem Zentriwinkel γ der Schaufelteilung, so verläuft der *Wasserstrahl* im Leitrad auf der Strecke λ bei jeder Schaufelstellung zwischen parallelen Wänden. Je geringer aber die Schaufelzahl z_0, um so kürzer wird die parallele Strecke λ und um so schlechter die Wasserführung. Diese Schaufelkonstruktion erfordert daher eine grosse Schaufelzahl und ausserdem verengt sie den Durchfluss-Querschnitt bedeutend, sodass die Wasser-Geschwindigkeit und der Reibungsverlust erhöht werden. Für Schnelläuferturbinen, durch die bis drei mal mehr Wasser fliesst als durch Francisturbinen gleicher Grösse, ist daher diese Konstruktion nicht statthaft, auch nicht wenn die Leitradbreite b_0 vergrössert wird.

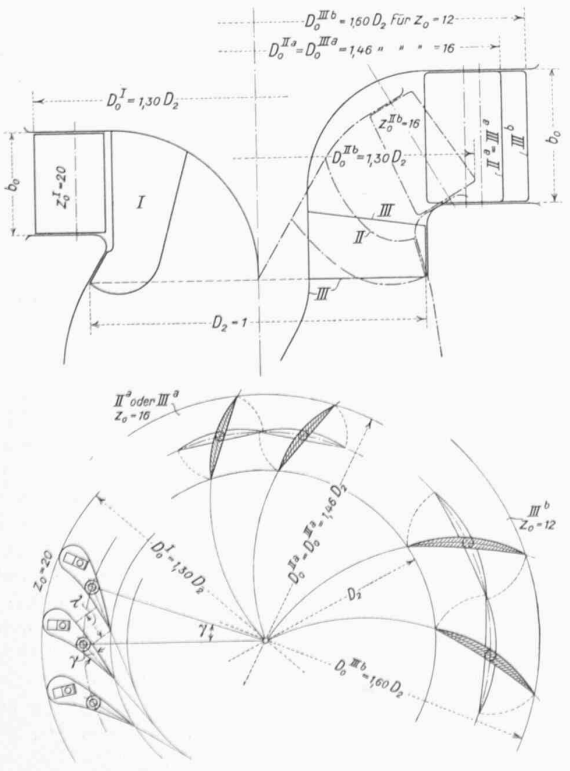


Abb. 24 und 25. Verschiedene Leitradtypen zu den Laufradtypen I, II und III.

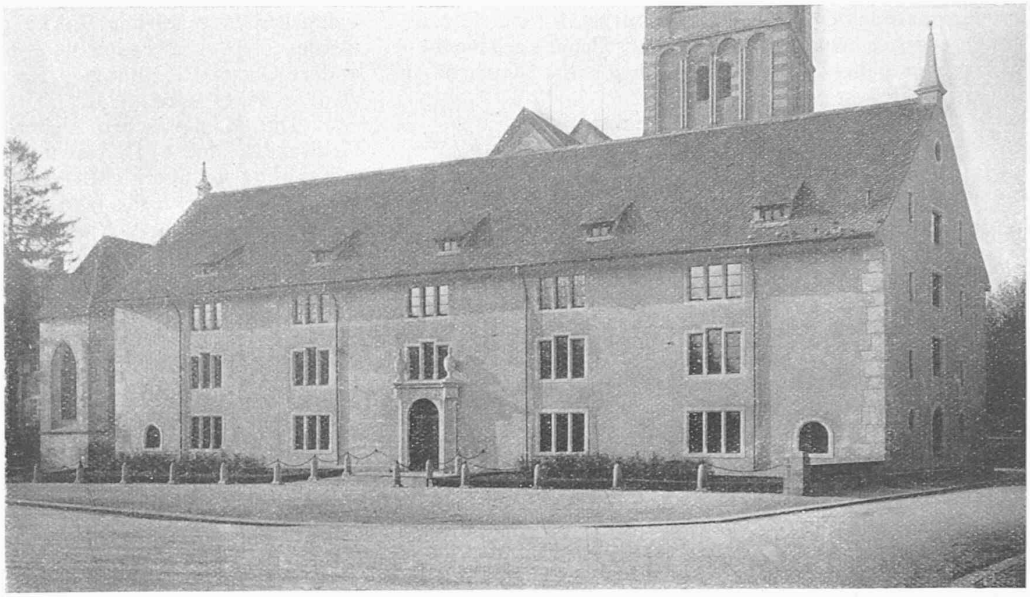
Abbildung 25 rechts dagegen zeigt *Leitradschaufeln mit angegossenen Drehzapfen,* wie sie in ähnlicher Form für Turbinen in Spiralgehäusen mit Aussenregulierung gebräuchlich sind, und möglichst grossen Durchflussquerschnitt nebst perfekter Wasserführung erreichen lassen. In der gleichen Abbildung ist auch dargestellt, wie der äussere Durchmesser D_0 des Leitrades mit abnehmender Schaufelzahl wächst. Gewiss wird durch Vergrössern des Durchmessers D_0 infolge des grössern Durchflussquerschnittes der Reibungsverlust vermindert und der Wirkungsgrad erhöht; das hat aber seine Grenzen, wenn der Raumbedarf $D_0 \cdot h_0$ der Turbine eine wirtschaftliche Grenze nicht übersteigen soll.

Bei vertikalachsigen Turbinen mit *Spiralgehäuse* wird der Durchmesser D_0 noch vermehrt durch die Stützschaufeln zur Unterstützung des Maschinenbodens über dem Spiralgehäuse, sodass dieses in der Regel ganz beträchtliche Abmessungen erhält, was eine relativ grosse *Axendistanz* E der einzelnen Maschinengruppen zur Folge hat. Auch in dieser Hinsicht sind jedoch in jüngster Zeit bedeutende Fortschritte gemacht worden, z. B. in der gegenwärtig im Bau befindlichen Grossturbinenanlage Chancy-Pougny [1]) mit fünf Turbinen von $D_2 = 5{,}100$ m. Die Axendistanz wurde dort auf $E = 2{,}85\ D_2$ reduziert, während andere erst vor wenigen Jahren erstellte ähnliche Kraftwerke $E = 3{,}75\ D_2$ aufweisen. Dieser Fortschritt entspricht einer *Ersparnis von 24% in der Länge des Maschinenhauses,* gleichzeitig allerdings einem kleinern Durchmesser des Generators mit entsprechender Verbreiterung desselben. Die Verkürzung von E wurde dadurch ermöglicht, dass das Verhältnis der Höhe h_5 am Eintritt des Spiralgehäuses zur Eintrittsbreite b_0 des Leitrades auf $h_5 : b_0 = 5$ erhöht wurde, was früher nicht für möglich gehalten worden wäre, jedoch in jüngster Zeit auch anderwärts durchgeführt worden ist.

Einen andern Weg hat der Verfasser in dieser Zeitschrift vorgeschlagen, nicht nur um die Axendistanz E zu verkürzen, sondern auch um die sehr kostspieligen Spiralgehäuse in armiertem Beton durch *offene Wasserkammern,* aber von zweckentsprechender Form, in Verbindung mit Konusturbinen (d. h. mit konischem Leitapparat) zu ersetzen. Er darf mit besonderer Genugtuung feststellen, dass jene Anregung bei einer schweizerischen Firma auf fruchtbaren Boden gefallen und weiter entwickelt worden ist. Ueber Ausführungen dieser Konstruktion sei auf den Aufsatz in der „S. B. Z." vom 25. August 1923 verwiesen; nachdem diese neue Bauart die Feuerprobe in Chèvres wirklich gut bestanden hat, mögen einige ergänzende Mitteilungen interessieren.

[1]) „Bulletin Technique de la Suisse Romande" vom 15. Juli 1924.

Zunächst sei erwähnt, dass seither die Konstruktion von Konusturbinen bedeutend vervollkommnet worden ist, sodass sie den üblichen Bauarten mit zylindrischem Leitapparat in keiner Weise mehr nachsteht. Hauptlager und Reguliermechanismus liegen ausser Wasser, sind also auch während des Betriebes bequem zugänglich, während die Leitschaufeln bei allfälligem Bruch infolge eingeklemmter Fremdkörper, jede einzeln, in relativ kurzer Zeit auswechselbar sind. Dies wird zwar selten vorkommen, weil bei diesen Turbinen die Leitradzellen weit sind und in der Regel nicht unter die Hälfte der Oeffnung geschlossen werden. Allerdings ist eine derartige Konstruktion mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden und erfordert Spezial-Einrichtungen, sodass solche Turbinen an und für sich nicht billiger zu stehen kommen, als solche mit zylindrischem Leitapparat.



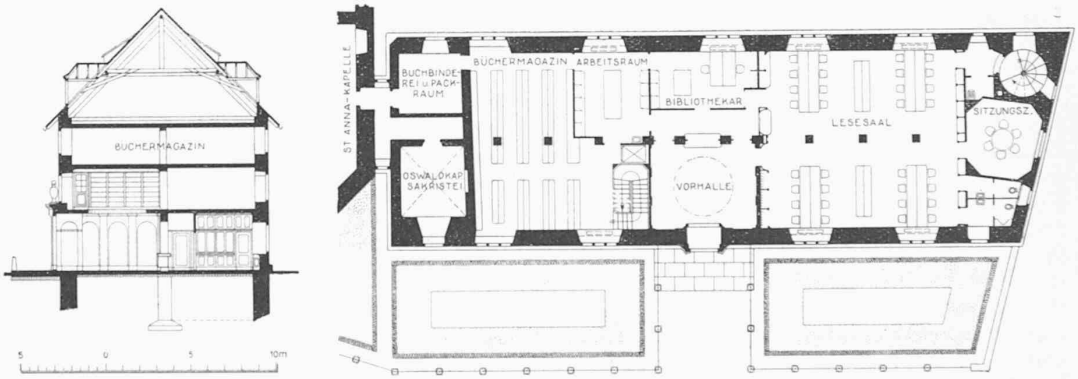


Abb. 23 Ostfront, Abb. 24 Schnitt und Abb. 25 Erdgeschoss-Grundriss 1 : 400 der Stadtbibliothek Schaffhausen. Architekten Schäfer & Risch, Zürich-Chur; örtliche Bauleitung Arch. Otto Vogler, Schaffhausen.

Wohl aber sind dadurch andere Vorteile und Ersparnisse im baulichen Teil der Anlage möglich, namentlich wegen des Einbaus in offenen Wasserkammern an Stelle der geschlossenen Spiralgehäuse. Auch in offenen Wasserkammern und konischem Leitapparat kann bei zweckmässiger Anordnung die Wasserzuführung ohne Wirbelbildung oder Gegenströmung erfolgen, und zwar mit viel kleinerer Geschwindigkeit als in Spiralgehäusen. Der diagonale Wasserdurchfluss im Leitrad erlaubt ferner eine viel sanftere Ablenkung des Wasserstrahles zwischen Leit- und Laufrad, was von Vorteil ist. Sodann bleibt infolge der Konizität des Leitrades erheblich mehr Platz um die Turbine herum zur Verfügung für freien ungezwungenen Wasserzutritt, sowie für bequeme Montage, Demontage und Inspektionen.

Die Anwendung derartiger Konusturbinen empfiehlt sich besonders auch in bestehenden Turbinenanlagen mit relativ engen Wasserkammern, wo eine oder mehrere Einheiten durch leistungsfähigere moderne Typen ersetzt werden sollen. Als Beispiele dieser Art sind zur Zeit im Bau von der gleichen Konstruktionsfirma: Neun Ersatzturbinen von je 1000 PS bei $H_m = 4{,}10$ m mit 94 Uml/min für das Elektrizitätswerk Ruppoldingen bei Aarburg, ferner eine Zusatzturbine von 1600 PS bei $H_m = 5{,}30$ mit 125 Uml/min für das Elektrizitätswerk Aue bei Baden.

VI. Saugrohre.

Auch die Bauart der Saugrohre ist, wie bekannt, von grossem Einfluss auf den Wirkungsgrad von Schnelläufer-Turbinen, was dazu führte, dass eine Unmenge neuer Formen erfunden und zum Teil patentiert wurden. Die Abbildungen 26 bis 29 zeigen die vier am meist bekannten Typen für vertikalaxige Turbinen. Für Francisturbinen von relativ kleiner Schluckfähigkeit ist auch heute noch der Typ I, d. h. das gewöhnliche, gerade, konische Saugrohr empfehlenswert, wenn es genügend lang und nicht zu stark ausgeweitet ist.

Sobald wir es aber mit Schnelläuferturbinen mit grösserer Schluckfähigkeit zu tun haben, genügt dieser Typ I nicht mehr, sondern es empfiehlt sich der Typ II von Prof. Dr. F. Prášil, sofern die verfügbare Höhe und Breite es erlauben, bezw. wenn dadurch die Axendistanz der Maschinen-Einheiten nicht zu gross wird. Wie erinnerlich stammt dieser Vorschlag schon aus dem Jahre 1903[1]); wenn er erst seit kurzer Zeit in der Praxis Anwendung gefunden hat, so ist der Grund wohl darin zu suchen, dass dessen Vorteile erst bei den neueren Turbinensystemen in Erscheinung treten. Dieses Saugrohr muss zur Erreichung wirbelfreier Strömung

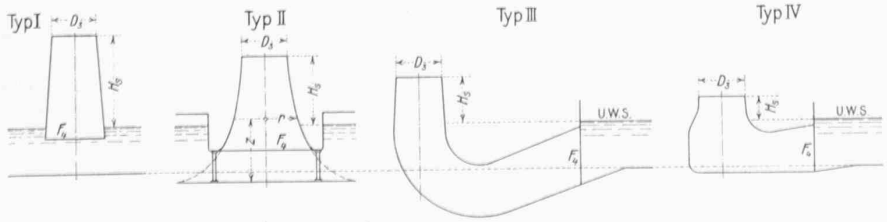


Abb. 26 bis 29. Vergleich einiger Saugrohrtypen für den gleichen Eintrittsdurchmesser D_3.

[1]) *F. Prášil:* „Ueber Flüssigkeitsbewegungen in Rotationshohlräumen", Band 41, Seite 207 (Mai/Juni 1903).

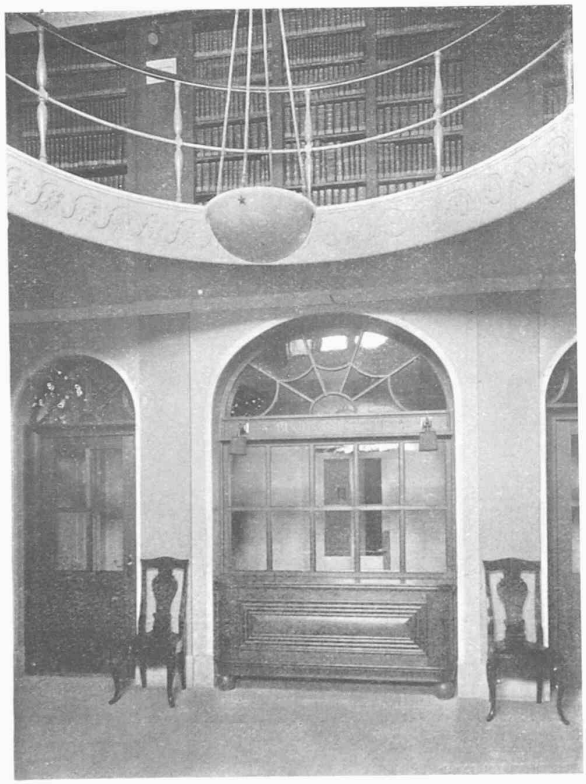


STADTBIBLIOTHEK SCHAFFHAUSEN — ARCH. SCHÄFER & RISCH, ZÜRICH

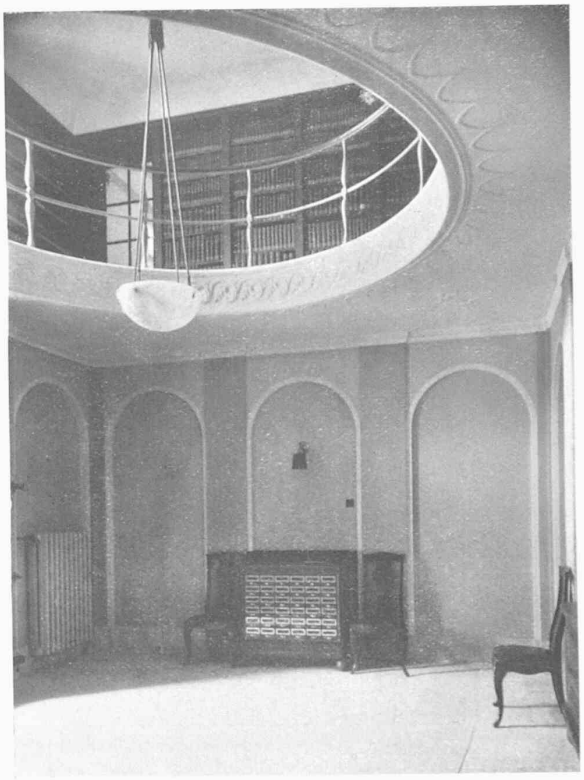


OBEN GESAMTANSICHT AUS SÜDOSTEN

UNTEN HAUPTEINGANG — BILDHAUER OTTO KAPPELER, ZÜRICH



OBEN VORHALLE



UNTEN LESESAAL



STADTBIBLIOTHEK SCHAFFHAUSEN — ARCH. SCHÄFER & RISCH

ÖRTLICHE BAULEITUNG ARCH. OTTO VOGLER, SCHAFFHAUSEN

nach dem Gesetz $r^2 \cdot z = \text{konst.}$ geformt sein (s. Abbildung 27). Laut „S. B. Z." vom 10. Mai 1924 (Band 83, Seite 224) ist dieser Typ von der Firma Escher Wyss & Cie. auch für eine grosse Turbinenanlage in Japan angewandt worden, wobei das Saugrohr über 3 m in den Unterwasserspiegel eintaucht, um einen möglichst hohen Rückgewinn von Energie zu erzielen.

Typ III zeigt einen Saugrohrkrümmer, wie er heute in Europa für Schnelläuferturbinen mit kleiner Saughöhe H_S meist angewandt wird. Die frühere Anschauung, wonach $H_S \cong 0{,}5\ H$ die beste Wirkung einer Turbine ergeben soll, hat sich infolge neuerer Erfahrungen überlebt, indem H_S ohne Beeinträchtigung des Wirkungsgrades ebensogut auch null oder sogar noch kleiner sein kann. Die Saugwirkung verschwindet dann vollkommen, sodass die Beziehung „Saugrohr" richtiger durch „Diffusor" ersetzt werden sollte. Nun weiss man, dass diese umso wirksamer sind, je grösser die relative Länge $L : F$, in unserm Fall $L : F_3$ oder $L : D_3$ ist; dies ist aber ein grosser Nachteil dieses Typs III, weil dessen Ausführung sehr hoch zu stehen kommt, ja unter Umständen den Preis der Turbine erreichen soll.

Diesen Uebelstand, der natürlich um so mehr ins Gewicht fällt, je grösser die Turbine bezw. D_3 ist, haben die Amerikaner längst erkannt; sie haben auf Grund zahlreicher Versuche (ebenso wie Prof. Kaplan) seit Jahren Krümmer ähnlich Typ IV (Abbildung 29) *mit flacher Sohle und scharfer Abbiegung des Wasserstrahls* eingeführt. Dadurch wird der Wasserstrahl gezwungen, sich auch bei grosser Ausweitung des vertikalen Saugrohrs an die Wandungen anzuschmiegen, und eine *wirksame Umsetzung von Geschwindigkeit in Druck auf kürzestem Wege* erreicht. Infolgedessen kann der anschliessende horizontale, sich sanft erweiternde Diffusor bei Typ IV, für die gleiche Wassermenge, viel kürzer sein als bei Typ III. Durch diese Bauart des Krümmers kann auch die Schluckfähigkeit der Turbine bedeutend erhöht werden; die Amerikaner gehen mit dem Austrittsverlust $c_3^2 : 2g$ bis zu $0{,}50\ H$ und erreichen dennoch Wirkungsgrade bis 90%. Dadurch kann natürlich der Durchmesser D_2 der Turbine ganz wesentlich verkleinert werden; es frägt sich nur, wieviel dann bei halber Wassermenge der Wirkungsgrad abnimmt, was mir nicht bekannt ist.

Die Erweiterung des Krümmers IV beim Uebergang von der vertikalen Richtung in die horizontale hat den Zweck, die meist kreisende Strömung des Wassers soweit möglich aufzuheben und in parallele Bahn zu lenken, was beim Typ III nur allmählich durch grosse Länge des Saugrohrs erreichbar ist. Ausserdem ist für einen Rohrkrümmer nach Typ IV *fast gar keine Vertiefung der Kanalsohle* erforderlich, während sie beim Typ III unter Umständen beträchtlich sein kann und die Herstellung erschwert und verteuert. In jedem Fall muss die günstige Form solcher Krümmer an Modellen im Versuchstand ausprobiert werden.

Zum Schluss spreche ich der Redaktion der „Schweizerischen Bauzeitung" meinen besten Dank aus für die schöne Ausstattung und Ausführung der Abbildungen.

Zürich, Oktober 1924.

Der Umbau des Klosters Allerheiligen in Schaffhausen

Projektverfasser: Arch. SCHÄFER & RISCH, Chur und Zürich.

(Schluss von Seite 66, mit Tafeln 1 und 2.)

Dies sind nur einige Marken am Wege mühsamer anonymer Detailarbeit. Vieles ist hier noch im Werden. Vollkommen abgeschlossen jedoch konnten die Bauarbeiten an der neuen Bibliothek werden, die aus dem alten „Kabishaus" (später Zeughaus) entstanden ist. Denn einmal handelt es sich hier um einen Bauteil, der nur in losem räumlichem Zusammenhang mit dem eigentlichen Klosterkomplex steht, und dann ist auch die neue Bestimmung von den Museumsabsichten unabhängig. Schon ein praktischer Grund empfahl diesen Bau zu einer Bibliothek. Die Geschosshöhe nämlich war hier ungewöhnlich gering und dies gestattete, ohne der Raumverschwendung zu verfallen, die Bücher-Regale so nieder zu halten, dass auch die oberen Fächer noch ohne Leiter zu bedienen sind. Was hier ohne grossen Aufwand erreicht wurde, ist des Rühmens wert. Der Schmuck des Aeussern beschränkte sich auf eine Tönung der einfachen, glatten Mauern mit einem warmem Rosa, das weich zu dem Grau der Fenstergewände steht, und der skulpturalen Ausbildung der Haupttüre, deren acht Kassetten Bildhauer Kappeler (Zürich) mit vorzüglich reliefmässig empfundenen Darstellungen der Evangelisten und Allegorien der Geschichte, der Schiffahrt, der Fischerei und des Weinbaues gefüllt hat. Der Hauptakzent ist auch hier, wie beim künftigen Klostereingang, *vor* die Front verlegt. Denn in der jetzt noch freien Trottoirecke ist ein Steinbrunnen mit ruhiger Silhouette, aber reichern Binnenformen vorgesehen. Betritt man nun diesen Bau, so ist man sogleich mitten in der Welt der Bücher. Hier hatte der Architekt den glücklichen Einfall, die Decke der Eingangs-Halle mit einer kreisrunden, von einer Balustrade umschlossenen Oeffnung zu durchstossen. So sehen, wohl geordnet, mit Rücken aus gutem Leder und leuchtenden Goldtiteln, die Reihen alter, gepflegter Ausgaben verlockend herab. Darüber aber wird eine Decke sichtbar, von der besonnen organisierenden Hand Kappelers mit ziervollen Vögeln aus Stuck heiter geschmückt. In dieser Halle fanden auch die Zettelschränke Unterkunft, in nächster Nachbarschaft des Lesesaales, der sich rechter Hand anschliesst. Er ist mit dunkel gebeiztem Eichentäfer ernst verkleidet, der Boden wurde mit schalldämpfendem Korklinoleum belegt, die Decke aber wieder mit Stuck nur eben soviel geschmückt als nötig war, die eintönige Fläche anmutig zu beleben. So fand ein wertvoller Besitz ein würdiges Haus. Denn hier ist der stille Glanz seltener Incunabeln geborgen, leuchtend illustrierte Folianten und einzigartige Stücke wie die älteste Handschrift im Bereich der Schweiz und eine böhmische Bibel, die von der Tradition als das Handexemplar des Märtyrers Huss bezeichnet wird.

Die Art, wie bei diesem Bau aus dem vorhandenen Bestand das Beste herausgeholt, wie nicht am unrechten Ort grosse Worte gemacht, sondern der Atem für die gewichtigen Bauaufgaben der gesamten Anlage gespart wurde, und wie bei allem etwas Würdiges und Gemässes zustandekam, das stellt die beste Prognose für die Vollendung des Ganzen, wie überhaupt alles, was bis jetzt geschah, die Qualifizierung der Projektverfasser, der Arch. Schäfer & Risch, Chur-Zürich, und der örtlichen Bauleitung von Arch. Otto Vogler in Schaffhausen genugsam auswies. Es soll aber auch der Dank dafür nicht vergessen werden, dass die Herren Prof. J. Zemp und H. Bernoulli das Werk mit ihren beratenden Worten unterstützten.

Genau vier Jahrhunderte sind es nun, seitdem das Kloster Allerheiligen von Abt Michael Eggenstorfer der Stadt Schaffhausen übergeben wurde. Man kann sich kaum eine schönere Zentenarfeier denken als es die geistige Inbesitznahme ist, die Schaffhausen gegenwärtig mit der Neubeseelung des alten Allerheiligenbauwerkes vornimmt.

Erwin Poeschel.

Die Einführung des Autobetriebs im Vorortverkehr der städtischen Strassenbahnen in Bern.

Der Omnibus als grosstädtisches Verkehrsmittel wurde 1819 in Paris, 1829 in London, 1846 in Berlin usw. eingeführt. Seine anfängliche Monopolstellung wurde zunächst von der Pferdebahn, hierauf von der motorisch betätigten, insbesondere elektrischen Strassenbahn verdrängt; er hielt sich indessen im Innern der City der Grosstädte, wo seine Freizügigkeit und Unabhängigkeit von jeder Art von Geleise ihm Vorteile sicherte, die eine Schienenbahn nicht aufweisen konnte. Einen neuen Aufschwung zeigte der Omnibus, als die Verbesserung des Explosionsmotors dessen Anwendung auf den Strassenomnibus, der damit zum Motoromnibus (Kraftomnibus) erhoben wurde, ermöglichte. Der