

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 33/34 (1899)
Heft: 15

Artikel: Theorie der Dampf-Turbinen
Autor: Fliegner, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-21326>

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: 16.01.2026

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

Kontaktleitung (750 Volt) auf 5300 Volt erhöhen. Ungefähr auf Kilometer 7 in unmittelbarer Nähe der Station Dallenwyl liegt eine zweite, aus den gleichen Einheiten zusammengesetzte Transformatorstation (Fig. 17, S. 131), welche den hochgespannten Strom wieder auf Kontaktleitungsspannung von 750 Volt reduziert. (Schluss folgt.)

Theorie der Dampf-Turbinen.

Von Professor A. Flegner.

III. Dampf-Reaktions-Turbinen.

§ 6. Zuleitung des Dampfes.

Beim freien Ausströmen unter grösserem Ueberdrucke stellt sich in der Mündungsebene der Leitvorrichtung und am Spalte, ziemlich unabhängig vom äusseren Drucke, ein Druck p_1 ein, der angenähert gleich der Hälfte des Kesseldruckes p wird, so dass sich dabei immer die gleiche Austrittsgeschwindigkeit c ergibt. Zu vergrössern geht diese nicht, dagegen kann sie leicht verkleinert werden, indem bei gleichem Kesseldrucke p_1 grösser genommen wird, und das hätte den Vorteil, dass gleichzeitig die Umfangsgeschwindigkeit und die Umdrehungszahl des Rades mit sinken würden.

Für $p_1 > 0,5 p$ lässt sich das Gewicht des sekundlich ausströmenden Dampfes mit einer für den vorliegenden Zweck genügenden Genauigkeit nach der anderen Napier'schen Formel berechnen, in der nur der Zahlenkoeffizient entsprechend Glchg. (12) zu 4 angenommen werden muss. Das giebt:

$$G = 4 F \sqrt{\frac{p_1 (p - p_1)}{(p v)}}. \quad (24)$$

Dieses Gewicht ist auch $G = F c / v_1$, und wenn man wieder eine Zustandsänderung nach Glchg. (6) annimmt, so wird die Austrittsgeschwindigkeit c aus den Leitkanälen:

$$c = 4 \sqrt{(p v) \left(\frac{p}{p_1} - 1 \right)}. \quad (25)$$

Durch Vergrösserung von p_1 geht hiernach c grundsätzlich auf jeden beliebig kleinen Betrag hinunterzudrücken. Der passende Wert von p_1 kann dabei durch richtige Wahl

der Schaufelwinkel und der Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades stets leicht hergestellt werden. Wie weit man aber mit diesen Grössen wirklich gehen darf, hängt noch von anderen Umständen ab, die erst später besprochen werden können.

§ 7. Bewegung des Dampfes durch d. Laufrad.

Für die Relativbewegung des Dampfes durch das Laufrad und für die Dampfarbeitsleistung gelten die allgemeinen Gleichungen (9) und (11) unverändert. Ein Korrekturfaktor ζ bei dem Gliede $(p v) \ln p_1 / p_2$ darf hier

nicht eingeführt werden, weil der Dampfstrahl den Kanalquerschnitt ganz ausfüllt, der Einfluss von toten Dampfmen-

Elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.

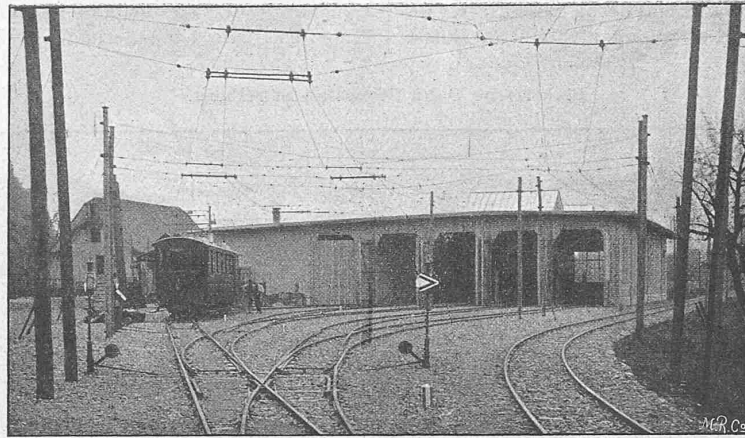


Fig. 9. Schuppen für Automobilwagen in Stansstad.

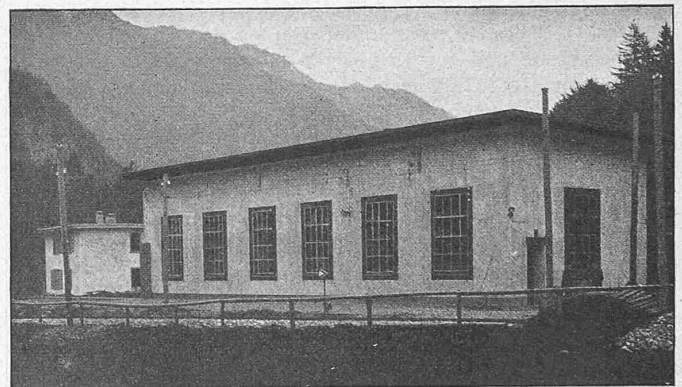


Fig. 10. Ansicht der Centrale in Obermatt.

neben dem Strahle aber als in dem Gesetze der Zustandsänderung $p v = \text{const.}$ schon berücksichtigt anzusehen ist.

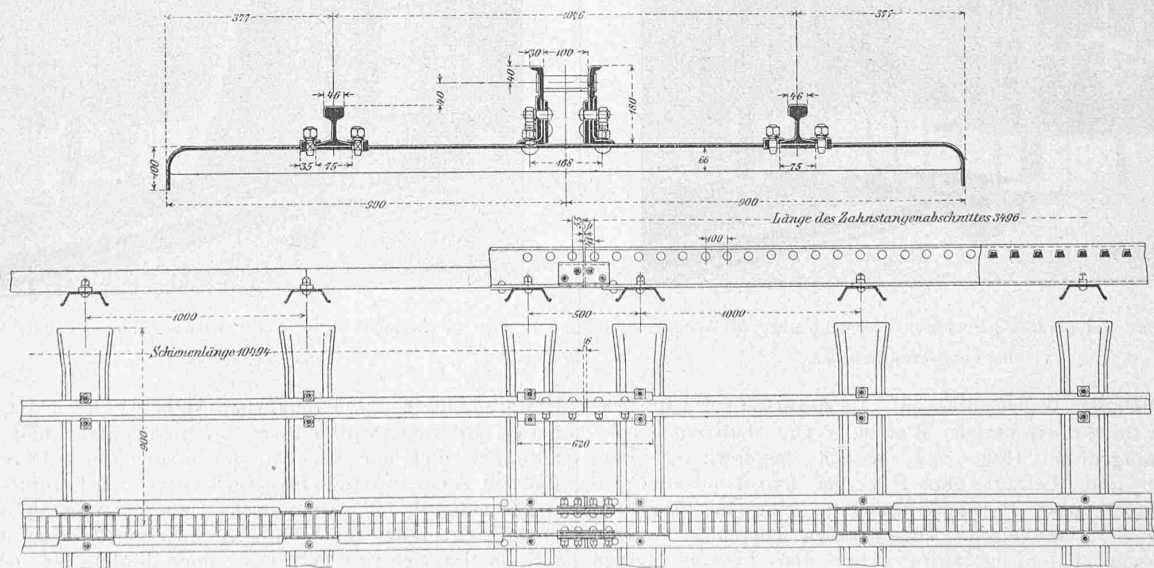


Fig. 8. Anordnung des Zahnstangen-Oberbaues.

Masstab für den Grundriss 1 : 30.

Masstab für die Schnitte 1 : 15.

Fig. 11—15. Die elektrische Bahn Stansstad-Engelberg. — Turbinenhaus in Obermatt.

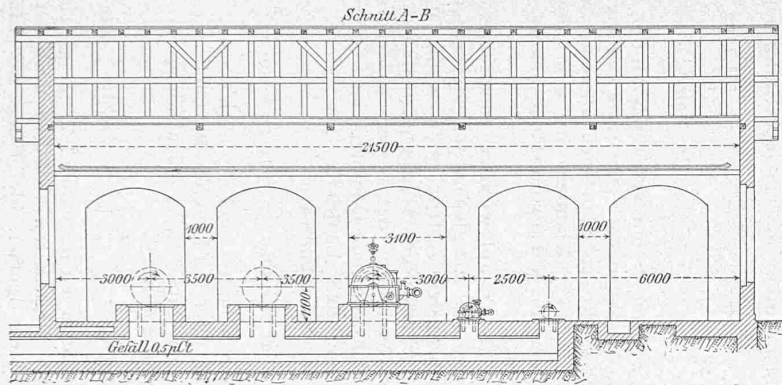


Fig. 11. Längsschnitt.
1:200.

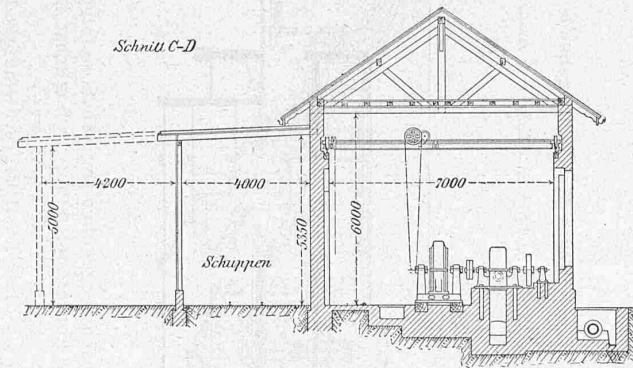


Fig. 13. Querschnitt.
1:200.

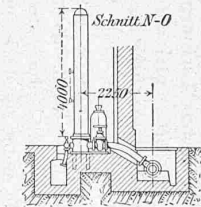


Fig. 14. Windkessel u. Füllflasche.
1:200.

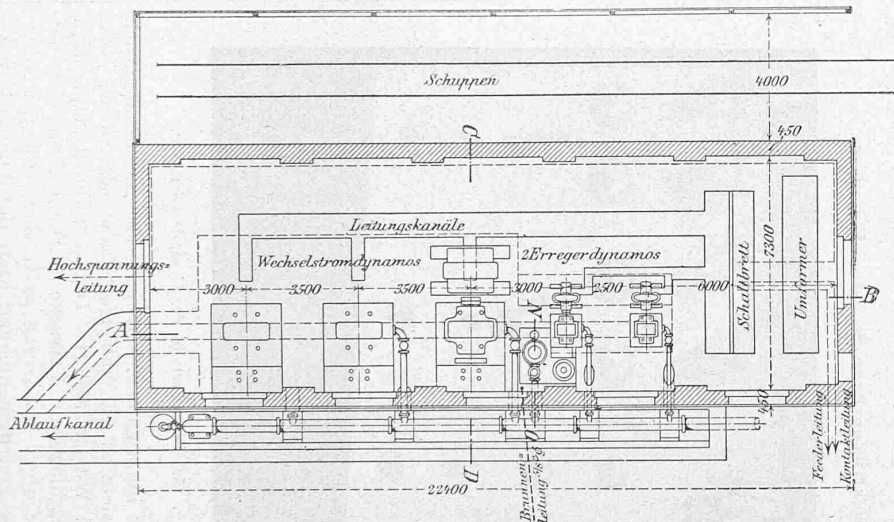


Fig. 12. Grundriss. 1:200.

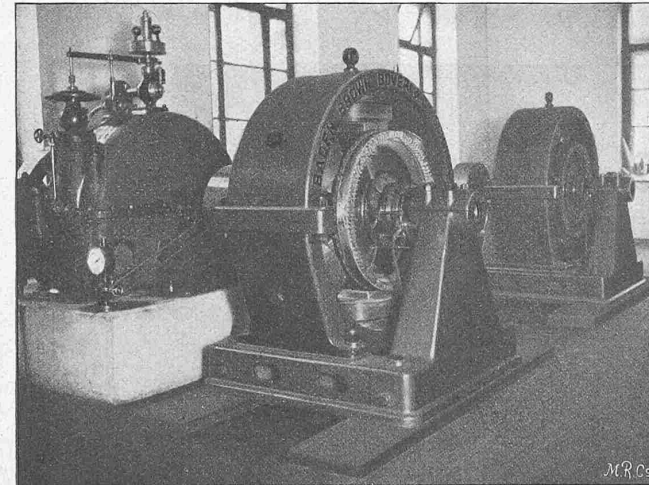


Fig. 15. Hochdruckturbine mit Drehstromgenerator gekuppelt.

Elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.

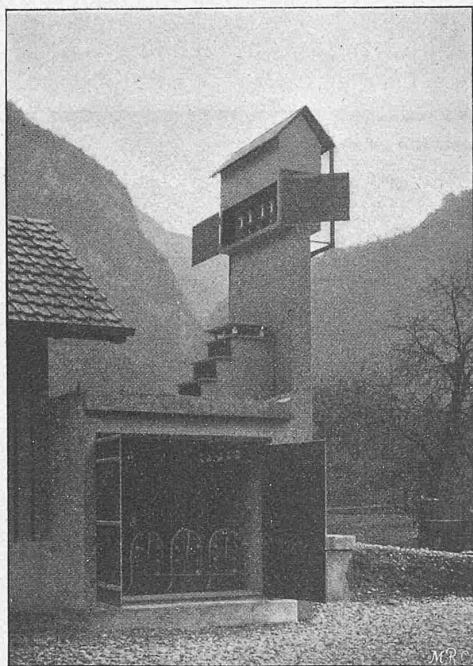


Fig. 17. Transformatoren-Station bei Dallenwyl.

Damit der Dampf möglichst gut ausgenutzt wird, wird man hier auch zunächst *günstigsten Eintritt* in das Laufrad verlangen müssen. Die Verhältnisse liegen wesentlich gleich wie bei Wasser, und wenn man auch ähnliche Winkel annimmt, so muss die relative Eintrittsgeschwindigkeit w_1 in die Richtung der Schaufeltangente an der Eintrittsseite fallen. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen,

Elektrische Bahn Stansstad-Engelberg.

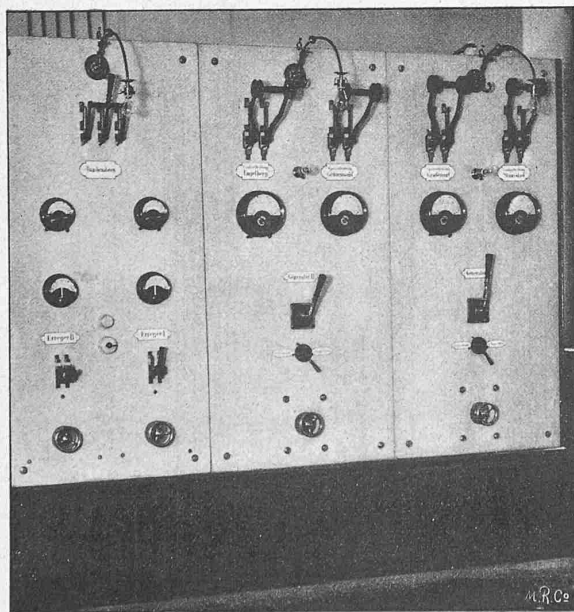


Fig. 16. Schaltbrett in der Centrale Obermatt.

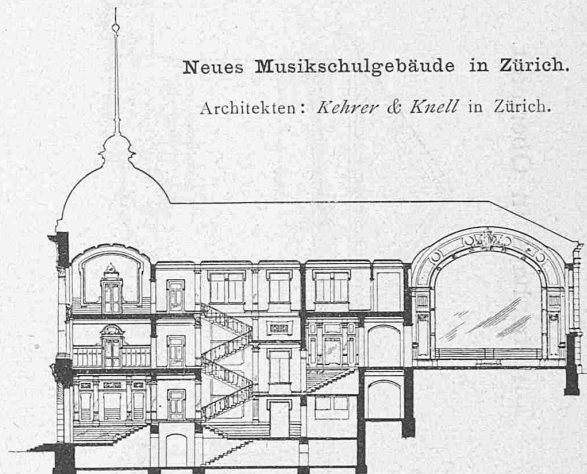
dass die hier im allgemeinen nötige Kranzerweiterung nach der Austrittsseite zu die günstigste Richtung von w_1 ähnlich wie bei Wasser ändert. Da aber für Dampf noch keinerlei einschlagende Versuche vorliegen, so soll der Rechnung die obige Forderung zu Grunde gelegt werden. Das giebt als Eintrittsbedingung nach der Figur (S. 102):

$$\frac{c}{u_1} = \frac{\sin \alpha_1}{\sin (\alpha + \alpha_1)} \quad (26)$$

Bei Reaktions-Turbinen geht auch die Bedingung *günstigsten Austrittes* gleichzeitig zu erfüllen, wonach die absolute Austrittsgeschwindigkeit c_2 aus Glchg. (10) möglichst klein werden sollte. Wie bei Wasser wird das der Fall sein, wenn zunächst der Winkel α_2 möglichst klein gemacht wird, so klein, als es die Ausführung gut gestattet, aber wahrscheinlich auch nicht zu klein, damit die Kanalwiderstände nicht zu stark zunehmen. Voraussichtlich giebt es auch für Dampf einen günstigsten Wert, der dann durch besondere Versuche bestimmt werden müsste. Wird dieser

Neues Musikschulgebäude in Zürich.

Architekten: Kehrler & Knell in Zürich.



Schnitt 1 : 500.

Winkel danach als gegeben angesehen, so folgt aus Glchg. (10) als weitere Forderung, damit c_2 möglichst klein wird, dass $w_2 \cos \alpha_2 = u_2$ (27) werden, die absolute Austrittsgeschwindigkeit also senkrecht zum Umfange gerichtet sein muss.

Setzt man die Bedingungen (26) und (27) in die Glchg. (9) für w_2^2 ein und beachtet, dass $u_2 = (r_2/r_1) u_1$ ist, so erhält man durch eine einfache Umformung:

$$\left[2 \frac{\sin \alpha_1 \cos \alpha}{\sin (\alpha + \alpha_1)} - \frac{\sin^2 \alpha_1}{\sin^2 (\alpha + \alpha_1)} + \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 \tan^2 \alpha_2 \right] \frac{u_1^2}{2g} = \frac{1}{\mu} \frac{u_1^2}{2g} = (pv) \lg n \frac{p_1}{p_2} \quad (28)$$

Diese Formel stimmt wesentlich mit der *Weisbach'schen* Formel für die angenähert günstigste Umfangsgeschwindigkeit der Wasser-Reaktionsturbinen überein. Nur das letzte Glied in der eckigen Klammer hat eine abweichende Gestalt, weil hier die Kanalwiderstände anders berücksichtigt sind, wie dort.

Damit der Dampf wirklich entsprechend Glchg. (26) am günstigsten ein- und gleichzeitig entsprechend Glchg. (27) auch am günstigsten austritt, müssen die drei Winkel in bestimmter gegenseitiger Abhängigkeit stehen. Diese findet sich durch Gleichsetzen der beiden Ausdrücke für das sekundlich durchströmende Dampfgewicht beim Austritte aus dem Leit- und dem Laufrade. Das giebt, ohne Berücksichtigung der Schaufeldicken:

$$G = 2r_1 \pi b \sin \alpha \frac{c}{v_1} = 2r_2 \pi b_2 \sin \alpha_2 \frac{w_2}{v_2}.$$

Führt man hier c und w_2 nach Glchg. (26) und (27) ein, beachtet, dass bei Reaktionsturbinen $b = b_1$ sein muss, und ersetzt man noch v_1/v_2 nach Glchg. (6) durch p_2/p_1 , so erhält man endlich:

$$\cotg \alpha_2 = \frac{p_2}{p_1} \frac{b_2}{b_1} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 (\cotg \alpha + \cotg \alpha_1). \quad (29)$$

Das ist auch wieder wesentlich der gleiche Zusammenhang wie bei Wasser, nur tritt hier noch der Faktor p_2/p_1 hinzu, der stets kleiner bleibt als die Einheit. Damit trotzdem α_2 nicht zu gross wird, muss $b_2/b_1 > 1$ genommen werden. Namentlich wirksam ist aber eine Vergrößerung von r_2/r_1 , so dass also in dieser Richtung innerschächtige

Turbinen mit möglichst grosser radialer Kranzbreite am günstigsten sein würden.

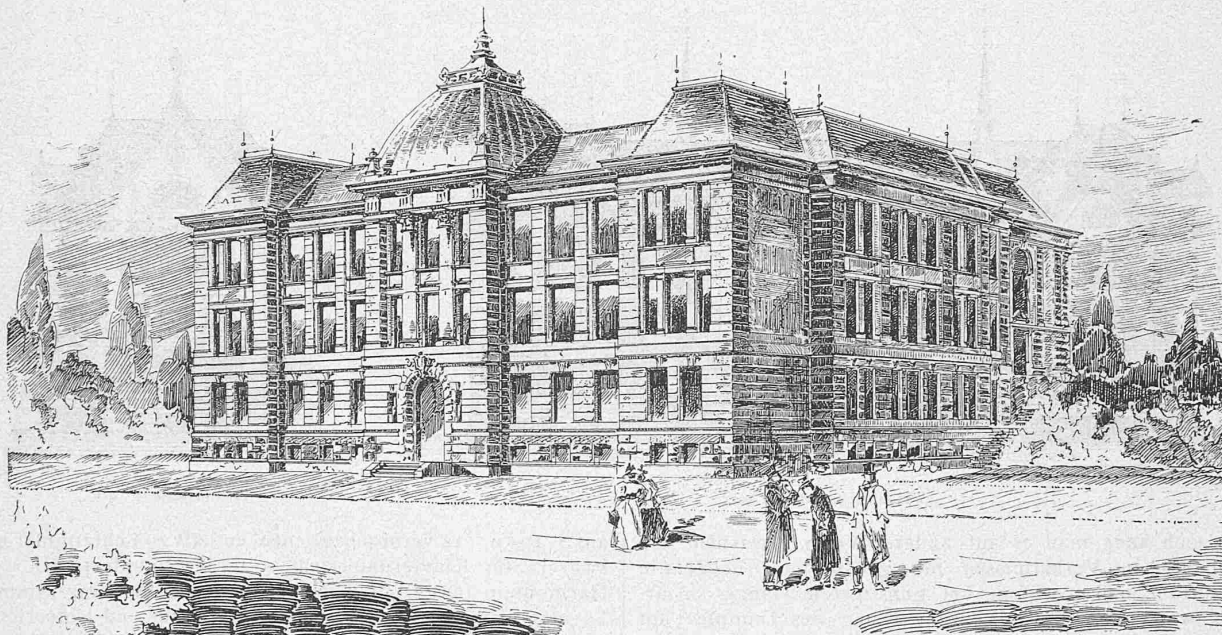
Die Arbeitsleistung des Dampfes berechnet sich am einfachsten nach Glchg. (11a). Bei günstigstem Austritte nach Glchg. (27) fallen die beiden letzten Glieder ganz weg. Führt man noch die Eintrittsbedingung Glchg. (26) ein und

$p_1 =$	2	5	10	15	Atm. zu
$p_2 = 1,1$	458	749	924	1018	m
$p_2 = 0,2$	899	1093	1230	1309	m

Nach Glchg. (26) wird, gleichfalls für mittlere Winkelverhältnisse, c nur wenig kleiner als u_1 , höchstens etwa 10 0/0. Um dieses c zu erreichen, müsste man nach Glchg (25),

Das neue Musikschulgebäude in Zürich.

Architekten: *Kehrer & Knell* in Zürich.



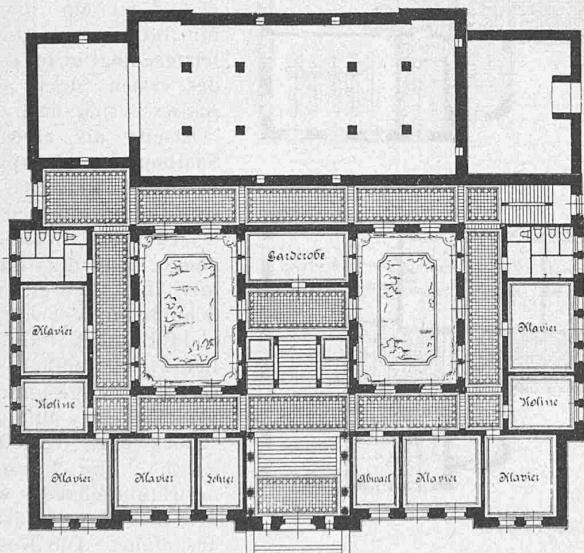
Perspektive.

ersetzt schliesslich $u_1^2/2g$ nach Glchg. (28), so folgt wegen $M = G/g$:

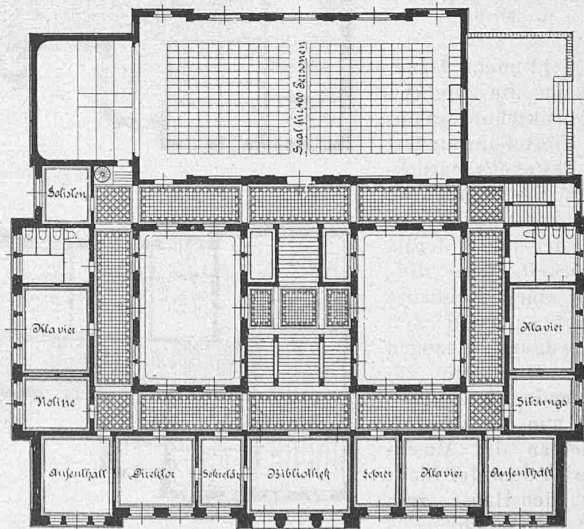
$$L = G \cdot 2 \frac{\sin \alpha_1 \cos \alpha}{\sin(\alpha + \alpha_1)} \frac{u_1^2}{2g} = 2G \frac{\sin \alpha_1 \cos \alpha}{\sin(\alpha + \alpha_1)} \mu (pv) \lg \frac{p_1}{p_2}. \quad (30)$$

Damit L/G gross wird, muss, abgesehen von den Winkeln, (pv) und p_1/p_2 gross sein. Man sollte also mit

wenn man darin zur Vereinfachung der Rechnung für (pv) ($p_1 v_1$) einsetzt, bei $p_1 = 2, p_2 = 1,1$ Atm. einen Kesseldruck von $p = 3,2$ Atm. anwenden. Für alle übrigen Werte der obigen Zusammenstellung würde aber $p > 2 p_1$ ausfallen, so dass für c Glchg. (13) gelten würde. Aus dieser berechnet sich dann der zur Erzeugung der nötigen Ausflussgeschwin-



Erdgeschoss-Grundriss.



Grundriss vom I. Stock.

1 : 500.

möglichst hohem Kesseldrucke, grossem p_1 , also hohem Reaktionsgrade, und mit Kondensation arbeiten. c müsste man durch richtige Bemessung des Kesseldruckes gegenüber dem Spaltdrucke herzustellen suchen.

Rechnet man nun für mittlere Winkelverhältnisse, so wird die eckige Klammer in Glchg. (28) ungefähr der Einheit gleich. Damit ergibt sich die Umfangsgeschwindigkeit u_1 für:

digkeit c erforderliche Wert von (pv) zu rund 28000 bis 87000. Nimmt man nun an, die Formeln, nach denen die Dampftabellen berechnet sind, gelten für beliebig hohe Pressungen, so würde bei 40 Atm., dem höchsten Werte, der gerade berechnet vorliegt, pv erst 21480 betragen.

Hieraus folgt aber, dass Dampf-Reaktionsturbinen in der bisher vorausgesetzten Form nicht ausführbar sind.

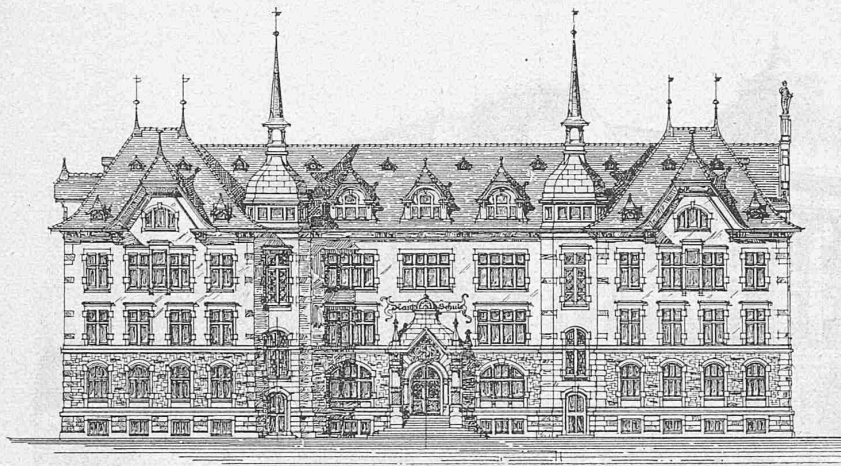
Will man sie mit günstigstem Ein- und Austritte arbeiten lassen, und dabei auch im Laufrade ein grösseres Druckgefälle p_1/p_2 ausnutzen, so kommt man auf ganz ungeheure Kessel-drucke, oder man müsste den Dampf sehr stark überhitzen. Will man dagegen in beiden Richtungen in gebräuchlichen Grenzen bleiben, so muss man auf günstigsten Gang verzichten.

seits die Baubehörde die Bauflucht 5 m hinter die Baulinie zu stellen und anderseits willigte die Besitzerin des Hauses „zum Rechberg“ in zuvorkommender Weise in einen für das Projekt notwendig gewordenen Landaustausch zur Grenzregulierung.

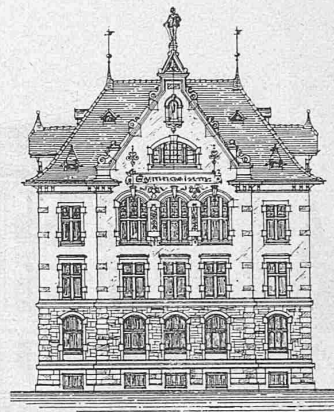
Das Gebäude, dessen Ausführungsentwurf die Abbildungen

Wettbewerb für den Neubau einer Kantonsschule in Schaffhausen.

III. Preis. Kennzeichen: Goldene Mondsichel. — Verfasser: Arch. Ed. Joos in Schaffhausen und Arnold Huber in Zürich.



Haupt-Fassade 1 : 500.



Westfassade 1 : 500.

Doch kann man es auf andere Weise erreichen, bei gebräuchlichen Verhältnissen mit grösserem Druckgefälle im Laufrade und trotzdem bei günstigstem Gange zu arbeiten, wenn man die ganze Einwirkung des Dampfes auf mehrere aufeinanderfolgende Turbinen verteilt, also *mehrstufige* Turbinen anwendet. (Forts. folgt.)

Das neue Musikschulgebäude in Zürich.

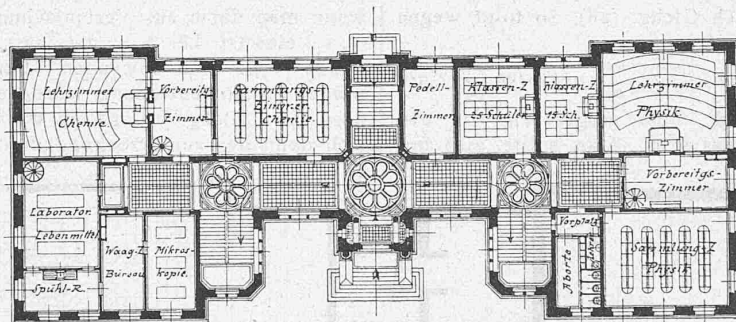
Architekten: Kehr & Knell in Zürich.

In nicht mehr ferner Zeit kann die zürcherische Musikschule auf das erste Vierteljahrhundert ihres Bestehens zurückblicken; das angesehene Kunstinstitut hat sich im Laufe der Jahre derart entwickelt, dass die Frage eines Neubaus schon vor langer Zeit in Erwägung gezogen wurde. Die stetig zunehmende Frequenz macht nun ein längeres Verbleiben der Musikschule in dem der Stadt gehörenden Hause „zum Napf“ unmöglich.

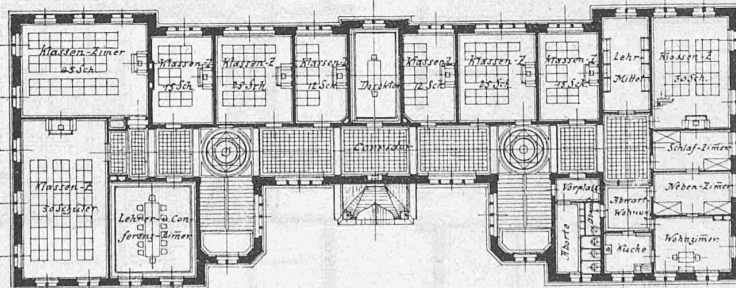
Für einen Neubau lag die Hauptschwierigkeit vorerst im Auffinden eines womöglich im ersten Stadtkreis central und in geringer Entfernung von den Schulen gelegenen Bauplatzes mit ruhiger Umgebung. Nach verschiedenen Misserfolgen führten in letzter Zeit eifrig wieder aufgenommene Bemühungen zur Erwerbung eines Teils der Liegenschaft „zum Schönenberg“ an der Florhofgasse, deren Studium die volle Brauchbarkeit des dortigen terrassenförmigen Geländes erwiesen hatte. Um für den Neubau eine recht freie Lage zu gewinnen, gestattete einer-

auf S. 131 u. 132 veranschaulichen, enthält 20 Lehrzimmer und zwar 12 für Klavierunterricht, 5 für Violinunterricht, 1 für Harmonium (Orgel), 1 Theorie- und 1 Sologesang-Zimmer. Es mag bemerkt werden, dass pro Zimmer und Unterrichts-

III. Preis. Verf.: Arch. Ed. Joos in Schaffhausen und A. Huber in Zürich.



Erdgeschoss-Grundriss 1 : 500.



Grundriss vom I. Stock 1 : 500.

stunde die Schülerzahl vier nicht übersteigt. Für den Chorgesang, Musikgeschichte, Zusammenspiel ist im zweiten Stockwerke ein Saal für 100 Personen vorgesehen; zu grösseren Aufführungen, Prüfungen etc. dient ein solcher für 400 Personen; dieser letztere liegt in der Höhe des ersten Stocks und schliesst sich nach der Ostseite als eigener Saalbau dem Hauptgebäude an. Reichlich gesorgt ist im weiteren für Garderoben, Wandelgänge, Aufenthaltszimmer für Lehrer und Schüler, für Verwaltung und Bibliothek. Für seine Lehrzwecke enthält das Gebäude insgesamt 32 verschiedene, auf drei Stockwerke verteilte Räume. Die Fassaden des Hauptgebäudes werden massiv in Hausteine ausgeführt. Die Kosten

für den Neubau und die Umgebungsarbeiten sind auf 485 000 Fr. veranschlagt, Landerwerb nicht inbegriffen. Mit der Ausführung soll bald begonnen werden, damit der Bezug des Gebäudes im Herbst 1900 erfolgen kann.