

Chemische Wassermessung

Autor(en): **Reichel, Ernst**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **65/66 (1915)**

Heft 9

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-32286>

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: Chemische Wassermessung. — Wettbewerb für ein Kirchengemeindehaus in Zürich-Wiedikon. — Festigkeitsberechnung von Kugelschalen. — Miscellanea: Die Eisenbahnbrücke über den Ganges bei Sara Ghat. Kraftübertragung mit 110 000 Volt in 3000 m Meereshöhe. Aufschumpfen von Radbandagen mittels elektrischer Heizung. Vernicklung von Aluminium. Der neue Hauptbahnhof in Leipzig. — Konkurrenzen:

Bürgerspital in Solothurn. — Nekrologie: E. Egger. P. Stühlen. — Literatur: Trattato di Costruzioni antisismiche. Die Wasserturbinen und deren Regulatoren an der Schweiz. Landesausstellung in Bern. Die Verstärkung der Kirchenfeldbrücke über die Aare in Bern. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Band 66.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 9.

Chemische Wassermessung.

Von Prof. Ernst Reichel, Charlottenburg.

Angeregt durch eine Zuschrift des Herrn Ingenieur W. Zuppinger in Nr. 3 der Schweizerischen Bauzeitung vom 16. Januar 1915, S. 33, wurden in der letzten Zeit in der Versuchsanstalt für Wassermotoren an der Techn. Hochschule zu Charlottenburg an einer Francis-Turbine mit senkrechter Achse eine Reihe von Versuchen mit gesalzener Betriebswasser zur Ermittlung der Wassermengen angestellt. Die Methode besteht darin, dass man dem Betriebswasser der Turbine eine konzentrierte Salzlösung zufliessen lässt, deren Salzgehalt C_1 kg/l und sekundliche Menge q_1 l/sek. genau bekannt sind. Bestimmt man den Salzgehalt des Wassers hinter der Turbine und beträgt dieser C_4 kg/l, so ergibt sich die Wassermenge, die zur Verdünnung der konzentrierten Lösung notwendig war, zu:

$$Q = \frac{C_1}{C_4} \cdot q_1$$

Ist das Betriebswasser der Turbine an sich schon salzhaltig, so muss natürlich auch dieser Salzgehalt C_3 genau bestimmt und von der Menge C_2 , die im Betriebswasser gefunden wurde, in Abzug gebracht werden ($C_2 - C_3 = C_4$), um das Verdünnungsverhältnis $C_1 : C_4$ rein zu erhalten. Genau genommen, ist von der damit bestimmten Wassermenge Q noch der Betrag q_1 abzuziehen, der aber wegen seiner Kleinheit hier vernachlässigt werden kann.¹⁾

Da im Unterwassergerinne der untersuchten Turbine eine gleichzeitige Wassermessung mit Schirm möglich ist, können die gewonnenen Ergebnisse benutzt werden, um die Brauchbarkeit der chemischen Wassermessung für eine Francis-Turbine der verwendeten Bauart zu prüfen und insbesondere die Befürchtung des Herrn Zuppinger, ob die Francis-Turbine die zugesetzte Salzlösung auch genügend durchzumischen vermag, zu klären.

Die aus Abbildung 1 ersichtlichen Anordnungen für die Versuche sind durch das vorhandene Inventar bedingt worden. Ueber dem 2 m breiten Oberwasserkanal wurde ein grösseres eisernes prismatisches Gefäss M vom 2 m³ Inhalt aufgestellt, das in der Versuchsanstalt als „Messgefäss“ benutzt wird, mit einem Wasserstandsglas versehen und kubiziert ist. Am Auslauf des Gefässes ist zunächst ein Wasserschieber angesetzt und an diesen schliesst sich ein kleinerer Hahn h an, dessen knieförmiger Rohrfortsatz in einer quer über den Oberwasserkanal aufgestellten Rinne R mündet. Von dieser Rinne wird nur das durch einen, in der Abbildung nicht sichtbaren, schräggestellten Ueberfall abgegrenzte Mittelstück benutzt. In den Boden ist ein Gasrohr r eingesetzt, das als Abflussrohr dient und dessen unterer Ausflussquerschnitt durch Anschrauben von Uebergangsstücken verändert werden kann. Hierdurch und durch die Länge des Rohres lässt sich die ausfliessende Menge einer Salzlösung jedem Versuch anpassen. Durch den Hahn wurde die aus dem Messgefäss fliessende Soole so geregelt, dass bei konstanter

Wasserspiegelhöhe in der Rinne stets eine ganz geringe Menge über den Ueberfall floss, dort gesammelt und ins Messgefäss zurückgegossen wurde. Bei Unterbrechung eines Versuchs wurde der Schieber geschlossen und der Hahn in seiner Stellung belassen.

Damit die Soole dem Betriebswasser nicht an einer einzigen Stelle zuläuft, sondern auf die Kanaltiefe besser verteilt wird, wurde unter dem Abflussrohr eine mit Löchern versehene Verteilrinne V aufgehängt.

Für die Herstellung der Soole wurden genau abgewogene kleinere Salz mengen in ebenfalls gewogenen Wassermengen restlos aufgelöst und ins Messgefäss gegossen. Da dieses kubiziert ist, ergibt sich hiermit das spezifische Gewicht der Soole und bei bekannter Zusammensetzung des Salzes (Chlorides) auch der Chlorgehalt C_1 in einem Liter Soole.

Die aus der Rinne dem Betriebswasser in der Zeiteinheit zufließende Menge Soole q_1 wurde jedesmal durch einen direkten Versuch bestimmt. Hierbei wurde der aus r kommende Flüssigkeitsstrahl durch ein plötzlich untergeschobenes Rohr abgelenkt, während einer durch die Stoppuhr gemessenen Zeit in einem grösseren Gefäss aufgefangen und dann abgewogen. Durch Division mit dem spezifischen Gewicht und der Zeit ergibt sich daraus das zufließende Volumen q_1 in der Zeiteinheit. Letzteres konnte stets dadurch kontrolliert werden, dass mehrere Parallelversuche mit Wasser ausgeführt worden sind. Wenn für Wasser und Soole derselbe Ausflusskoeffizient μ gültig wäre, dann müsste sich in beiden Fällen das gleiche ausfliessende Volumen $q = f \cdot \mu \cdot V \sqrt{2gh}$ ergeben. Es ist aber μ für die Soole etwas verschieden gegenüber dem Wasserwert und zwar umso mehr, je grösser die Konzentration der Soole ist. Die Soole wird mit zunehmender Konzentration zähflüssiger. Die gefundene Uebereinstimmung war sonst eine befriedigende.

Als Salze konnten nur Chloride zur Verwendung in Frage kommen. Da sich Kochsalz für grössere Mengen

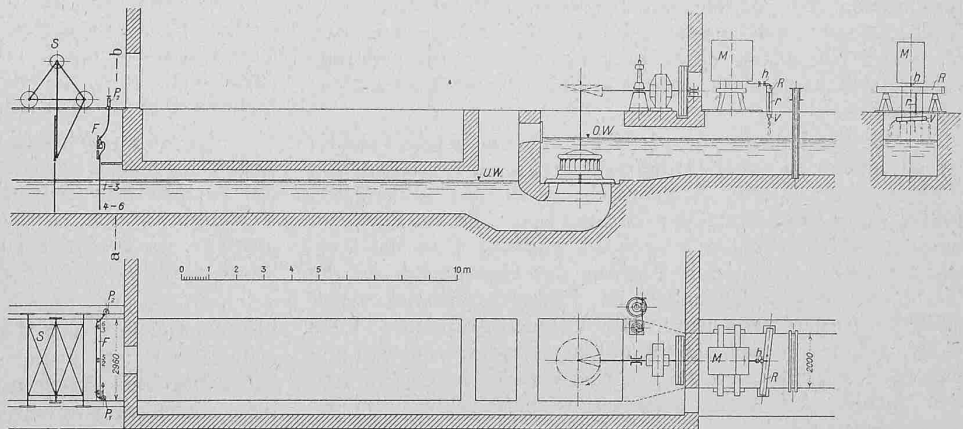


Abbildung 1. — Masstab 1 : 250.

als zu teuer erwies, ist kristallisiertes Chlormagnesium, $MgCl_2$, gewählt worden, das sich, aus Stassfurt in genügender Reinheit bezogen, frei Berlin auf nur Mk. 6,45 für 100 kg gestellt hat. Es hat zwar gegenüber Kochsalz die unangenehme Eigenschaft, dass es sehr viel mehr hygroskopisch ist; es spielt das aber hier keine grosse Rolle. Dagegen löst es sich wesentlich schneller und besser in Wasser auf, man kann Lösungen von wesentlich höherer Konzentration herstellen und diese sind weniger empfind-

¹⁾ Schweizerische Bauzeitung Bd. LXII, S. 50 (26. Juli 1913).

lich gegen Temperaturschwankungen. Die Erfahrungen, die hier mit Chlormagnesium gemacht worden sind, befriedigen also. Der Salzgehalt einer Lösung von kristallisiertem $Mg Cl_2$ ist gleich der 2,87-fachen Chlormenge.

Bei einem flüchtigen Vorversuch hat sich schon ergeben, dass die durch Salz ermittelte Wassermenge grösseren Schwankungen unterworfen war, wenn man die Proben für das gesalzenen Betriebswasser an verschiedenen Stellen des Unterwasserkanals geschöpft hat. Um daher festzustellen, ob und bis zu welchem Grade die Turbine als Mischmaschine anzusehen ist, wurde die in Abb. 2 dargestellte Einrichtung F getroffen, mit der man aus verschiedenen Punkten des Wasserquerschnitts im 2,96 m breiten Unterwasserkanal gleichzeitig 6 Wasserproben hochsaugen und in Fläschchen auffangen konnte. Die Lage der Messpunkte im Querschnitt des Unterwasserkanals konnte leicht geändert werden. Nach Einlauf der Soole ins Betriebswasser wurde mit einer Druckpumpe P_1 mehrmals solange Luft in das Rohrsystem gepumpt, bis die Luft am untern Ende der eingetauchten Messröhrchen austrat. Diese mussten sich also dann mit gesalzenem Betriebswasser füllen, das durch eine am andern Ende der Rohrleitung angeschlossene Saugpumpe P_2 in die Fläschchen gehoben wurde. Letztere wurden nummeriert und nach jedem Teilversuch ausgewechselt. Es ist sorgfältig darauf geachtet worden, dass jedes Fläschchen vor der Verwendung trocken und rein war und das Wasser nur aus dem ihm zugehörigen Röhrchen erhielt. Während die Wasserproben entnommen wurden, ist gleichzeitig mit dem Schirm S eine Wassermessung ausgeführt worden. Vor und nach jeder Versuchsgruppe sind ferner Proben von ungesalzenem Kanalwasser und von der zufließenden Salzsoole entnommen worden.

Die untersuchte Turbine ist gebaut für eine maximale Wassermenge von $2,5 m^3/sek.$ bei einem Gefälle von $1,56 m$ und einer normalen Umlaufzahl von $n = 74$. Sie war elektrisch belastet, und da sie an den Landwehrkanal angeschlossen ist, der in Berlin von der Spree abzweigt und neben der Versuchsanstalt eine Schifffahrtsschleuse besitzt, ergibt sich hiermit eine Turbinenanlage mit den Vor- und Nachteilen eines praktischen Betriebs. Hieraus erklärt sich auch, dass nicht alle Teilversuche genau übereinstimmen.

Die Versuchsgruppe A (siehe nebenstehende Tabelle) ist mit etwas zu hoher Umlaufzahl und zwei verschiedenen Füllungen angestellt, B entspricht etwa der günstigsten Füllung und Umlaufzahl der Turbine und C ist mit etwas zu niedriger Umlaufzahlen ausgeführt worden. Es sollte hiermit möglich werden, den Einfluss der Umlaufzahl auf die Verteilung des Salzgehaltes im Unterwasserkanal festzustellen. Andererseits waren die Versuchsgruppen $C I$ bis $C IX$, bei denen nur die Füllungen geändert wurden, geeignet, den Einfluss zu zeigen, den verschiedene Füllungen der Turbine bei sonst unverändertem Salzzulauf auf die Verteilung ausüben.

Bei allen Wasserproben ist durch Titrieren mit Silbernitrat in der bekannten Weise ¹⁾ der Chlorgehalt bestimmt worden. Die verwendete Silberlösung ergab bei $1 cm^3$ Verbrauch $0,001 g$ Chlor. Es sind stets Proben von $50 cm^3$ untersucht worden, die mit je zehn Tropfen einer Lösung von chromsauerem Kalium (von $5 g$ auf $100 cm^3$ Wasser)

¹⁾ Siehe auch: „Schweizerische Bauzeitung“ Bd. LXII, Nr. 4 vom 26. Juli 1913 S. 51. Den Herren Dr. Ammon vom Nahrungsmittel-Untersuchungsamt in Berlin und Dr. Grüttner, Assistent am anorgan. Laboratorium der Technischen Hochschule sei an dieser Stelle für ihr Interesse an der Sache und die freundlichen Ratschläge bestens gedankt.

versehen wurden. Nur bei der Bestimmung des Chlorgehalts der Soole ging eine Verdünnung mit destilliertem Wasser von 10 auf 1000 voran und die untersuchte Probe hatte dann nur $5 cm^3$. Da der Chlorgehalt der Soolen C_1 aber auch aus dem Mischungsverhältnis von Salz und Wasser bei der Herstellung der Soolen rechnerisch zu bestimmen war, konnte in allen Fällen eine genügende Genauigkeit und Uebereinstimmung erzielt werden. Besondere Sorgfalt wurde auf die Chlorbestimmung des Kanalwassers C_3 gelegt, da dieser Betrag vom Chlorgehalt C_2 aller aus dem Unterwasser geschöpften Proben abgezogen werden muss. Der Chlorgehalt des Spreewassers ist leider an sich schon sehr hoch und noch täglichen Schwankungen unterworfen. Während der meist kurzen Versuchsdauer konnte aber eine Veränderung des Chlorgehalts nicht beobachtet werden.

Der Chlorgehalt von Soolen und Kanalwässern wurde als Mittel aus mindestens 4, meist aber 6 Titrierungen bestimmt. Bei den gesalzenen Betriebswässern sind mindestens zwei Titrierungen für jeden Messpunkt ausgeführt worden. Bei ungenügender Uebereinstimmung wurde eine dritte Titrierung angefügt.

Bei Gruppe A wurde zum Titrieren eine Bürette angewendet, bei der $1 cm^3$ einer Länge von $1 cm$ entsprach. Es konnten $0,1 mm$, also $0,01 mg$ Chlor, nur geschätzt werden. Da diese Genauigkeit nicht gross genug erschien, ist bei B und C eine engere Bürette angewendet worden, bei der $1 cm^3$ $63 mm$ entsprach. Damit war eine Ablesung von $0,01 cm^3$, also von $0,01 mg$ Chlor mit Sicherheit möglich. Entscheidend aber ist nicht nur die Genauigkeit in der Ablesung an der Bürette, sondern auch der Eintritt

der Verfärbung der untersuchten Lösung. Ein Tropfen aus der Bürette in der Grösse von $0,03 cm^3$ kann die wünschenswerte Verfärbung bereits überschreiten. Da die Zahl der gemessenen cm^3 mit 20 multipliziert werden muss, um den Chlorgehalt in mg auf $1 l$ der Flüssigkeit zu erhalten, hat ein Tropfen den Wert von $0,6 mg$ Chlor. Hiermit ist unter den oben angegebenen Verhältnissen die Grenze der Genauigkeit bestimmt. Man könnte allerdings auch noch mit grösserer Verdünnung der Silberlösung beim Titrieren arbeiten. Ein Tropfen hat dann geringeren Wert. Aber man muss mit der gegebenen Länge der Bürette rechnen und sie häufiger füllen.

Es ist endlich ersichtlich, dass der Fehler, der beim Titrieren gemacht werden kann, umso geringer wird, je grösser die zugeflossene Salzmenge und je kleiner die erzielte Verdünnung ist. Es ist darum bei den einzelnen Versuchsgruppen auch die Verdünnung gewechselt worden, um ihren Einfluss zu studieren.

Soviel geht aber aus dem Vorstehenden hervor, dass die Auswertung des Versuchsmaterials sehr mühsam und zeitraubend ist, wenn man ein einigermaßen verlässliches Ergebnis erzielen will. Dass dabei jeder Beobachter beim Titrieren, was den Eintritt der Verfärbung anbelangt, nicht nur von der Beleuchtung, sondern auch von einer gewissen persönlichen Disposition und Geschicklichkeit abhängig ist, soll nur nebenher erwähnt werden. Die Titrierungen sind mit wenigen Ausnahmen vom Verfasser selbst ausgeführt worden.

Die Ergebnisse sämtlicher Versuche sind in der beigefügten Zahlentafel zusammengestellt.

Für die Messpunkte 1 bis 6 im Unterwasserkanal sind die Chlormengen C_4 in Milligramm eingetragen, die erhalten wurden, wenn man von den durch Titrieren bestimmten Chlormengen C_2 den Betrag C_3 abzieht, der im Kanalwasser schon enthalten ist.

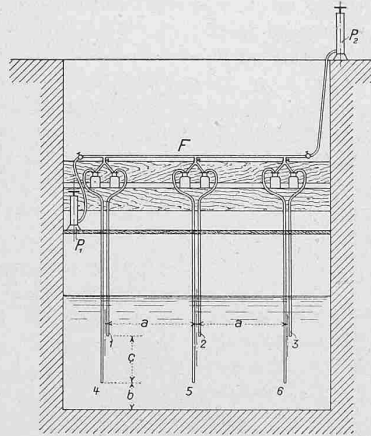


Abbildung 2.

	a	b	c
Gruppe A	1000	290	835
Gruppen B u. C	1200	200	800

Dann ergeben sich die Betriebs-Wassermengen genügend genau zu:

$$Q \text{ l/sek.} = \frac{1000 C_1}{C_4} q_i$$

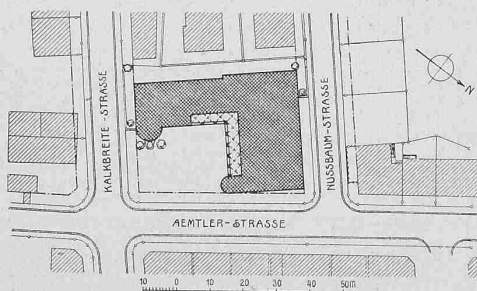
d. i. aus dem Verdünnungsgrad mal der zufließenden Menge der Salzsoole.

Die Tabelle zeigt, dass der Chlor- und damit der Salzgehalt in den Messpunkten 1 bis 6 erheblichen Schwankungen ausgesetzt ist. Der Unterwasserkanal ist ziemlich lang und rechnermässig ist zur Durchtränkung desselben mit Salz etwas über 1 Minute nötig. Der erste Teilversuch jeder Gruppe ist aber in der Regel erst 9 bis 10 Minuten nach dem Beginn des Soolenzulaufs ausgeführt worden, und doch scheint in einzelnen Fällen bis dahin noch kein völliger Beharrungszustand vorhanden gewesen zu sein. Bei einzelnen Gruppen sind grössere Aenderungen in der Verteilung des Salzgehalts von einem Versuch zum andern vorhanden. Eine Gesetzmässigkeit in den Schwankungen des Salzgehalts lässt sich nur mit grossem Vorbehalt ableiten und etwa so formulieren: Bei den grösseren Füllungen der Turbine liegen die höheren Werte in der Nähe des rechten Kanalufers, bei kleinern Füllungen wandern sie langsam nach links. Verschiedene Umdrehungszahlen ändern hierin weniger. Es sind offenbar gewisse Strömungs-Erscheinungen oder -Wallungen im Zuge des Wasserlaufs vorhanden, die auf die Salzführung und -Mischung von Einfluss sind, oder umgekehrt, mit der genauen Beobachtung der Salzführung könnten solche Strömungserscheinungen noch näher studiert werden. Am auffälligsten sind die Erscheinungen bei Gruppe C. Bei I bis III tritt ein langsamer Anstieg des Salzgehalts ein, während

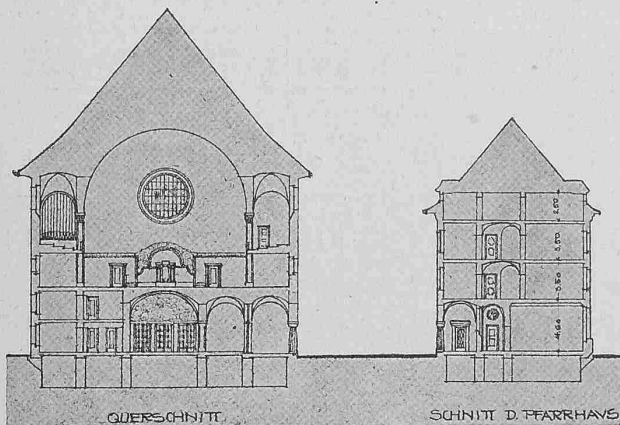
sich nach der Füllungsänderung bei IV bis VI und VII bis IX ein Sinken bemerkbar macht. Es scheint, als ob sich beim Verkleinern der Füllung jedesmal eine Verzögerung des Wassers im Unterwasserkanal und damit eine höhere Durchsalzung einstellen würde, die sich erst langsam zu einem neuen Beharrungszustande wieder ausgleicht.

Die Salzunterschiede in den Messpunkten 1 bis 6 unter sich betragen in einzelnen Fällen bis zu 20% und darüber. Man muss also eine ganze Anzahl von Messpunkten im Querschnitt anordnen, und eine grössere Zahl von Proben nehmen, wenn man einen wahrscheinlichen Mittelwert erhalten will. Damit wird aber die chemische Wassermessung so umständlich, dass man mit dem Flügel in ungefähr gleicher Zeit zu einem genaueren und verlässlicheren Ergebnis kommt. Die chemische Wassermessung ist hiernach wohl geeignet, über den Wasserverbrauch einer Francis-Turbine der hier verwendeten Art zu orientieren, aber als eine verlässliche Wassermessung, wie sie als Grundlage zum Nachweis der Erfüllung peinlicher Garantiebedingungen verlangt werden kann, ist sie nicht anzusehen.

Die aus den vorstehenden Versuchen gezogenen Schlüsse lassen sich indessen nicht ohne weiteres verallgemeinern. Es wird sehr auf das verwendete Turbinensystem und seinen Einbau ankommen, ob die chemische Wassermessung mit besserem Erfolg als hier angewendet werden kann. Weitere Versuche an anders gearteten Francis-Turbinen sind also noch erwünscht. Auch soll nicht geleugnet werden, dass man die Anstellung solcher Versuche gegenüber den hier durchgeführten noch verbessern und daher wertvoller gestalten kann.

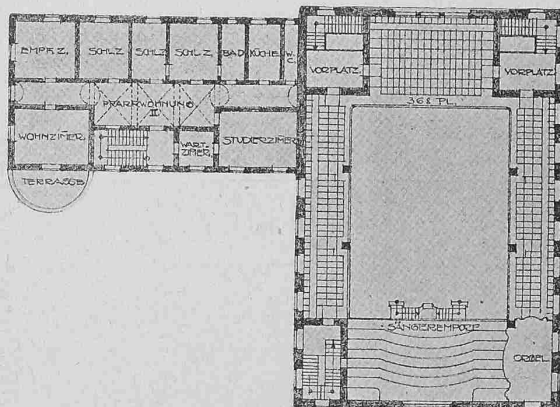


I. Preis, Entwurf Nr. 51. — Lageplan 1:2000.

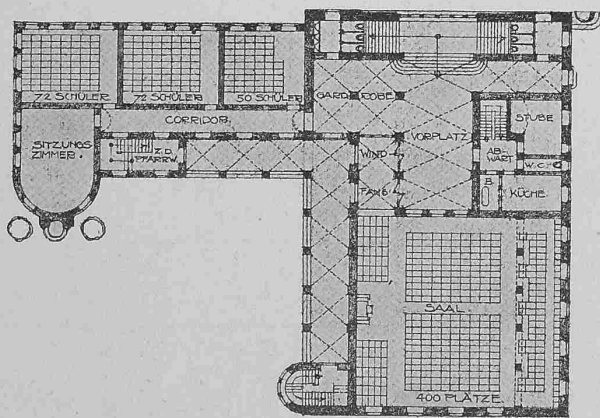


Schnitte durch Hauptbau und Pfarrhaus.

Masstab 1:600.



Grundriss des II. Stockwerkes.



Erdgeschoss-Grundriss. — I. Preis, Entwurf Nr. 51. — Verfasser: Gebr. Bräm, Architekten in Zürich. — Grundriss des I. Stockwerkes.