Chemische Wassermessung

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

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

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

Heft 9

PDF erstellt am: **28.04.2024**

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.

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

http://www.e-periodica.ch

INHALT: Chemische Wassermessung. — Wettbewerb für ein Kirchgemeindehaus in Zürich-Wiedikon. — Festigkeitsberechnung von Kugelschalen. — Miscellanea: Die Eisenbahnbrücke über den Ganges bei Sara Ghat. Kraftübertragung mit 110 000 Volt in 3000 *m* Meereshöhe. Aufschrumpfen 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 Francisturbine mit senkrechter Achse eine Reihe von Versuchen mit gesalzenem Betriebswasser zur Ermittelung 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_l *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:

$$Q = \frac{C_1}{C_4} \cdot q_l.$$

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_l 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 m^3 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 Kanalbreite besser verteilt wird, wurde unter dem Abflussrohr eine mit Löchern versehene Verteilrinne V aufgehängt.

Für die Herstellung der Soole wurden genau abgewogene kleinere Salzmengen 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_l 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_l 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 $q = f \cdot \mu \cdot \sqrt{2gh}$ ergeben. Es ist aber μ für die Soole etwas verschieden gegenüber dem Wasserwert und zwar umsomehr, 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 als zu teuer erwies, ist kristallisiertes Chlormagnesium, $Mg\,Cl_2$, 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-

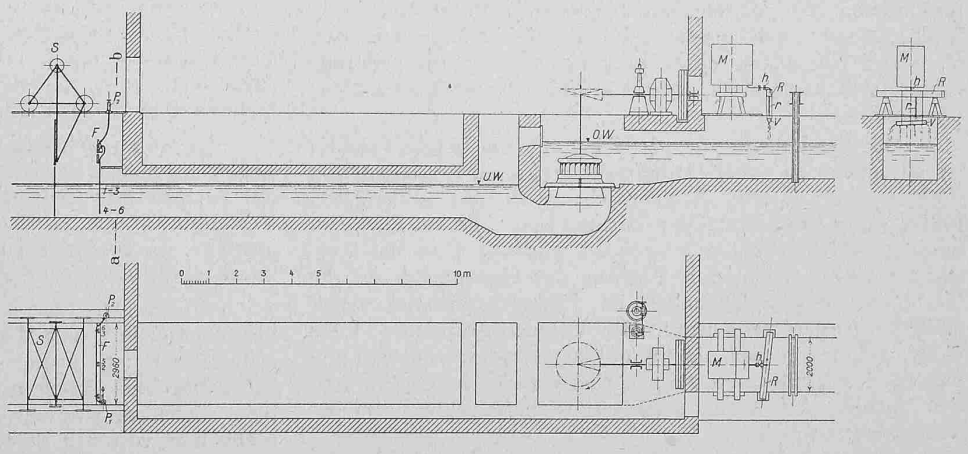


Abbildung 1. — Masstab 1 : 250.

[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 grössern Schwankungen unterworfen war, wenn man die Proben für das gesalzene 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.

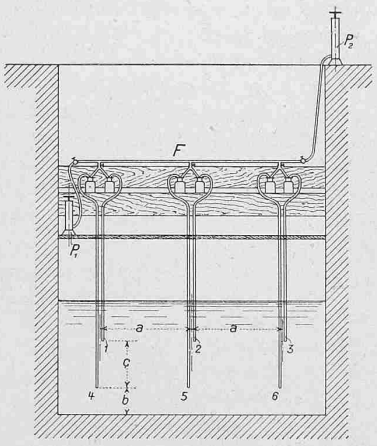


Abbildung 2.

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

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 Schiffahrtsschleuse 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 niedrigen 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 chromsauerm Kalium (von 5 *g* auf 100 cm^3 Wasser) 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 Titirieren 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.

[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.

Chemische Wassermessung.

Versuch Nr.	Zeit: Beginn des Zuflusses der Salz-Soole	Zeit: Entnahme der Proben und Schirmmessg.	Zufliessende Salz-Soole: Spez. Gewicht γ	Zufliessende Salz-Soole: Menge in kg/sek q_g	Zufliessende Salz-Soole: Menge in l/sek q_l	Zufliessende Salz-Soole: Chlor in 1 l C_1 g	Kanal-Wasser: Chlor in 1 l C_3 mg	Turbine: Lichtweite der Leitkanäle mm	Turbine: Gefälle H m	Turbine: Umlaufzahl bez. auf $H = 1\,m$ n_1	Turbine: Wassertiefe im Unterw.-kanal m	Zusätzlicher Chlorgehalt im gesalzenen Betriebswasser in mg/l $C_2 - C_3$ gemessen bei Punkt 1	2	3	4	5	6	C_4 Mittel 1 bis 6	Verdünnung im Mittel 1 :	Ermittelte Wassermenge mit Salz l/sek	Ermittelte Wassermenge mit Schirm l/sek
16. April 1915																					
	10^h 16		1,1045	0,3197	0,2894	117,32	54,8	80											7800		
A I		10^h 23	—	—	—	—	—	—	1,298	67,6	1,335	17,20	17,20	15,20	13,20	15,20	14,20	15,36		2210	2221
II		25	—	—	—	—	—	—	1,302	67,6	1,327	13,60	15,80	15,00	14,00	15,20	16,80	15,06		2254	2211
III		27	—	—	—	—	—	—	1,296	67,7	1,330	14,20	14,20	15,60	13,20	14,80	16,20	14,70		2309	2215
IV		29	—	—	—	—	—	—	1,305	67,8	1,329	14,00	14,00	16,00	14,00	16,00	16,40	15,06		2254	2199
Mittel I—IV									1,300	67,7	1,330	14,75	15,30	15,45	13,60	15,30	15,90	15,04		2257	2214
20. April 1915																					
	10^h 24		1,1045	0,4548	0,4117	117,32	54,91	61,5											4680		
V		10^h 33	—	—	—	—	—	—	1,476	62,5	1,207	28,69	25,89	24,49	24,69	23,69	22,09	24,92		1938	1868
VI		35	—	—	—	—	—	—	1,449	62,4	1,205	28,09	28,69	24,49	25,09	25,29	22,89	25,75		1876	1935
VII		39	—	—	—	—	—	—	1,463	62,8	1,211	27,19	25,89	23,79	24,59	24,39	21,49	24,55		1967	1866
Mittel V—VII									1,461	62,6	1,208	27,99	26,72	24,26	24,79	24,39	22,16	25,07		1927	1889
11. Mai 1915																					
	4^h 23		1,1219	0,63035	0,56184	113,66	61,62	65											3742		
B I		4^h 30	—	—	—	—	—	—	1,464	60,0	1,245	32,63	32,08	28,42	32,68	29,43	27,68	30,487		2094	1991
II		32	—	—	—	—	—	—	1,452	60,0	1,254	34,78	31,02	27,18	32,88	30,08	26,98	30,487		2094	2023
III		35	—	—	—	—	—	—	1,465	60,0	1,239	31,28	30,08	27,90	31,28	29,88	28,04	29,74		2147	2056
IV		37	—	—	—	—	—	—	1,450	60,0	1,256	31,94	30,88	29,53	31,68	31,08	29,18	30,75		2076	1990
V		39	—	—	—	—	—	—	1,466	60,0	1,239	33,63	32,24	28,88	31,84	30,92	28,72	31,04		2057	2053
VI		41	—	—	—	—	—	—	1,456	60,0	1,249	32,98	29,98	26,74	32,18	29,43	27,18	29,75		2146	2022
Mittel I—VI									1,460	60,0	1,247	32,87	31,04	28,01	32,09	30,14	27,98	30,375		2102	2022
1. Juni 1915																					
	4^h 15		1,1703	0,5607	0,4763	169,25	58,11	84											5233		
C I		4^h 24	—	—	—	—	—	—	1,355	52,0	1,231	28,72	32,26	32,81	28,47	29,54	32,21	30,68		2618	2422
II		26	—	—	—	—	—	—	1,352	52,0	1,238	29,59	33,09	34,14	31,59	33,14	33,39	32,49		2481	2430
III		28	—	—	—	—	—	—	1,357	52,0	1,232	33,04	33,69	35,39	32,69	33,44	34,84	33,85		2378	2440
Mittel I—III									1,356	52,0	1,234	30,44	33,01	34,11	30,92	32,04	33,48	32,34		2492	2431
								61,5											4076		
IV		4^h 34	—	—	—	—	—	—	1,402	48,95	1,237	41,69	42,04	46,79	41,46	42,19	45,71	43,34		1855	1944
V		36	—	—	—	—	—	—	1,405	50,8	1,235	40,89	39,84	43,34	40,29	41,44	43,09	41,48		1943	1924
VI		38	—	—	—	—	—	—	1,407	51,0	1,237	38,07	37,02	43,19	40,49	38,89	40,84	39,75		2026	1959
Mittel IV—VI									1,406	50,25	1,236	40,22	39,63	44,44	40,74	40,84	43,21	41,52		1941	1942
								43											2819		
VII		4^h 44	—	—	—	—	—	—	1,458	48,9	1,231	61,34	60,74	62,19	61,99	61,64	62,29	61,67		1307	1384
VIII		46	—	—	—	—	—	—	1,455	49,3	1,233	63,44	58,69	59,94	60,34	58,19	58,09	59,79		1348	1410
IX		48	—	—	—	—	—	—	1,455	49,2	1,228	58.69	57,49	58,34	60,49	56,59	60,39	58,67		1374	1453
Mittel VII—IX									1,456	49,1	1,231	61,15	58,97	60,15	60,94	58,80	60,25	60,04		1343	1416
9. Juni 1915																					
	11^h 21		1,0440	0,5659	0,5420	40,50	67,20	58,5											3560		
X		11^h 30	—	—	—	—	—	—	1,485	49,8	1,187	11,30	10,70	12,00	11,05	11,60	12,80	11,575		1897	1935
XI		34	—	—	—	—	—	—	1,490	50,0	1,189	12,00	10,75	12,45	11,50	11,80	12,40	11,816		1857	1897
XII		40	—	—	—	—	—	—	1,492	50,2	1,178	11,30	10,85	12,10	10,50	10,95	11,60	11,216		1957	1928
XIII		44	—	—	—	—	—	—	1,493	50,0	1,193	10,77	10,00	11,20	10,90	10,90	11,75	10,920		2010	1941
Mittel X—XIII									1,490	50,0	1,187	11,34	10,57	11,94	10,97	11,31	12,14	11,380		1930	1923

Dann ergeben sich die Betriebs-Wassermengen genügend genau zu:

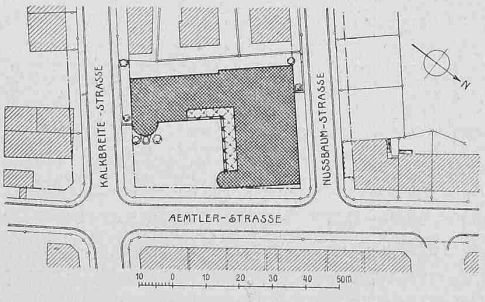
$$Q\ l/sek. = \frac{1000\ C_1}{C_4}\ q_l$$

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

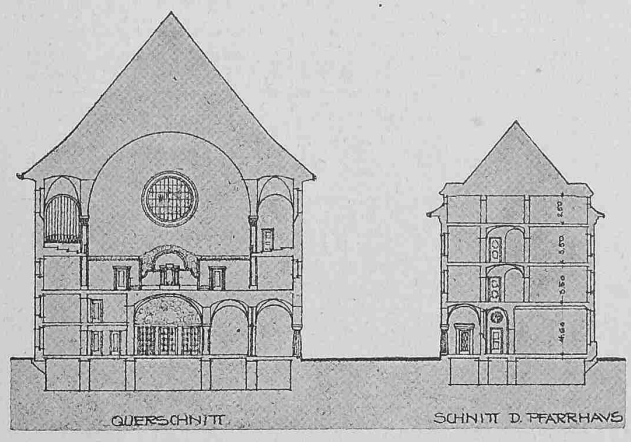
Die Tabelle zeigt, dass der Chlor- und damit der Salzgehalt in den Messpunkten 1 bis 6 erheblichen Schwankungen ausgesetzt ist. Der Unterwasserkanal ist ziemlich lang und rechnungsmässig ist zur Durchtränkung desselben mit Salz etwas über 1 Minute nötig. Der erste Teilversuch jeder Gruppe ist aber in 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.

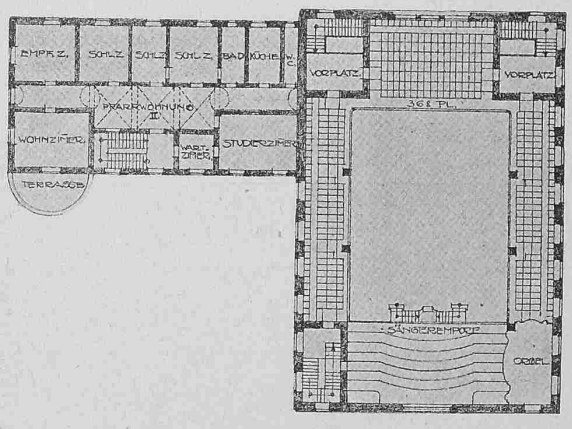
Die aus den vorstehenden Versuchen gezogenen Schlüsse lassen sich indessen nicht ohne weiteres verallgemeinern. Es wird sehr auf das verwendete Turbinensystem und seinen Einbau ankommen, ob die chemische Wassermessung mit besserem Erfolg als hier angewendet werden kann. Weitere Versuche an anders gearteten 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.



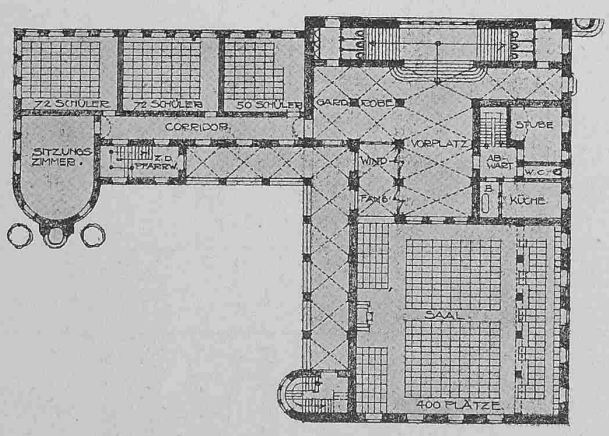
I. Preis, Entwurf Nr. 51. — Lageplan 1 : 2000.

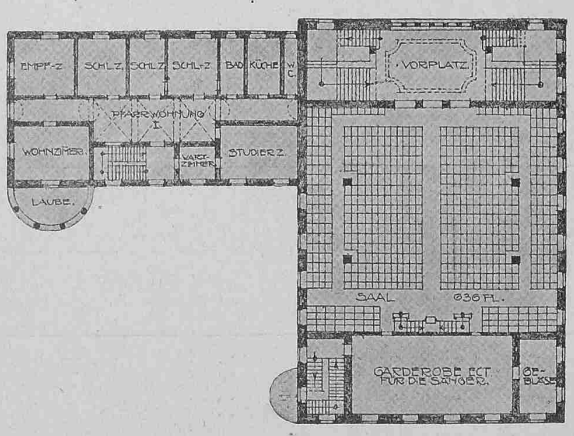


Schnitte durch Hauptbau und Pfarrhaus. Masstab 1 : 600.



Grundriss des II. Stockwerkes.





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