

# Neuere Messmethoden zur Bestimmung von Wassermengen auf Grund von Versuchen der Schweizerischen Landeshydrographie

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **61/62 (1913)**

Heft 4

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-30758>

## **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.

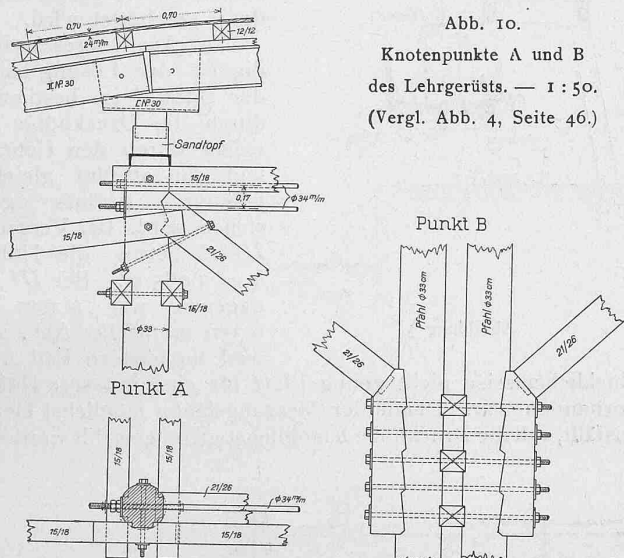
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen 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.

und von Pfahl zu Pfahl spannten und an den Stössen durch eine geeignete Konstruktion aus Holz und Eisen miteinander verbunden waren. Auf jedem Pfahl wurde die Last durch einen Sandtopf aufgenommen und alle Sandtöpfe eines Joches untereinander wieder durch starke  $\square$ -Eisen verbunden. Die verschiedenen Joche waren ebenfalls untereinander angemessen versteift (Abb. 4, 10 und 11). Zugleich mit dem Lehrgerüst wurde eine Seilbahn (Abb. 12) in der Axe der Brücke von einem Ufer zum andern gespannt, die sowohl beim Aufstellen des Gerüsts als beim Herbringen der Steine zu den Widerlagern und des Betons für Bogen und Fahrbahn ausgezeichnete Dienste leistete.



Im Januar 1912 wurden die eigentlichen Widerlager ausgehoben und betoniert und im Februar der Bogen, rund 300 m<sup>3</sup>, in 65 Stunden ununterbrochener Arbeit fertig erstellt. Die Hebung eines Defektes am Bogen gab noch zu Nacharbeiten Anlass, sodass die vollständige Ausschalung erst im Juli vorgenommen werden konnte. Dies hinderte jedoch nicht, die Fahrbahn mit den unterstützenden Rahmen und die Chaussierung sowie das aufgehende Mauerwerk der Widerlager in der gleichen Frist fertig zu erstellen. Im September 1912 fand dann die Belastungsprobe mit einer 16 t Dampfwalze statt, die keine Deformationen ergab, worauf die Abnahme der Brücke und deren Betriebseröffnung erfolgte.

Die Kosten der Brücke allein erreichten rund 100 000 Fr., bezw. samt den beidseitigen Zufahrten rund 112 000 Fr., womit der Voranschlag eingehalten werden konnte. Sie verteilen sich mit 50 000 Fr. auf die Gemeinde Aarburg, 30 000 Fr. Staat Aargau, 5000 Fr. aargauische Gemeinden, 12 000 Fr. Elektrizitätswerk Olten-Aarburg, 10 000 Fr. die Gemeinde Olten und andere und 5000 Fr. auf den Staat Solothurn.

### Neuere Messmethoden zur Bestimmung von Wassermengen auf Grund von Versuchen der Schweizerischen Landeshydrographie.

Von W. Zuppinger, konsult. Ingenieur in Zürich.

Es kann vielleicht als eine Anmassung aufgefasst werden, dass ich mir erlaube, über Messmethoden zu berichten, über die ich noch keine eigenen Erfahrungen besitze, und sogar über bezügliche Versuche, denen ich nicht einmal selbst beigewohnt habe. Was mich dazu bewegt ist die Tatsache, dass diese Messmethoden meines Wissens noch wenig bekannt sind und dass sich an die bezüglichen Versuche mancherlei Betrachtungen knüpfen lassen, die namentlich vom turbinentechnischen Standpunkt aus Interesse bieten.

Die Direktion der Schweizerischen Landeshydrographie hat es in sehr verdankenswerter Weise unternommen, gleichsam als Fortsetzung jenes ausgezeichneten Werkes von Dr. Epper über die „Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz“, eine Reihe von Mitteilungen (Communications du Service de l'Hydrographie Nationale) aus diesem Gebiete, in ungezwungener Reihenfolge und abwechselnd in den drei Landessprachen zu veröffentlichen. Bereits sind zwei Nummern dieser Mitteilungen erschienen, die durch das Sekretariat der Schweizerischen Landeshydrographie bezogen werden können:

No. 1. *Jaugeages par Titrations et Essais comparatifs effectués à l'usine hydro-électrique de l'Ackersand près Stalden (Viège)*, simultanément avec une solution salée, un moulinet électrique, un rideau et un déversoir, par le Dr. Léon W. Collet, le Dr. R. Mellet et l'Ing. O. Lutschg. Avec 2 planches. 1913. Prix Fr. 1.—.

No. 2. *Vergleichs-Versuche mit Flügel- und Schirmapparat zur Bestimmung von Wassermengen*, durchgeführt im Elektrizitätswerk Ackersand bei Visp, von Ing. O. Lutschg. Mit 13 Beilagen. 1913. Preis Fr. 1.50.

Zum Zwecke, diese Publikationen einem grösseren Leserkreis bekannt zu machen, wie sie es in hohem Grade verdienen, soll in Folgendem, mit Einwilligung der Verfasser, auszugsweise über die bezüglichen Versuche berichtet und nebenbei darüber diskutiert werden, soweit es sich um allgemeine Anwendung dieser Messmethoden bei Untersuchungen von Turbinen handelt.

Während in vielen, auch bedeutenden neuzeitlichen Wasserkraftanlagen beim Projektieren und beim Bau von solchen gar keine Rücksicht genommen wird auf die jederzeitige Möglichkeit einer einwandfreien Wassermessung, ist für letzteres in hohem Masse vorgesorgt worden beim Elektrizitätswerk Ackersand bei Stalden (Visp)<sup>1)</sup>.

In richtiger Erkenntnis der Wichtigkeit für jedes industrielle Werk, den Nutzeffekt seiner Motoren möglichst genau zu kennen und ihn von Zeit zu Zeit zu kontrollieren, wurde im Elektrizitätswerk Ackersand nicht nur ein Teil des Abflusskanals auf 35 m Länge speziell als Messkanal gebaut, sondern es wurde damit gleichzeitig auch eine „Schirmanstalt“ eingerichtet (die erste in der Schweiz), wozu der Messkanal mit besonderer Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt werden musste. Am Ende dieses Kanals wurde noch eine Schütze eingebaut, die teils zum regulieren des Wasserstandes, teils als Ueberfall dienen sollte. Auf diese Weise kann man dort jederzeit Wassermessungen vornehmen, sowohl mit Schirm als mit Flügel und mit Ueberfall, und es hat die Direktion jenes Werkes in zuvorkommender Weise der Direktion der Schweizerischen Landeshydrographie ihre Anlage für Versuchszwecke zur Verfügung gestellt.

Die Turbinenanlage Ackersand ermöglicht es aber auch, neben oben erwähnten drei Messmethoden noch eine vierte anzuwenden: die neueste, die es heute gibt und die darin besteht, die Wassermenge auf chemischem Wege zu bestimmen.

Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen die Gesamtdisposition sämtlicher Versuchseinrichtungen im Ackersand. Das Wasser liefert die Saaser-Visp mit einem Nettogefälle von rund 700 Metern. Es sind fünf Pelton-turbinen mit zugehörigen Generatoren vorgesehen von je 5500 PS mit 500 Uml./Min., von denen jedoch erst zwei Gruppen aufgestellt sind.

Von den Messungen sollen in folgendem hauptsächlich die zwei nach den neueren Methoden mit Salzlösung und mit Schirm näher behandelt werden.

Die chemische Messmethode mit Salzlösung wurde namentlich durch Ing. A. Boucher und Prof. Dr. R. Mellet bekannt gemacht<sup>2)</sup>. Aber die bisherigen Versuche waren alle ohne weiteren Vergleich mit andern Messmethoden

<sup>1)</sup> Beschreibung in der Schweiz. Bauzeitung 1909, Band LIV No. 19 und 20 (auch als Sonderabzug erschienen).

<sup>2)</sup> Bulletin technique de la Suisse romande 1910 Nr. 11: *Jaugeages par titrations* par A. Boucher, et application de la titration des chlorures au jaugeage de débit par le Dr. R. Mellet.

ausgeführt worden, erlaubten somit kein richtiges Urteil über ihre Genauigkeit.

Der Direktor und der Adjunkt der Schweizerischen Landeshydrographie, Dr. *Léon W. Collet* und Ing. *O. Lüttschg*, haben es deshalb unternommen, dieses Verfahren ebenfalls zu erproben und zwar, wie bereits erwähnt, unter gleichzeitiger Kontrolle mittelst Messchirm, Flügel und Ueberfall. Die chemische Analyse der Salzlösungen wurde dabei durch Herrn Prof. Dr. *Mellet* ausgeführt.

#### Wassermessmethode mit Salzlösung. (*Jaugeage par Titration.*)

Wenn man eine konzentrierte Kochsalzlösung während einiger Zeit ganz gleichmässig in einen Wasserlauf oder in eine Turbine zuführt und dann in einer gewissen Entfernung von der Einführungsstelle eine Mischungssprobe des Wassers entnimmt, kann man aus dem Verdünnungsgrade der Lösung auf die Wassermenge schliessen.

Bedeute  $q_1$  diese gleichmässig zugeführte konzentrierte Salzlösung pro Sekunde und  $Q_2$  die durch das Betriebswasser verdünnte Lösung bzw. das gesalzene Betriebswasser pro Sekunde, so ist  $\frac{Q_2}{q_1} = \frac{k_1}{k_2}$ , wenn  $k_1$  und  $k_2$  den Konzentrierungsgrad der beiden Flüssigkeiten vor und nach ihrer Mischung darstellen.

Enthalte z. B. die zugeführte konzentrierte Lösung (solution initiale) 300 g Salz auf 1 Liter Wasser ( $k_1 = 300$ ), und führen wir von dieser Lösung konstant  $q_1 = 0,1$  Liter in der Sekunde dem natürlichen Betriebswasser zu, so brauchen wir also  $S_1 = k_1 \times q_1 = 30 \text{ g Salz in der Sekunde}$  für unsere Operation.

zentrierten Salzlösung zu erreichen, die in dem oberen Fass  $a$  von etwa 200 Liter Inhalt aufbewahrt war.

Durch den Hahn  $b$  und die Düse  $d$  wird der Ausfluss derart reguliert, dass am oberen Rand des Zylinders  $c$  immer noch ein wenig Lösung überläuft. Dieser Ueberschuss fliesst zunächst in den Kübel  $e$  und dann seitlich ab bei  $f$ , um im Gefässe  $g$  aufgefangen zu werden, von wo dann die überschüssige Lösung von Zeit zu Zeit wieder in das Fass  $a$  zur Wiederverwendung geschüttet wird.

Die Ausflussgeschwindigkeit der Lösung aus der Düse  $d$  ist bestimmt durch die Druckhöhe  $h$ , wobei durch den Ueberlauf ein absolut gleichmässiger Abfluss gesichert wird. Bei Versuch III A betrug die Höhe  $h = 3,965 \text{ m}$ . Bei III B dagegen war  $h$  nur  $= 0,350 \text{ m}$  (siehe Abb. 2), weil im letztern Fall unglücklicherweise nicht genug Platz für eine grössere Höhe vorhanden war. Damit der Messungsfehler möglichst klein ausfällt, soll die Druckhöhe  $h$  möglichst gross gewählt werden.

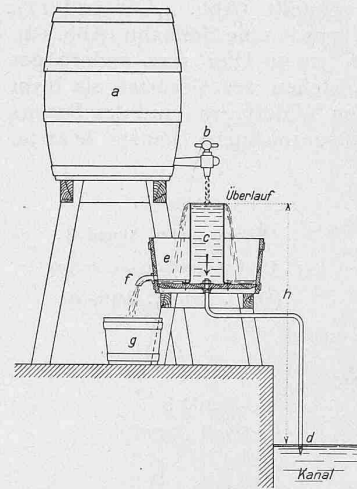


Abbildung 5.

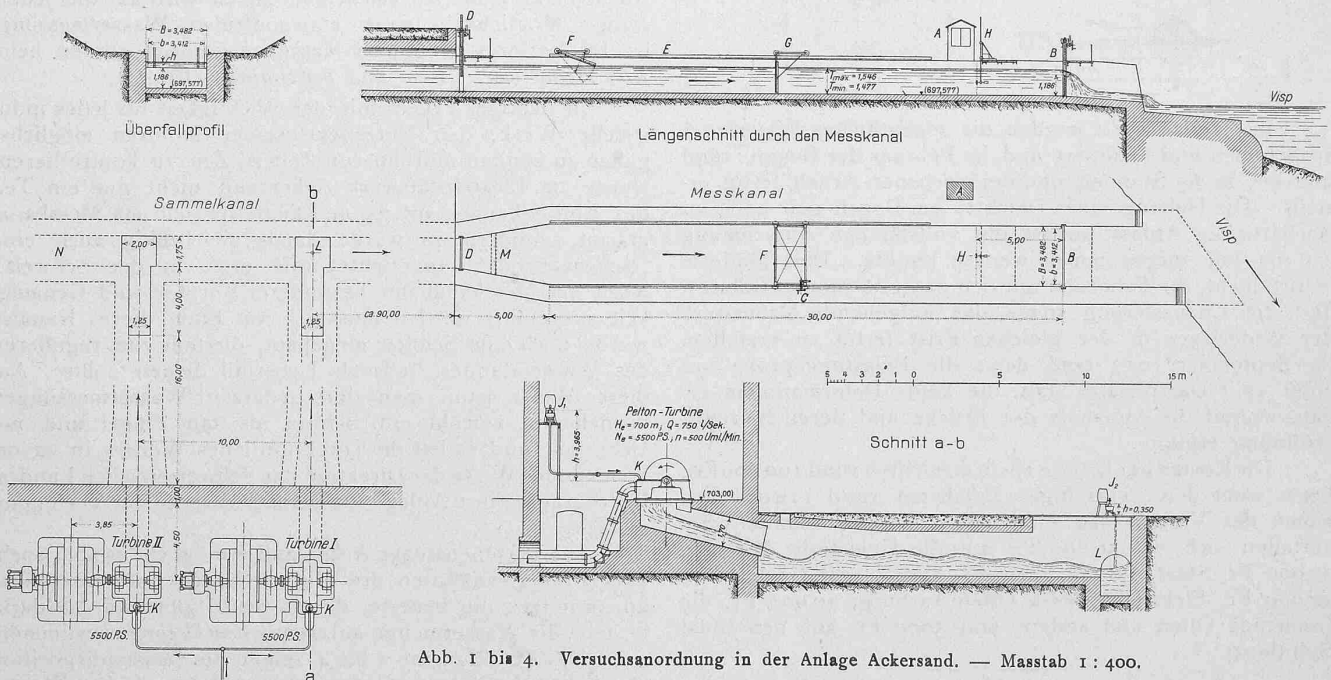


Abb. 1 bis 4. Versuchsanordnung in der Anlage Ackersand. — Masstab 1:400.

Wenn nun das gesalzene Betriebswasser (solution finale) z. B. nur noch 0,03 g Salz auf 1 Liter ( $k_2 = 0,03$ ) enthält, so ist die Betriebswassermenge

$Q_2 = \frac{k_1 \times q_1}{k_2} = \frac{300 \times 0,1}{0,03} = 1000 \text{ l/sek.}$  Ganz exakt gerechnet, wäre  $Q_2 = 1000 - 0,1 = 999,9 \text{ l/sek.}$

Um nun mittelst dieses chemischen Verfahrens eine genaue Wassermessung zu erlangen, müssen folgende drei Bedingungen vorausgesetzt werden:

1. Gleichmässige Zuführung der konzentrierten Salzlösung.
2. Vollkommene Mischung mit dem Betriebswasser.
3. Genaue Analyse (Titration) der konzentrierten und der verdünnten Salzlösung.

Abbildung 5 zeigt den für diese Versuche benützten Apparat, um einen genau gleichmässigen Zufluss der kon-

Als Salz verwendet man gewöhnliches Kochsalz. Da dieses aber in der Regel unrein ist und dadurch die Ausflussdüse sich leicht verstopfen könnte, ist es notwendig, die Salzlösung vor dem Gebrauch durch ein Tuch zu filtrieren und aus dem gleichen Grunde dafür zu sorgen, dass auch sämtliche Gefässe vollkommen rein seien. Um die Menge der ausfliessenden Salzlösung zu bestimmen, macht man Vorversuche mit irgend einem geeigneten Messgefäss, und zwar nicht etwa mit gewöhnlichem Wasser, sondern genau mit derselben Salzlösung, die nachher für die Wassermessung verwendet werden soll.

Die vollkommene Mischung der Salzlösung mit dem Betriebswasser hängt nun natürlich ganz von den jeweiligen Verhältnissen einer Anlage bzw. von der mehr oder weniger turbulenten Bewegung des Wassers ab. Untersuchen



wir zunächst die Verhältnisse bei einer *Turbine*, so wird jedenfalls das System derselben, sowie das vorhandene Gefälle von besonderem Einfluss sein. Ich glaube kaum, dass z. B. bei einer Francisturbine mit niedrigem Gefälle eine vollkommene Mischung zu erreichen sein würde, auch wenn die Salzlösung vor dem Eintritt in die Turbine zugeführt wird, obwohl sich ja bekanntlich beim Austritt aus dieser oft sehr heftige Wirbel zeigen. Letzteres ist besonders der Fall, wenn die Turbine schlecht ist; wenn auch die Wirbel nicht gerade ein Masstab sind für die Güte einer Turbine, denn wie ich in einem früheren Aufsatz<sup>1)</sup> dargelegt, können unter Umständen auch bei der besten Francisturbine solche Wirbel auftreten. Jedenfalls sind letztere umso stärker, je höher das Gefälle, bzw. je grösser die Ausflussgeschwindigkeit des Wassers aus der Turbine ist. Das Wassermesssystem mit Salzlösung wird sich daher wahrscheinlich meistens auf Hochdruckturbinen, insbesondere auf Peltonturbinen beschränken müssen, in deren Gehäuse ja bekanntlich das Wasser auf die unbarmherzigste Weise herumgepeitscht wird.

Die Peltonturbinen im Ackersand mit 700 m Gefälle eigneten sich somit vorzüglich zu solchen Versuchen, und zwar wurde hier die konzentrierte Salzlösung einmal direkt in die Turbinen bei *K*, das andere Mal im Ablaufkanal im Punkte *L* eingeführt (siehe Abb. 1). Wie aus der Abb. 2 ersichtlich, hat der Kanal unmittelbar unter der Turbine behufs raschen Ablaufs des Wassers ein Gefälle von rd. 20°, infolgedessen das Wasser in sehr heftige Wallungen gerät, die sich sogar bis auf 90 m Entfernung fortpflanzen. Es musste deshalb dort eine Beruhigungsschleuse *D* eingebaut werden, um auch die übrigen Messungen mit Schirm und Flügel ohne Störung ausführen zu können. Die Entnahme der verdünnten Salzlösung geschah bei *M* in vielen auf das ganze Profil verteilten Punkten, sodass unter solchen Umständen die Mischung in der Tat eine vollkommene war.

Anders verhält es sich im allgemeinen bei gewöhnlichen offenen Flüssen und Kanälen, namentlich bei Zuflusskanälen von grossem Querschnitt mit relativ ruhiger Strömung, wo diese neue Wassermessmethode jedenfalls nicht anwendbar ist; wohl aber kann sie z. B. für *Wildbäche* Anwendung finden. Bei letzteren versagen bekanntlich meistens die bisher bekannten Wassermessmethoden. Für Flügelmessung sind hinderlich das unregelmässige und niedrige Wasserprofil, sowie oft mitgeführtes Geschiebe und Sand. Auch für den Einbau eines Ueberfalls bieten sich meist eine Menge von Schwierigkeiten, worunter nicht zuletzt die unvermeidlichen Wasserverluste. Es ist deshalb das neue Messverfahren auf chemischem Wege mittelst Salz jedenfalls für Wildbäche von ganz besonderer Wichtigkeit, sind doch hier häufig Messungen notwendig zur Berechnung von Staubecken-Anlagen oder überhaupt zur Bestimmung der Schwankungen der Wassermengen für eine auszunützende Wasserkraft usw.

Um nun zu untersuchen, ob in einem solchen Bach die Wirkung eine vollkommene sei, macht man anstatt mit Salz eine Vorprobe mit Fluorescin. Es ist das ein gelber Farbstoff, der, in das Wasser gebracht, letzteres dunkelgrün färbt. Bleibt hierbei die Färbung auf einzelne Wasserfäden beschränkt, so ist das ein Zeichen, dass die Mischung noch keine vollkommene ist, wobei dann leicht durch Einschaltung weiterer Hindernisse die Gefällsbrüche und Wirbel zu vermehren sind, behufs besserer Mischung.

Die *chemische Analyse*, um das Wasser auf seinen Salzgehalt zu prüfen, beruht auf dem volumetrischen Titrationverfahren und wird von Herrn Prof. Dr. Mellet folgendermassen charakterisiert<sup>2)</sup>:

<sup>1)</sup> W. Zuppinger, Versuche und Erfahrungen aus dem Wasserturbinenbau. Sonderabdruck aus der Schweiz. Bauzeitung 1911. Band LVII.

<sup>2)</sup> Diese Definition der chemischen Analyse, in korrekter Uebersetzung aus dem französischen Text verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Dr. Mellet. Nähere Angaben darüber finden sich in dem anfangs erwähnten Bulletin technique de la Suisse romande 1910, No. 11, von demselben Verfasser sowie in No. 1 der Mitteilungen der Schweizerischen Landeshydrographie.

„Die beste Methode, um in der Industrie neutrale Alkalichloridlösungen zu bestimmen, ist diejenige von Mohr, die sich auf die Anwendung einer titrierten Silbernitratlösung stützt, wobei als Indikator eine Lösung von neutralem chromsaurem Kalium angewendet wird. Die Beigabe der Silbersalzlösung zu der Chloridlösung veranlasst die Bildung eines weissen Silberchlorid-Niederschlags in der durch das chromsaure Salz zitronengelb gefärbten Flüssigkeit. Sobald die Reaktion stattgefunden hat, d. h. sobald die Chlorverbindung ganz niedergeschlagen ist, reagiert der Ueberschuss an Silberlösung mit dem Indikator und bildet einen rotbraunen Chromsäuresilber-Niederschlag, was daraus hervorgeht, dass bei dem ersten überschüssigen Tropfen eine leichte Färbung der zitronengelben Flüssigkeit in eine orangegelbe zu erkennen ist.“

Diese Analyse wird bei drei verschiedenen, je in kleinen Quantitäten erhobenen Wasserproben vorgenommen.

1. bei der zuzuführenden konzentrierten Salzlösung (solution initiale);
2. bei dem natürlichen Betriebswasser;
3. bei dem gesalzenen Betriebswasser (solution finale).

Zum Ausscheiden des Salzes braucht man zwei Reagenzlösungen:

Silbernitrat etwa 1,5 bis 2 g auf 1 l destilliertes Wasser. Chromsaures Kalium etwa 5 g per 100 cm<sup>3</sup> „ „

Folgende Tabelle zeigt den Gang der Versuche und die Resultate, die im Wasserwerk Ackersand am 10. September 1912 gleichzeitig mit genauen Schirmmessungen vorgenommen wurden.

Tabelle I  
Versuche mit Salzlösung.

| 1. Versuchsdaten:                                                                                 |                 |                     |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| Messungsgruppe . . . . .                                                                          |                 | III A.              | III B.            |
| Zeit des Versuches . . . . .                                                                      | Uhr             | 11—11 <sup>20</sup> | 4—4 <sup>07</sup> |
| Dauer des Versuches . . . . .                                                                     | Min.            | 20                  | 7                 |
| Ort des Versuches . . . . . (s. Abb. 1)                                                           |                 | K—M                 | L—M               |
| 2. Betriebsverhältnisse:                                                                          |                 |                     |                   |
| Anzahl der Turbinen in Betrieb . . .                                                              |                 | 2                   | 2                 |
| Mittlere Wasserspiegelhöhe ü. M. $H_w =$                                                          | m               | 699,123             | 699,118           |
| Mittlere Wassertiefe . . . . . $T =$                                                              | m               | 1,546               | 1,541             |
| 3. Zugeführte konzentrierte Salzlösung:                                                           |                 |                     |                   |
| Zugeführte Menge pro Sekunde . . . $q_1 =$                                                        | Liter           | 0,114525            | 0,121183          |
| Die Zuführung geschah während . . .                                                               | Min.            | 20                  | 7                 |
| Also verbrauchte konz. Salzlösung total                                                           | Liter           | 138                 | 51                |
| 4. Untersuchung des natürlichen Betriebswassers auf Salzgehalt:                                   |                 |                     |                   |
| Um 1 Liter desselben zu titrieren, brauchte man Silbernitrat . . . . . $N_0 =$                    | cm <sup>3</sup> | 1,6                 | 1,6               |
| 5. Analyse der zugeführten konzentrierten Salzlösung:                                             |                 |                     |                   |
| Verdünnung von 5 cm <sup>3</sup> Salzlösung auf .                                                 | cm <sup>3</sup> | 500                 | 500               |
| Davon hat man eine Probe entnommen von                                                            | cm <sup>3</sup> | 10                  | 10                |
| Diese ist analysiert worden mittelst Silbernitratlösung . . . . . $n_1 =$                         | cm <sup>3</sup> | 42,25               | 43,30             |
| Also brauchte man pro 1 Liter Salzlösung Silbernitratlösung . . . . . $N_1 =$                     | cm <sup>3</sup> | 422500              | 433000            |
| 6. Analyse der durch das Betriebswasser verdünnten Salzlösung:                                    |                 |                     |                   |
| Es wurden 6 Proben gesalzenen Betriebswasser entnommen nach Ablauf von .                          | Min.            | 7 bis 20            | 5 bis 8           |
| Um 1 Liter desselben zu titrieren, brauchte man im Mittel an Silbernitratlösung . . . . . $N_2 =$ | cm <sup>3</sup> | 37,2675             | 41,8              |
| 7. Resultate der Messung:                                                                         |                 |                     |                   |
| Betriebswassermenge $Q_2 = q_1 \frac{N_1}{N_2 - N_0} - q_1 =$                                     | Liter           | 1356                | 1305              |
| Verdünnung der Salzlösung $\frac{Q_2}{q_1} = \frac{k_1}{k_2} =$                                   |                 | 11800               | 10800             |

Aus diesen beiden Versuchen ergibt sich eine Differenz von 51 l oder rund 4%, und diese erklärt Dr. Collet mit dem Umstande, dass bei Versuch III A, wo die konzentrierte Salzlösung direkt den beiden Turbinen bei K (siehe Abb. 1) zugeführt wurde, ein Verlust an verdünnter Salzlösung stattgefunden habe durch Mitteilung an das in dem Sackkanal N in Ruhe befindliche Wasser. Dieser Sackkanal hat eine Länge von 30 m und dient als Sammelkanal für die später aufzustellenden drei Turbinen. Durch die grössere Verdünnung der Salzlösung infolge des Sackkanals ergab sich die berechnete Wassermenge effektiv als zu gross.

Beim Versuch III B, wo die Salzlösung bei der Stelle L zugeführt wurde, war der Sackkanal nicht mehr im Kontakt mit der Salzlösung, weil unterbrochen durch das von der Turbine II hinzuströmende Wasser.

Uebrigens darf man die Resultate der beiden Versuche III A und III B nicht unmittelbar miteinander vergleichen, weil im ersten Fall der Wasserspiegel 5 mm höher stand als im zweiten. So geringfügig dies erscheint bei einer Wassertiefe von 1,546 m bzw. 1,541 m, entspricht diese scheinbar kleine Differenz wegen dem vorhandenen Ueberfall schon einem Mehrwasser von 20 l oder rund 1,5%. Der wirkliche Unterschied der Wassermenge bei den Versuchen III A und III B beträgt also bloss rund die Hälfte des scheinbaren.

Bei Versuch III A geschah die Zuführung der Salzlösung nicht direkt in die Turbinengehäuse, weil sonst durch die dort herrschende Aspiration mehr Lösung angesaugt worden wäre als bei den Vorversuchen konstatiert worden war. Es wurden deshalb besondere Vorkehrungen getroffen, um dies zu verhüten. Sicherer wäre allerdings nach meiner Ansicht, die Salzlösung in den Oberwasserkanal vor Eintritt in die Rohrleitung einzuführen, was aber bei grossen Distanzen etwas unbequem sein wird für die Uebersichtlichkeit der Versuche.

(Schluss folgt.)

## Die evangelische Kirche Romanshorn.

Erbaut durch *Pflegard & Häfeli*, Architekten, Zürich und St. Gallen.  
(Mit Tafeln 10 bis 13.)

Das durch die Klarheit seiner Gliederung, durch seine Einfachheit von vornherein ansprechende Gotteshaus erhebt sich an erhöhter Stelle, auf einer immerhin ziemlich flachen

Bodenwelle der Gemeinde Romanshorn (Abbildung 1 und Tafel 10). Sein schlanker Turm mit kupferbe- wehrtem Helm grüsst weit über das Land und lädt durch seine Aussichtsgalerien zum Besteigen ein; in der Tat gewähren diese die Gelegenheit zu einer prachtvollen Rund- sicht. Aus den vier Pyramiden- flächen, mit denen der Helm ansetzt, wächst all- mählich ein Achteck mit Lukarnen heraus, sodass die Turmspitze achtseitig ist. Beim Näherkommen treiben dann die perspek- tivischen, aus gewissen Nahstandpunkten betrachtet unsymmetrischen Ueber- schnidungen von vier- und achtseitiger Pyramide das bekannte neckische Spiel, das den Helm auf den ersten Blick als schief er- scheinen lässt (Abb. 1). Nicht alle Romanshorner schätzen diese Eigentüm- lichkeit der feinen Linien ihres neuen Kirchturms. Aber es ist ganz zweifellos, dass man dieses Linien- spiel an einer mittelalter- lichen Turmspitze entzük- kend finden würde. Und mit Recht; man muss nur, wie überall im Leben, zur

Beurteilung die richtige Distanz nehmen, aus der die unwesentlichen Einzelheiten zurücktreten und die Beurteilung des Werkes als Ganzes nicht beeinträchtigen. Dass

die neue Romans- horner Kirche aber schon im Aeussern sehr feine Einzel- heiten aufweist, zei- gen unsere Bild- chen 2 und 3, die die Kanten- und Flä- chenbehandlung der Sandsteinmauern veranschaulichen.

Tritt man durch den Haupteingang ins Innere, so fällt der Blick auf die gegenüberliegende, farbig ausgemalte Kanzelrückwand, die nischenartig ausge- bildet durch ihr ab- getrepptes Umrah- mungsprofil eine ge- schickt gesteigerte Tiefenwirkung aus- übt (Tafel 11 und 13,



Abb. 1. Gesamtansicht aus Osten.

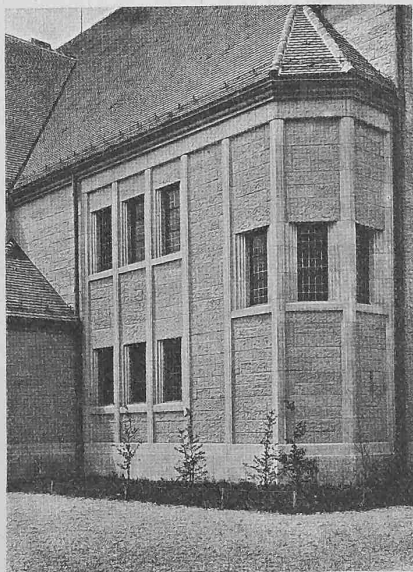


Abb. 2. Von der östlichen Ecke.

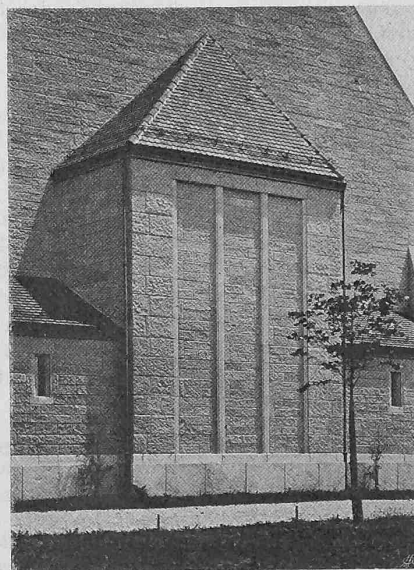


Abb. 3. Von der Südwest-Seite.