

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	77/78 (1921)
Heft:	20
Artikel:	Bestimmung der Durchfluss-Koeffizienten für das Stauwehr Augst-Wyhlen
Autor:	Fröhlich, E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-37349

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: 22.02.2026

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

INHALT: Bestimmung der Durchfluss-Koeffizienten für das Stauwehr Augst-Wyhlen. — Fabrik- und Wohnbauten in Wädenswil. — Zur Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes Wäggital. — Miscellanea: Projektiertes unterirdisches Kraftwerk an der Dordogne. Welttelegraphen-Denkmal in Bern. Neubauten für die Hochschule in Maienland. Ein neues Anlassverfahren für Gleichstrom-Motoren. — Konkurrenzen: Kirchliches

Gemeindehaus in Zürich-Wollishofen. Verwaltungsgebäude des städtischen Elektrizitäts- und Wasserwerkes in Arau. — Korrespondenz. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender der G. e. P. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein: Protokoll, Einladung, Stellenvermittlung.

Band 78. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 20.

Bestimmung der Durchfluss-Koeffizienten für das Stauwehr Augst-Wyhlen.

Von Ingenieur E. Fröhlich, Gas- und Wasserwerk, Basel.

I. Die Wehranlage.

Das Stauwehr Augst-Wyhlen¹⁾, das zur Gewinnung hydroelektrischer Energie in den Jahren 1908 bis 1912 etwa 10 km oberhalb Basel quer über den Rhein erstellt worden ist, besitzt zehn Öffnungen von je 17,50 m Lichtweite (Abb. 1 und 2, S. 235). Die neun steinernen, 21,70 m langen Strompfeiler sind oberhalb der Schützenlinie 4,20 m, unterhalb derselben 3,70 m breit und flussaufwärts spitzbogen-, flussabwärts halbkreisförmig abgeschlossen. Die zwischen den Pfeilern eingespannte feste Wehrschwelle ist in der Flussrichtung gemessen 16,85 m lang und besitzt eine 5 m breite, ebene Krone, einen unter 45° gegen die Horizontale abfallenden Rücken und ein horizontales, bis unterhalb die unteren Dammbalken reichendes Sturzbett. Die Wehrkrone liegt in allen zehn Öffnungen mit 254,50 m. ü. M. auf der nämlichen, der mittleren Sohlenhöhe des ursprünglichen Flusses entsprechenden Kote, wogegen die Höhenlage des Sturzbodens, die jeweilen der örtlichen Höhe des gewachsenen Felsens entspricht, von Öffnung zu Öffnung verschieden ist. Der Höhenunterschied zwischen Wehrkrone und Sturzboden ist in der Wehröffnung Nr. 5 mit 4,8 m am grössten und nimmt gegen die Ufer hin ab bis auf 1,0 m in der rechts-

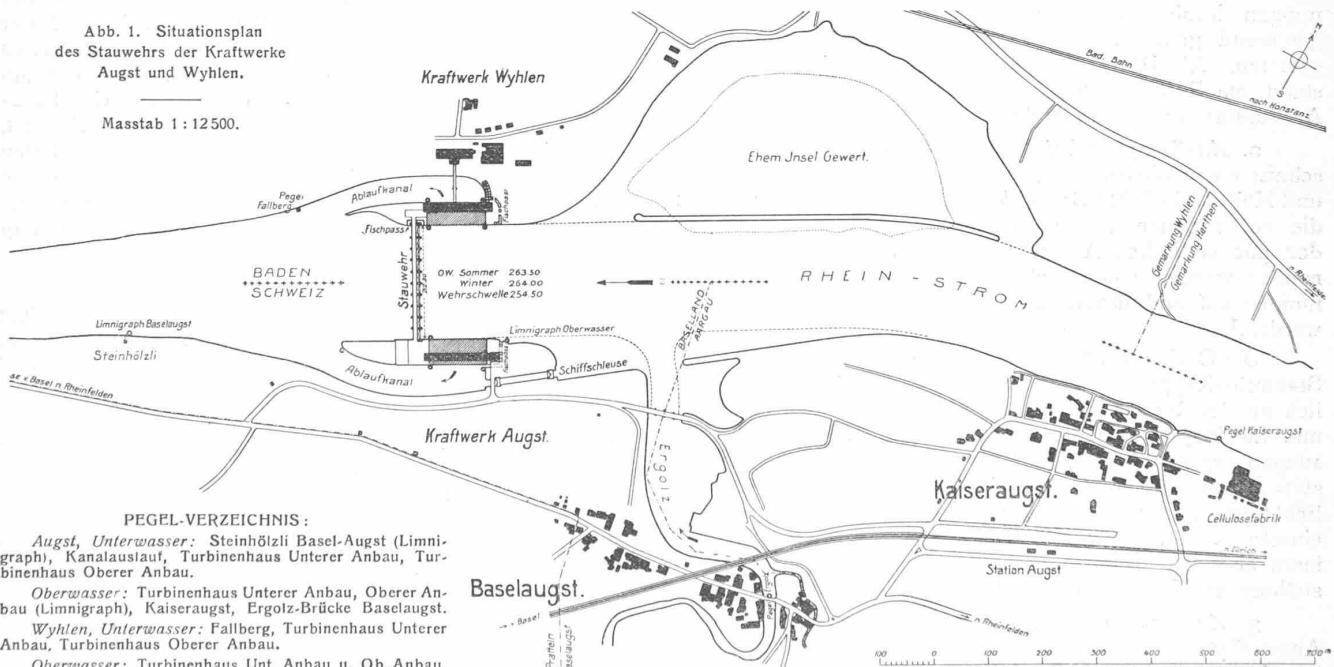
Durch Heben und Senken der einzelnen Schützen und Eisklappen wird der Abfluss des Oberwassers in der Weise reguliert, dass der Oberwasserspiegel bei Nieder- und Mittelwasser auf Kote 264,0 und bei höheren Wasserständen auf Kote 263,5 konstant bleibt.

Unmittelbar an das Wehr, dessen höchster Stau bei Niederwasser 8 m beträgt, schliessen flussaufwärts parallel zur Stromaxe und zu dieser symmetrisch liegend, die beiden Krafthäuser an, rechtsrheinisch in Wyhlen¹⁾ die Anlage der Kraftübertragungswerke Rheinfelden und linksrheinisch in Augst²⁾ jene des Kantons Baselstadt. Kurze Ablaufkanäle leiten das verbrauchte Betriebswasser 150 m unterhalb des Wehres wieder in den Rhein zurück (Abbildung 1).

Am 24. Dezember 1918 trat zum ersten Mal seit der Inbetriebnahme der Anlagen ein „ausserordentliches“ Hochwasser ein. Der Rhein stieg am massgebenden Pegel an der Schiffslände in Basel von Mittelwasserhöhe aus innerhalb 30 Stunden um 3,3 m und überstieg mit einem Maximalstand daselbst von 4,3 m den Stand der jährlich wiederkehrenden „gewöhnlichen“ Hochwasser um etwa 1½ m. Bei diesem ersten grossen Hochwasser hatten sich die Durchflussverhältnisse am Stauwehr insofern als recht günstig erwiesen, als zur Abführung der sehr beträchtlichen Hochwassermenge schon die Freigabe eines verhältnismässig nur kleinen Teiles des bei gänzlicher Öffnung sämtlicher Wehrschützen total vorhandenen Durchflussquerschnittes genügte. Diese Beobachtung gab Veranlassung, die Grösse

Abb. 1. Situationsplan des Stauwehrs der Kraftwerke Augst und Wyhlen.

Masstab 1:12500.



PEGEL-VERZEICHNIS:

Augst, Unterwasser: Steinholzli Basel-Augst (Limnigraph), Kanalaufstieg, Turbinenhaus Unterer Anbau, Turbinenhaus Oberer Anbau.

Oberwasser: Turbinenhaus Unterer Anbau, Oberer Anbau (Limnigraph), Kaiseraugst, Ergolz-Brücke Basel-Augst.

Wyhlen, Unterwasser: Fallberg, Turbinenhaus Unterer Anbau, Turbinenhaus Oberer Anbau.

Oberwasser: Turbinenhaus Unt. Anbau u. Ob. Anbau.

seitigen Landöffnung Nr. 10 und 0,9 m in der linksseitigen Landöffnung Nr. 1. Pfeiler und Schwellen des Wehres sind mit gespitzten Granitquadern verkleidet.

Jede Wehröffnung ist verschliessbar durch eine 9,5 m hohe Schützentafel, deren ebene Blechhaut durch eine unterwasserseitig angeordnete Tragkonstruktion abgestützt ist. Die vier Schützen Nr. 1, 4, 7 und 10 sind mit 15,82 m breiten und 2,5 m hohen umlegbaren Eisklappen versehen.

¹⁾ Ein gehende Beschreibung «Schweizer. Bauzeitung» Band LXI, Seite 167 u. ff. (März bis Mai 1913).

der Durchflusskoeffizienten nachzuprüfen, eine Aufgabe, an deren Durchführung um so eher herangetreten werden konnte, als die dazu nötigen Unterlagen nicht erst gesammelt werden mussten, sondern in den Tagesrapporten über den Betrieb des Stauwehrs und der Zentralen Augst und Wyhlen, sowie in zahlreich vorhandenen Pegel-Ablesungen und Wassermessungen in ausreichendem Masse bereits vorhanden waren.

²⁾ «S. B. Z.» Band LXII, Seiten 1 u. ff. (Juli bis Oktober 1913).

²⁾ «S. B. Z.» Band LXIII, Seiten 1 u. ff. (Januar bis März 1914).

II. Koeffizienten für Ausfluss unter Wasser.

So lange der Wasserabfluss am Wehr nicht auf einzelne Öffnungen konzentriert, sondern annähernd gleichmäßig auf mehrere Öffnungen verteilt wird, tauchen die angehobenen Schützen erfahrungsgemäß etwa 2 bis 3 m tief ins Unterwasser ein, sodass im normalen Werkbetriebe und soweit nicht Wasser in freiem Ueberfall über umgelegte Eisklappen abfließt, die Abströmung des Wehrwassers sich stets als „Ausfluss unter Wasser“ vollzieht, entsprechend der Formel

$$Q = \mu \cdot b \cdot h_2 \cdot \sqrt{2g (h_1 + k)}.$$

Q bedeutet dabei die Durchflussmenge, b die lichte Breite der Wehröffnung, h_1 die Gefällshöhe, h_2 die Höhe der Ausflussöffnung, $k = \frac{v^2}{2g}$ die Geschwindigkeitshöhe des an kommenden Wassers, und μ ist der Ausflusskoeffizient, der als unbekannt anzusehen und durch Messung von Q , h_1 , h_2 , b und k zu bestimmen ist.

A. Erhebung des Beobachtungsmaterials.

1. *Gefällshöhe am Wehr.* Die Höhe des Unterwasserspiegels am Wehr wurde abgeleitet aus der Höhe des Unterwasserspiegels am Turbinenhaus Augst unter Abzug des gemessenen Kanalgefälles und Hinzurechnung des normalen Flussgefälles für die Strecke zwischen Kanalende und Wehr. Eine Mitberücksichtigung der Unterwasserstände im Ablaufkanal Wyhlen zur Festlegung der Unterwasserstände am Wehr wurde als entbehrlich erachtet, weil die Spiegelhöhen der beidseitigen Kanalausläufe bei höhern Wasserständen und annähernd gleicher Belastung in Augst und in Wyhlen erfahrungsgemäß praktisch die nämlichen sind. Die Höhe des Oberwasserspiegels am Wehr ist gegeben durch den Wasserstand am „Limnigraph Oberwasser“, der auf dem linksseitigen oberen Vorkopf 160 m oberhalb des Wehres sich befindet und dessen Aufzeichnungen infolge des geringen Gefälles der Stauhaltung genügend genau mit der Spiegelhöhe am Wehr übereinstimmen. Als Differenz zwischen Ober- und Unterwasserstand am Wehr ergibt sich die für die Berechnung der Ausflussmenge massgebende Gefällshöhe h_1 .

2. *Ausflussquerschnitt.* Der rechteckige Ausflussquerschnitt einer Wehröffnung ist bestimmt durch seine Breite und Höhe. Die lichte Breite b beträgt planmäßig 17,50 m; die vorhandenen kleinen Abweichungen hiervon, die bei der pneumatischen Absenkung der Pfeiler nicht zu vermeiden waren, heben sich für je zwei benachbarte Öffnungen auf und dürfen daher ohne weiteres vernachlässigt werden.¹⁾

Die Öffnungshöhen der einzelnen Schützen sind den Stauwehr-Rapporten entnommen, in denen die viertelständlich an den Indikatoren abgelesenen Stände aller Schützen und Eisklappen fortlaufend notiert werden. Wie Nachmessungen ergeben haben, sind indessen die Indikatorangaben stets etwas grösser als die wirklichen Öffnungshöhen der Schützen. Die anzubringenden Korrekturen sind für die einzelne Schütze für alle Öffnungshöhen konstant, variieren aber von Schütze zu Schütze infolge ungleicher Einstellung der Indikatornullpunkte von 2 bis 10 cm.

3. *Ausflussmenge.* Die Wassermenge des Rheines in Augst-Wyhlen kann ermittelt werden als Differenz zwischen der Abflussmenge des Rheines Q_B am Basler Pegel²⁾ und jener der Birs Q_b am Pegel Münchenstein³⁾. Zieht man von der Rheinwassermenge oberhalb der Birs noch die Beträge ab, die durch die Turbinen der beiden Zentralen Augst und Wyhlen (Q_t) und über die n abgesenkten Eisklappen des Wehres ($n \cdot Q_e$) zum Abfluss gelangen, und

¹⁾ Vgl. die Fundationspläne Abb. 15 und 16 in Bd. LXI, S. 184/185 5. April 1913.

²⁾ Abflussmengentabellen des eidg. Amtes für Wasserwirtschaft vom 28. Dezember 1916 und vom 25. Dezember 1919.

³⁾ Abflussmengentabelle des eidg. Amtes für Wasserwirtschaft vom Januar 1919.

berücksichtigt man ferner die Verluste Q_v , die durch die intermittierende Rechenspülung in Augst, den Betrieb der Fischpässe und der Schiffschleuse sowie durch allfällige Undichtheiten am Stauwehr entstehen, so erhält man schliesslich die unter den angehobenen Wehrschrüten abfliessende Nettowassermenge

$$Q = Q_B - Q_b - Q_t - n \cdot Q_e - Q_v.$$

Die Turbinenwassermenge Q_t wurde bestimmt aus dem Turbinen-Nettogefälle H und der elektrischen Leistung, wobei für die betriebsmässigen Gesamtwirkungsgrade η der beiden Zentralen die nachfolgenden, in den obern Lagen aus Versuchen bekannten und in den unteren aus den Garantiewerten der Maschinenlieferanten abgeleiteten Mittelwerte in Rechnung gesetzt worden sind:

$$\begin{array}{ccccccc} H = & m & 7 & 6 & 5 & 4 & 3 \\ \eta = \% & 72 & 72 & 70 & 63 & 44 \end{array}$$

Die Wassermengen, die über die umgelegten Eisklappen zum Abfluss gelangen, sind ermittelt worden nach der Formel des freien Ueberfalles. Dabei wurde der Ueberfallkoeffizient mit Rücksicht auf die gute Abrundung der Ueberfallkante in der Endlage der Klappe zu 0,75 ($\frac{2}{3} \mu = 0,50$) angenommen. Die Breite einer Klappenöffnung beträgt theoretisch 15,82 m; die Seitenkontraktion an den scharfen Vertikalkanten des Klappenanschlages wurde beidseitig zu rund 0,4 m gemessen, sodass die wirksame Ueberfallbreite 15,0 m beträgt und die Ueberfallmenge sich aus der Ueberfallhöhe h_e zu rund $33 h_e^{3/2}$ ergibt.

Endlich wurden die Wasserverluste Q_v wie folgt eingeschätzt:

Bei einem Wasserstand

am Baslerpegel von m 2 3 4
Diverse Wasserverluste $Q_v = m^3/\text{sek}$ 6 9 12

4. Geschwindigkeitshöhe des an kommenden Wassers.

Die Berechnung der Geschwindigkeitshöhe bietet etwelche Schwierigkeiten, weil einerseits infolge der seitlichen Entnahme des Turbinenwassers und anderseits infolge der Abhängigkeit von der Wehr-Regulierung der Verlauf der Strömung und die Grösse des wirklich durchflossenen Wasserquerschnittes direkt oberhalb des Wehres nur ungenügend zu beurteilen sind. Da indessen die Geschwindigkeitshöhe im Vergleich zur Druckhöhe nur gering ist, so genügt es, näherungsweise als Zuflussquerschnitt den gesamten Wasserquerschnitt oberhalb des Wehres (rund 2000 m²) und als Zuflussmenge die Gesamtwassermenge des Flusses ohne Abzug des Turbinenwassers in Rechnung zu setzen.

B. Sichtung des Beobachtungsmaterials.

Für die Durchführung der Rechnung wurden aus dem Zeitraum vom 23. Dezember 1918 bis 31. Dezember 1919, der die grossen Hochwasser vom 24. Dezember 1918²⁾ und vom 29. Dezember 1919³⁾ in sich schliesst, alle die Zeitabschnitte herausgesucht, für die innert praktischen Grenzen die folgenden, mit Rücksicht auf eine genügende Genauigkeit der Endresultate aufgestellten Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

1. Der Oberwasserspiegel am Wehr, die Belastungen der beiden Zentralen Augst und Wyhlen und die Stellung der Eisklappen am Wehr müssen für die Dauer von mindestens zwei Stunden konstant sein.

2. Die Stellung der Wehrschrüten, der Unterwasserspiegel am Wehr sowie der Basler Pegel und der Birs Pegel Münchenstein müssen entweder konstant sein oder dürfen sich bei raschem Steigen oder Fallen des Rheines nur ändern in linearem Verhältnis mit der Zeit.

3. Die Öffnungshöhen sollen bei allen angehobenen Schützen annähernd gleich gross sein, sodass ein Mittelwert dafür in Rechnung gesetzt werden kann.

4. Die am Wehr ausfliessende Nettowassermenge muss mindestens zwei Drittel der Bruttowassermenge des Rheines betragen, damit allfällig in den abzuziehenden

¹⁾ Erregerverluste miteingerechnet.

²⁾ B. P. + 4,30 m, $Q = 3,801 \text{ m}^3/\text{sek}$ — ³⁾ B. P. + 3,45 m, $Q = 2,905 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Nebenwassermengen enthaltene Fehler im Ergebnis genügend zurücktreten.

5. Aus dem gleichen Grunde darf — ausgenommen im Falle ganz grosser Hochwasser (B. P. + 4 m) — von den vier Eisklappen des Wehres nicht mehr als eine geöffnet sein und ferner dürfen die Eisklappen keine Zwischenlagen aufweisen, sondern müssen entweder gänzlich geschlossen oder dann gänzlich umgelegt sein.

Die Bedingung 4 beschränkt die zu verwendenden Wasserstände auf solche über 2 m am Basler Pegel mit Abflussmengen über 1600 m³/sek und die Bedingung 5 bringt leider eine weitere namhafte Einschränkung des brauchbaren Beobachtungsmaterials, weil bei höheren Wasserständen meist alle vier Eisklappen gleichzeitig umgelegt sind, und die Fälle, in denen gar keine oder nur eine Klappe geöffnet ist, nur selten vorkommen. Im ganzen wurden 54 verschiedene Intervalle als für die weitere Verarbeitung brauchbar befunden, 39 aus der Hochwasserperiode vom Dezember 1918, acht aus jener vom Dezember 1919 und sieben aus den Sommerwasserständen vom Juli 1919. Aus jedem Intervall ergab sich ein zugehöriger Wert für μ .

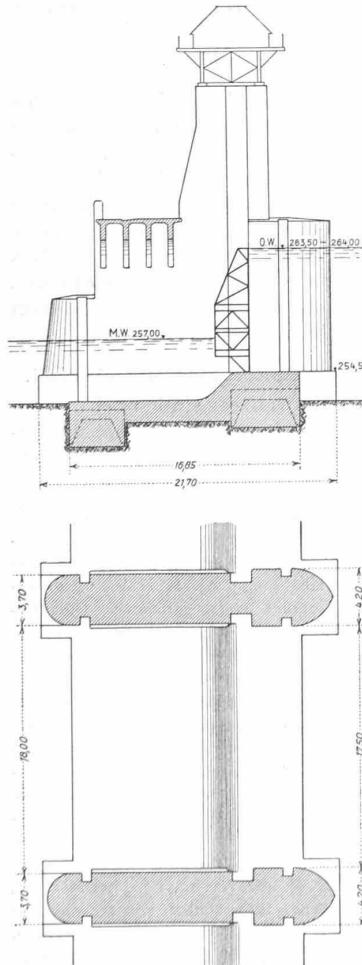


Abb. 2. Querschnitt und Grundriss einer Wehröffnung. — Massstab 1:500.

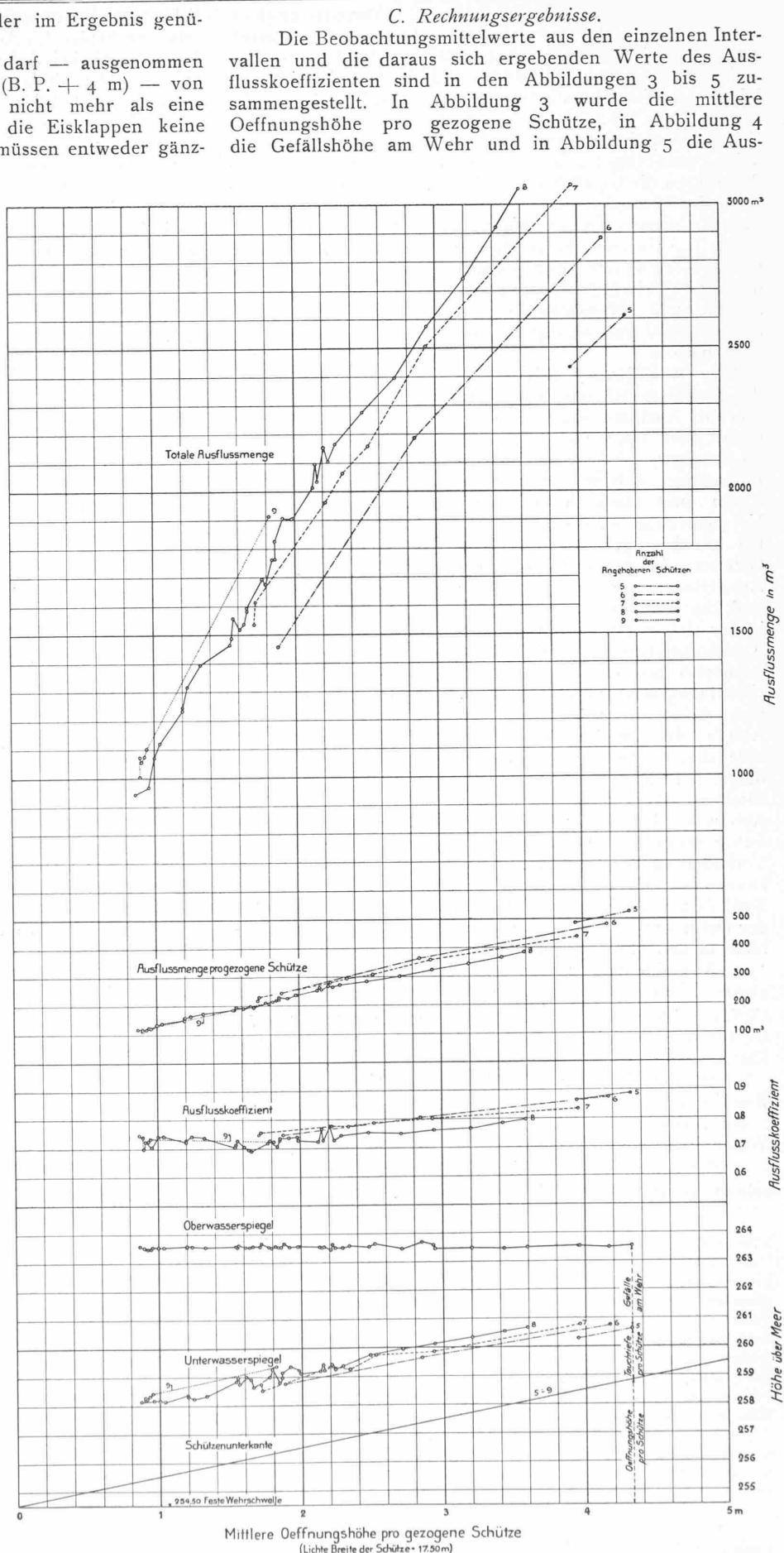


Abb. 3. Beobachtete Werte aufgetragen in Funktion der mittleren Öffnungshöhe der Schützen.

C. Rechnungsergebnisse.

Die Beobachtungsmittelwerte aus den einzelnen Intervallen und die daraus sich ergebenden Werte des Ausflusskoeffizienten sind in den Abbildungen 3 bis 5 zusammengestellt. In Abbildung 3 wurde die mittlere Öffnungshöhe pro gezogene Schütze, in Abbildung 4 die Gefällshöhe am Wehr und in Abbildung 5 die Ausflussmenge.

flussmenge pro gezogene Schütze als Abszisse gewählt. Die Punktreihen für den konstant gehaltenen Oberwasserstand, den je nach der Wasserführung des Rheines veränderlichen Unterwasserspiegel und die von der Art und Weise der Wehr-Regulierung abhängige, auf die Anzahl der angehobenen Schützen berechnete mittlere Höhe der Schützenunterkante über der Wehrschwelle weisen an sich keine Besonderheiten auf, bringen aber in ihren Ordinatendifferenzen die Gefällshöhe am Wehr, die mittlere Eintauchtiefe der Schützen im theoretischen Unterwasserspiegel und die mittlere Öffnungshöhe der Schützen zur Darstellung. Die Summe dieser drei von einander abhängigen Größen entspricht der Höhendifferenz zwischen Oberwasserspiegel und Wehrschwelle, ist also konstant und beträgt theoretisch 9,00 m.

Die Abbildung 5 zeigt, dass der Ausflusskoeffizient von etwa 180 m³ Ausflussmenge entsprechend etwa 1 1/2 m Öffnungshöhe an ansteigt¹⁾ mit wachsender Ausflussmenge, d. h. mit steigendem Rhein und dadurch bedingter Vergrösserung der Öffnungshöhe bei gleichzeitiger Abnahme des Gefälles. In welchem Masse die Änderung der Öffnungshöhe und die Änderung des Gefälles je für sich allein die Grösse des Ausflusskoeffizienten beeinflussen, lässt sich aus den vorhandenen Unterlagen nicht genau feststellen. Man ersieht aber immerhin aus Abb. 4, dass bei konstantem Gefälle und wachsender Öffnungshöhe der Koeffizient erheblich zunimmt, während umgekehrt aus Abb. 3 bei konstanter Öffnungshöhe und allerdings nur wenig veränderlichem Gefälle eine Gesetzmässigkeit in der Veränderung des Koeffizienten nicht mit Sicherheit zu erkennen ist. Dies deutet darauf hin, dass der überwiegende Einfluss auf die Veränderlichkeit des Ausflusskoeffizienten der Öffnungshöhe zukommt und der Einfluss der Gefällshöhe in den Hintergrund tritt.

Aus den dargestellten Diagrammen ergeben sich folgende zusammengehörigen Mittelwerte:

Öffnungshöhe der Schützen rd. m 1 2 3 4 5
Gefällshöhe am Wehr rd. m 5 1/2 4 1/2 3 1/2 2 1/2 1 1/2
Eintauchtiefe der Schützen

im theoret. Unterwasser²⁾ rd. m 2 1/2 2 1/2 2 1/2 2 1/2 2 1/2
Koeffizient für Ausfluss un-

ter Wasser 0,73 0,75 0,78 0,84 0,90
Wasserstand am Basler Pegel m 2 3 3 1/2 4 4 1/2

Setzt man die relativen Fehler, mit denen die einzelnen Rechnungswerte behaftet sein können³⁾ nach dem

¹⁾ Aus der Auftragung weiterer 26 Punkte bis zu 0,4 m Öffnungshöhe hinunter hat sich ergeben, dass der Ausflusskoeffizient von etwa 1 1/2 m Öffnungshöhe an auch nach links ansteigt. Diese Punkte sind in den Diagrammen lediglich deshalb nicht wiedergegeben, weil die weiter oben aufgestellten Genauigkeitsbedingungen nicht mehr alle erfüllt sind und die Punkte daher eine grosse Streuung aufweisen. Das Wiederanwachsen des Ausflusskoeffizienten gegen die Öffnungshöhe Null hin lässt sich damit erklären, dass die vorhandene Kantenabfassung am unteren Dichtungsbalken der Schütze, die in der Kathete gemessen 5 cm beträgt, im Sime einer Verbesserung der Ausflussverhältnisse relativ um so stärker ins Gewicht fällt, je kleiner die Öffnungshöhe wird.

²⁾ Die wirkliche Eintauchtiefe ist kleiner, weil im Unterwasser durch die Saugwirkung des Ausflusstrahles eine Spiegeldepression entsteht, die mit wachsender Öffnungshöhe zunimmt und bei grossem Hochwasser und entsprechender Öffnungshöhe so gross sein kann, dass direkt an der Schütze die Oberfläche des Ausflusstrahles vollständig abgedeckt wird.

³⁾ Der relative Fehler der durch zahlreiche Flügelmessungen bestimmten Abflussmenge am Basler Pegel kann eingeschätzt werden zu etwa 3 % bei Sommerwasser (S. W.) mit 1 m Schützenöffnungshöhe und zu

Fehlersfortpflanzungsgesetze zusammen, so erhält man als relativen Fehler des Ausflusskoeffizienten μ sowohl für die Verhältnisse bei Sommerwasser mit etwa 1 m Schützenöffnungshöhe als auch für jene bei grossem Hochwasser mit 4 bis 5 m Schützenöffnungshöhe den Wert von $\pm 7\%$, somit als mittlern absoluten Fehler bei $\mu = 0,73$ bis 0,90 die Werte von $\pm 0,05$ bis 0,06. Für die Verhältnisse bei Sommerwasser fallen die Fehler in der Bestimmung der Abflussmenge am Basler Pegel und in der Messung der relativ kleinen Öffnungshöhe der Wehrschützen etwa gleich stark ins Gewicht, wogegen alle übrigen Teilfehler auf den Gesamtfehler kaum von Einfluss sind. Bei grossem

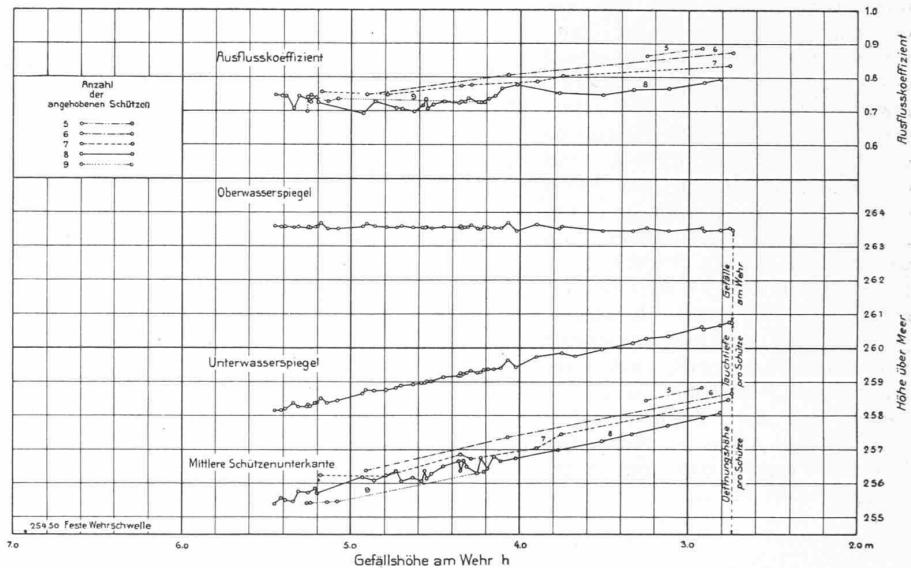


Abb. 4. Beobachtete Werte aufgetragen in Funktion der Gefällshöhe am Wehr.

Hochwasser dominiert der Fehler in der Abflussmenge am Basler Pegel; untergeordnete Rollen spielen dann noch die Fehler in der Gefällshöhe am Wehr und in der Turbinenwassermenge, die übrigen treten gänzlich zurück. Es ergibt sich hieraus, dass der Ausflusskoeffizient bei Sommerwasser durch eine genauere Messung der Schützenöffnungshöhe wohl noch etwas schärfer bestimmt werden könnte, dass es aber bei den heute üblichen Wassermessungsmethoden kaum möglich sein dürfte, auch für jenen bei Hochwasser noch wesentlich genauere Ergebnisse zu erreichen.

III. Koeffizienten für den unvollkommenen Ueberfall.

Aus der Bauzeit des Stauwehres sind noch Beobachtungen vorhanden, die erlauben, wenigstens näherungsweise auf die Grösse des Koeffizienten bei unvollkommenem

etwa 5 % bei grossem Hochwasser (H. H. W.) mit 4 bis 5 m Schützenöffnungshöhe. Für die gemessenen elektrischen Zentralenleistungen beträgt der relative Fehler der Genauigkeit der elektrischen Messinstrumente entsprechend bei S. W., d. h. bei Normalbeanspruchung der Instrumente etwa 2 %, für die ausserordentliche Minimalbelastung bei H. H. W. wurde dagegen vorsichtshalber mit einem Fehler von 10 % gerechnet. Die nämlichen Werte von 2 bzw. 10 % wurden auch angenommen für die Fehler im Gesamtwirkungsgrad der beiden Zentralen. Für das Turbinen-Nettogefälle bleibt der Fehler bei S. W. unter 1 %, für H. H. W. dagegen wurden 5 % in Rechnung gesetzt (5 cm Fehler in der Bestimmung des Bruttogefälle und 10 cm in der Schätzung des Rechenverlustes = total rd. 15 cm auf 3 m Gefälle = 5 %). Der Fehler in der Abflussmenge der Eisklappen wurde mit Rücksicht auf die im Ueberfallkoeffizienten liegenden Unsicherheit zu 10 % angenommen. Die Anzahl n der umgelegten Eisklappen ergab sich für H. H. W. im Mittel zu 3, für S. W. im Mittel zu 1/2. Die Ableitung der Schützenöffnungshöhe h_2 erfolgt mit einem grössten absoluten Fehler von 0,5 dm auf den Dezimeter genau. Es ergibt sich hieraus ein grösster relativer Fehler von 5 % bei S. W. und von rd. 1 % bei H. H. W. Der Fehler in der Gefällshöhe h_1 am Wehr kann ähnlich wie für das Turbinengefälle zu 1 % bei S. W. und 5 % bei H. H. W. angenommen werden. Die Verhältnisse der Abflussmenge in Basel, der Eisklappenwassermenge und der Turbinenwassermenge je zur Abflussmenge am Wehr ergaben sich zu 3 : 2, 1 : 10, 1 : 2 bei S. W. und 6 : 5, 1 : 30 und 1 : 6 bei H. H. W.

Ueberfall zu schliessen. Vom 24. März bis 22. Juli 1912 waren von den zehn Oeffnungen des Wehres nur noch die beiden Mittelöffnungen Nr. 5 und 6 zwecks Fertigstellung der Wehrschwellen ober- und unterwasserseitig durch Dammbalken abgeschlossen, während die übrigen acht Oeffnungen mit einer totalen lichten Durchflussbreite von $8 \times 17,50 = 140,00$ m fertig ausgebaut mit hochgezogenen Schützen dem Durchfluss des Wassers freigegeben waren. In diesen acht Oeffnungen erfolgte der Abfluss des Wassers als unvollkommenen Ueberfall nach Abbildung 6.

Zur Berechnung des unvollkommenen Ueberfalles wird allgemein die folgende Formel verwendet:

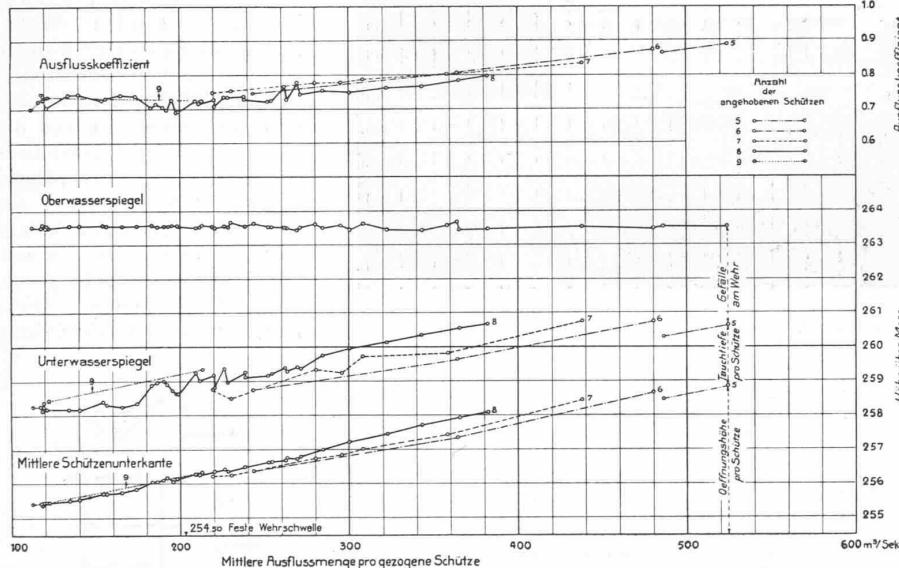


Abb. 5. Beobachtete Werte aufgetragen in Funktion der mittlern Ausflussmenge pro Schütze.

$$Q = b \cdot \sqrt{2g} \left(\frac{2}{3} \cdot \mu_1 \cdot \left[(h_1 + k)^{3/2} - k^{3/2} \right] + \mu_2 \cdot h_2 \sqrt{h_1 + k} \right)$$

Setzt man hierin $\mu_1 = \mu_2 = \mu$, so erhält man die einfache Formel¹⁾

$$Q = \mu \cdot b \sqrt{2g} \left(\frac{2}{3} \left[(h_1 + k)^{3/2} - k^{3/2} \right] + h_2 \sqrt{h_1 + k} \right),$$

aus der sich μ aus Q b h_1 h_2 und k in einfacher Weise bestimmen lässt.

Aus der weiter oben erwähnten Zeitperiode stand nun an Beobachtungsmaterial zur Verfügung:

zur Bestimmung der Wasserstandshöhen im Ober- und Unterwasser werktäglich eine Ablesung von etwa 8 Uhr morgens an den Bauplatzpegeln, von denen der eine im Unterwasser am rechtsseitigen Wehrwiderlager 25 m unterhalb und der andere im Oberwasser an der linksseitigen Ufermauer etwa 15 m oberhalb der Schützenlinie sich befand;

zur Bestimmung der Durchflussmenge am Wehr die Ablesungen am Basler Pegel von 8 Uhr morgens nebst der zugehörigen Abflussmengenkurve²⁾, sowie die täglichen Ablesungen³⁾ von 12 Uhr mittags am Birspegel Hofmatt-Münchenstein mit der damaligen Abflussmengenkurve⁴⁾ dieser Pegelstation;

zur Bestimmung der Geschwindigkeitshöhe des ankommenden Wassers ein im Februar 1912 18 m oberhalb der Wehraxe aufgenommenes Flussquerprofil⁵⁾.

¹⁾ Bornemann, Zivilingenieur 1876.

²⁾ Ghezzi: «Die Abflussverhältnisse des Rheins in Basel», (Vergl. auch «S. B. Z.» Band LXXVII, S. 234, 21. Mai 1921, Abb. 18. Red.)

³⁾ Ein Liénigraph war damals noch nicht vorhanden.

⁴⁾ Eidg. Amt. für Wasserwirtschaft, Kurve vom Juli 1913.

⁵⁾ Mit Rücksicht auf den Umstand, dass von den zehn Oeffnungen des Wehres zwei verschlossen sind, wurde die wirksame Zufussfläche zu $\frac{8}{10}$ der gesamten Profilfläche angenommen.

Die Ausrechnung hat folgendes ergeben:

		Mittelwasser	Sommerwasser
Basler Pegel	m	0,50	1,00
Gefällshöhe h_1	m	0,30	0,37
Ausflusshöhe h_2	m	2,10	2,55
Geschwindigkeits- höhe	m	0,05	0,08
Durchflusskoeffizient μ		0,834	0,840

Man erkennt aus dieser Tabelle, dass — ähnlich wie dies bei Ausfluss unter Wasser der Fall ist — auch für den unvollkommenen Ueberfall der Durchflusskoeffizient für das Stauwehr Augst-Wyhlen mit steigendem Rheingesetzmässig zunimmt, und man darf anhand der für den Beobachtungsbereich von B. P. + 0,5 bis + 2,5 m gefundenen Werte wohl annehmen, dass bei weiterem Steigen des Rheines über B. P. 2,5 hinaus auch der Durchflusskoeffizient noch weiterhin zunimmt, und dass bei grossem Hochwasser von über 4 m am Basler Pegel etwa mit dem Wert von 0,90 zu rechnen sein wird.

Untersucht man die Zuverlässigkeit der berechneten Zahlen, so ist zu bemerken, dass die verwendeten Abfussmengen mit nennenswerten Fehlern behaftet sein können. Dagegen bleibt die Frage offen, inwieweit die nur aus den Ablesungen an den beiden Bauplatzpegeln „links oben“ und „rechts unten“ berechneten Stauhöhen mit der massgebenden mittlern Stauhöhe des Wehres übereinstimmen. Hierüber geben zwei Uferlängenprofile einigen Auf-

schluss, die vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft am 15. Mai 1912 bei B. P. + 1,76 und am 16. Juni 1912 bei B. P. + 2,44 an der Wehrstelle aufgenommen worden sind. Diesen ist zu entnehmen, dass damals der Wasserspiegel am Wehr sowohl im Oberwasser wie im Unterwasser auf dem rechten Ufer 20 bis 30 cm tiefer stand, als auf dem linken, sodass die aus den Wasserständen „links oben“ und „rechts unten“ ermittelten Stauhöhen gegenüber der massgebenden mittlern Stauhöhe des Wehres eher zu gross und die berechneten Koeffizienten eher zu klein ausgefallen sind. Im weiteren zeigen die Längenprofile, dass vom Wehr aus rechtsufrig im Oberwasser auf eine Länge von etwa

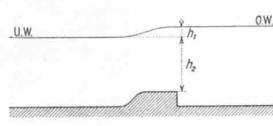


Abb. 6.

100 m und linksufrig im Unterwasser auf eine Länge von 200 m, im Vergleich je zum gegenüberliegenden Ufer und zu den weiter oben und weiter unten anschliessenden Flusstrecken, ein erheblich stärkeres Spiegelgefälle vorhanden war. Hieraus ist zu schliessen, und auch das Aussehen der Wasseroberfläche zu jener Zeit deutet darauf hin, dass die Zuflussgeschwindigkeit in der linken Flusshälfte kleiner war als in der rechten und dass daher die aus der mittlern Geschwindigkeit des Gesamtquerschnittes berechnete Geschwindigkeitshöhe des ankommenden Wassers eher zu klein in Rechnung gestellt worden ist. Dieser zweite Fehler wirkt dem erstgenannten entgegen. Der Fehler in der Geschwindigkeitshöhe ist aber naturgemäß kleiner als der in der Stauhöhe, sodass bei Berücksichtigung beider zusammen die berechneten Werte immer noch als eher zu klein angenommen werden müssen.

IV. Schlussbemerkung.

Bei der Projektierung des Stauwehres Augst-Wyhlen ist die Wehrbreite bestimmt worden aus der Formel für den unvollkommenen Ueberfall unter Zugrundelegung eines

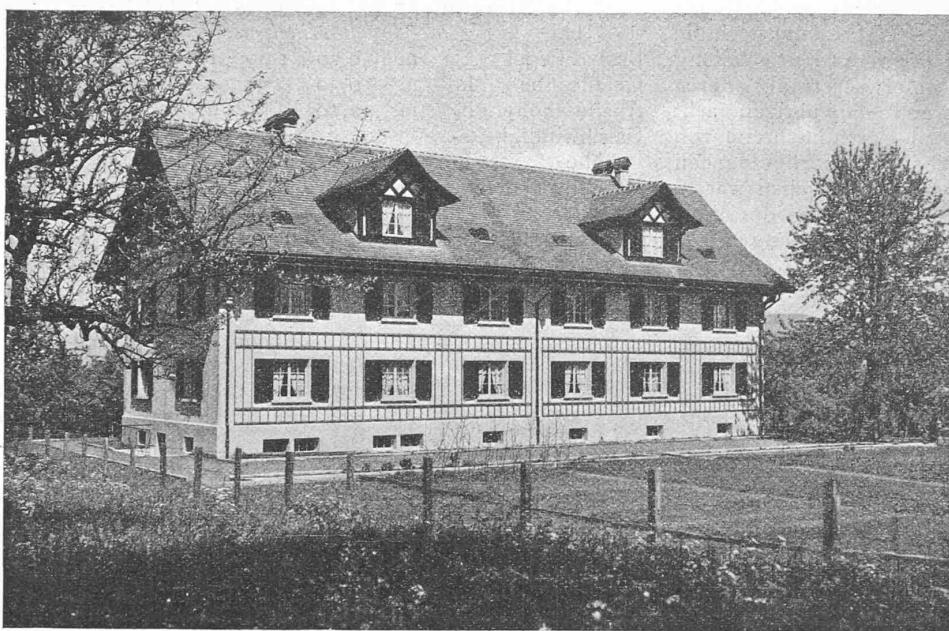


Abb. 8. Beamtenwohnhaus in Wädenswil. Arch. Kölle & Roth, Wädenswil.

Durchflusskoeffizienten von 0,75. Nach der vorliegenden Untersuchung ergibt sich aber der Wert dieses Koeffizienten für die massgebenden Verhältnisse bei höchstem Hochwasser zu mindestens 0,90, sodass zur Gewährleistung desjenigen Sicherheitsgrades gegen Ueberflutung, der seinerzeit mit der Anordnung von 10 Wehröffnungen erreicht werden wollte, effektiv schon 8 Öffnungen genügen und die darüber hinaus noch vorhandenen zwei weiteren Öffnungen nunmehr den Sicherheitsgrad in einer ursprünglich nicht beabsichtigten Weise noch weiter vermehren.

Dieses Ergebnis ist insofern von allgemeinem Interesse, als es zeigt, dass in Zukunft bei der Erstellung neuer Wehranlagen vom Typus und von den Abmessungen jener in Augst-Wyhlen mit der Einschätzung der Durchflusskoeffizienten höher gegangen werden darf, als es bisher üblich war, wobei sich dann *geringere Wehrbreiten* ergeben und dementsprechend *geringere Anlagekosten*.

Fabrik- und Wohnbauten in Wädenswil.

Architekten Kölle & Roth, Wädenswil.

Die Architekten, von denen wir erstmals vor zwei Jahren¹⁾ in zwei ländlichen Geschäftshäusern am Zürichsee Proben ihrer Tätigkeit gezeigt, haben inzwischen für die Firma Pfenninger & Cie. A. G. in Wädenswil zwei Bauten erstellt, die hier vorgeführt seien.

Für den *Fabrikbau „im Giessen“* (Abb. 1 bis 3) war die Aufgabe in mehrfacher Hinsicht sehr bestimmt umschrieben. Es handelte sich um den seeseitigen Anbau an ein bestehendes Fabrikgebäude, in das die zugehörigen Treppen und Toiletten-Anlagen eingebaut werden konnten, sodass der Neu-

bau selbst als räumlich sehr einfaches Eisenbeton-Gebilde sich ergab. Die Notwendigkeit, durch drei grosse Oberlichter den hintern Teil des tiefen Arbeitsaals und dessen Maschinen direkt, sowie den I. Stock des alten Wollmagazins indirekt, durch seine ehemaligen Fassadenfenster hindurch, zu beleuchten, ferner die Rücksichtnahme auf die freie Aussicht auf den See vom Obergeschoss des landeinwärts liegenden Wohnhauses des Bauherrn zwangen zu einem flachen Dach. Das starke Relief der Längsfassade ergab sich einerseits aus der Vorschrift, die Fensterwände im Innern von Vorsprüngen frei zu halten, anderseits aus der Notwendigkeit der Anlage einer Lüftungs- und Staubsaug-Anlage mit acht geräumigen Steigkanälen. Diese dienten nun den Architekten

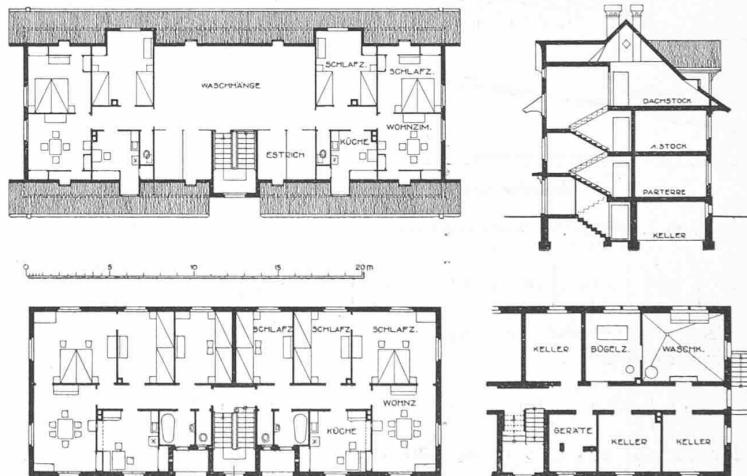


Abb. 4 bis 6 Grundrisse, Abb. 7 Schnitt zum Beamtenwohnhaus. — Masstab 1:400.



Abb. 7. Beamtenwohnhaus der Firma Pfenninger & Cie. A.-G. in Wädenswil.

¹⁾ Vergl. Bd. LXXIV, S. 280 (6. Dezember 1919).