Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81/82 (1923)
Heft: 6

Artikel: Beitrag zur Berechnung von Kanalprofilen
Autor: Zylberscher, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-38954

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: 10.07.2025

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

Das Kraftwerk Ritom der S. B. B.

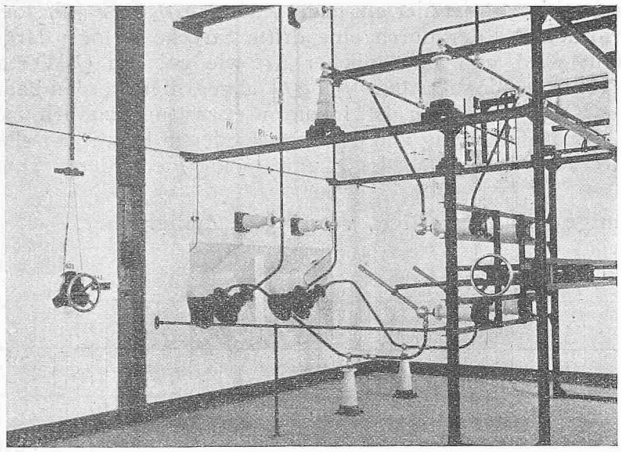


Abb. 84. 60 kV Trennschalter zu den Umleitschienen im I. Stock
Links an der Wand der Handantrieb für die Trennschalter im Dachstock.

eigentlichen Kontaktflächen Brandstellen durch den Lichtbogen bilden. Der gleichgebaute Hilfskontakt ruht auf einer kreisrunden Isolierplatte, die den Oelzylinder in zwei ungleiche Kammern teilt, von denen die obere den auf Isoliermaterial aufgewickelten Draht des Stufenwiderstandes enthält. Löcher in der Isolierplatte vermitteln den Druckausgleich zwischen beiden Kammern und verhindern die Entstehung von zusammenhängenden, bis zur Oberfläche reichenden „Gasketten". — Das Schliessen und Oeffnen des Schalters geschieht durch vertikal bewegliche, zur zweistufigen Schaltung der Widerstände in der Höhe einstellbare, runde Hartkupferrohre von 25 mm ⌀, die paarweise durch Traversen leitend verbunden sind. Diese werden von einem von der Hochspannung vollständig getrennten, auf einer Zwischendecke über den Oelzylindern gelagerten Antriebsmechanismus senkrecht auf und ab bewegt. Der An-

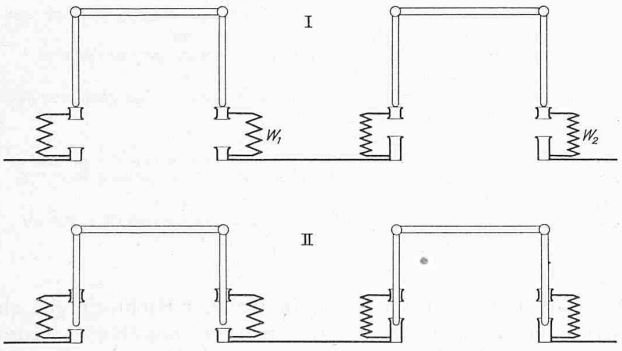


Abb. 86. Anordnung der Unterbrechungen der 60 kV Oelschalter
Stellung I: Alle Widerstände eingeschaltet; Stellung II: W_2 kurzgeschlossen, W_1 noch eingeschaltet.

trieb erfolgt durch einen Elektromagneten, der über eine Zahnstange, Zahnkolben Freilauf-Kupplung eine Drehbewegung erzeugt, die wiederum durch eine Geradführung (Ellipsenlenker) in eine geradlinige Bewegung umgesetzt wird. In der Grundplatte, auf dem der Antriebsmechanismus ruht, sind die zum Antrieb beim Ausschalten vorgesehenen Zugfedern eingebaut, die beim Einschalten gespannt werden. Zur Dämpfung der nicht unerheblichen Massenwirkungen und zur genauen Einstellung des Schaltweges ist eine kräftige Luftbremse vorgesehen; ferner ist ein Not-Handantrieb vorhanden. — Der Aus- und Einbau der Schalter wird durch die einzeln ausfahrbaren, auf kleinen Geleisen geführten Töpfe sehr erleichtert; Kontaktstangen und Stufenwiderstände, welch' letztere mit den Zylinderdeckeln und Stufenkontakten aus dem Topf herausgehoben werden, sind leicht kontrollierbar. Einschliesslich 400 kg Oel wiegen die vollständigen Schalter, mit Antrieb, rd. 3000 kg. (Schluss folgt.)

Beitrag zur Berechnung von Kanalprofilen.

Von Ing. *J. Zylberscher*, Spiez.

Das Problem, die Wasserbewegung in offenen Gerinnen und Kanälen in eine allgemeine mathematische Form zu kleiden, ist bis heute noch nicht gelöst und die Bestrebungen in dieser Richtung sind noch nicht zum Abschluss gekommen. Die von Chézy in Potenzgestalt aufgestellte Formel, ausgehend von der benetzten Fläche unter Einführung einer ideellen mittleren Wassergeschwindigkeit, mit $Q = Fv$ und und $v = c\sqrt{RJ}$ ist immer noch in Verwendung. Die Schwierigkeit besteht in der Bewertung des Koeffizienten c, für den angefangen von Eytelwein bis auf Bazin und Ganguillet und Kutter zahlreiche Ausdrücke aufgestellt wurden.

Eine Abkehr von der Chézy'schen Form ist auf R. Siedek zurückzuführen, der, von der Erwägung ausgehend, dass der Reibungswiderstand ein Faktor der Wassertiefe und der Wasserspiegelbreite ist, die Wassergeschwindigkeit in Funktion von der Wassertiefe und der Spiegelbreite darstellt: $v = f\,[t \cdot J^{1/2} \cdot b^{1/20}]$. In gleichen Bahnen bewegen sich Hermanek, Matakiewicz und Lindboe.

Die neuesten Forschungen greifen indessen wieder auf die ursprüngliche Chézy'sche Form zurück und unter Berücksichtigung der verschiedenen Strömungsart des Wassers wird für die mittlere Wassergeschwindigkeit eine allgemeine Gleichung aufgestellt: $v = K R^n J^m$. Beachtenswert ist auch der Vorschlag von Eisner („Z. d. B." 1922) $v = B_0^{\alpha}\, \varepsilon^{\beta}\, R^{(1{,}5\alpha-\beta-1)} \cdot J^{0{,}5\alpha}$ zu setzen, wobei $\frac{\varepsilon}{R}$ eine Kennzahl für die Rauhigkeit bedeutet. Die Brauchbarkeit dieser neuen Formel wird an Hand von Versuchen noch nachzuweisen sein. Für die im Wasserbau zu lösenden praktischen Aufgaben hat sich die Chézy'sche Gleichung mit den von Bazin und Ganguillet und Kutter angegebenen Werten für den Geschwindigkeitskoeffizienten c im allgemeinen als brauchbar erwiesen.

Um diese Formel für die Berechnung von Kanalprofilen handlich zu gestalten, hat im Jahrgang 1892, Band XX der „Schweizerischen Bauzeitung", Ingenieur *E. Melli* ein

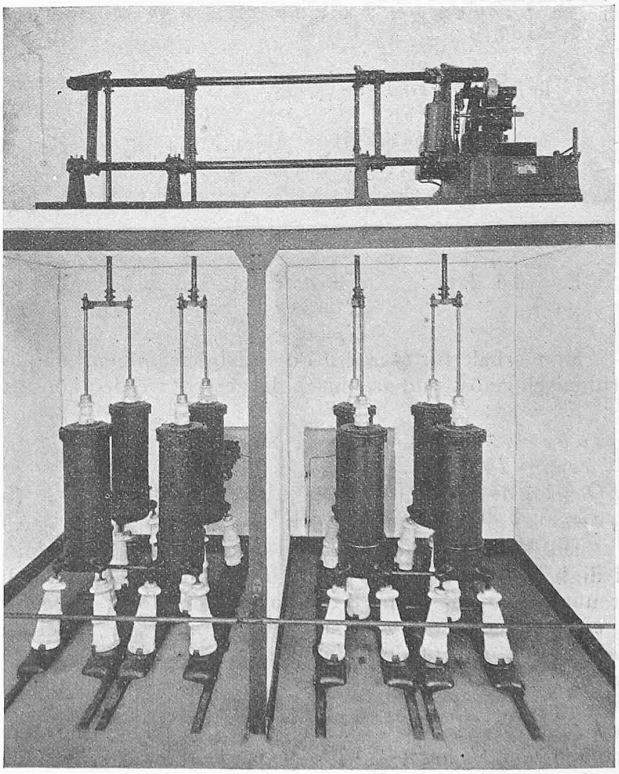


Abb. 85. Oelschalter für 60 kV mit eingebauten Vorschaltwiderständen.
Konstruktion der Maschinenfabrik Oerlikon.

graphisch-tabellarisches Verfahren veröffentlicht, dessen Anwendung zwar etwas umständlich ist. Dieses Verfahren kann indessen leicht vereinfacht werden.

Ausgehend aus der Grundform:

$$Q = F\,v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

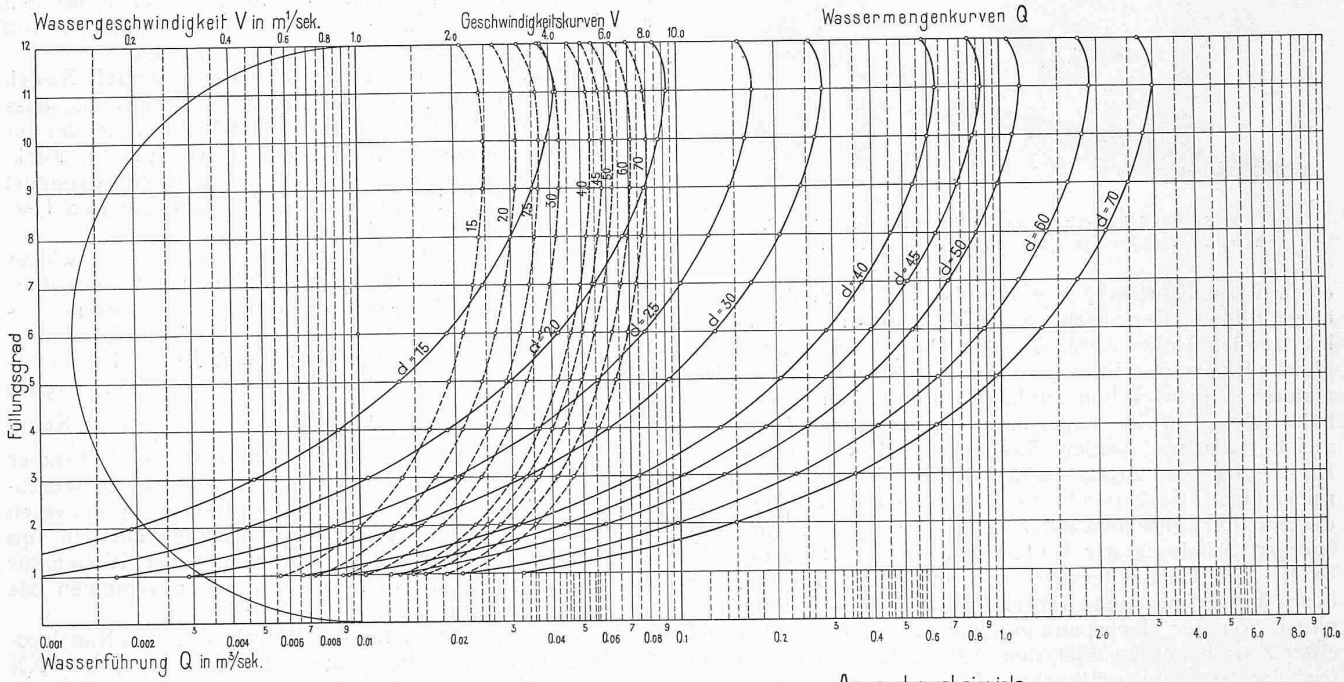
$$v = c\sqrt{RJ} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

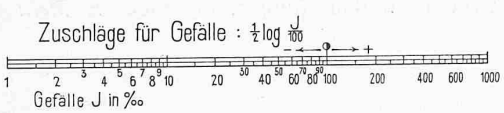
werden die benetzte Fläche F und der benetzte Umfang U in Funktion eines dem Kanalprofil zu Grunde gelegten Radius r und der Füllhöhe h ausgedrückt.

In gleicher Weise ging Melli bei der Ermittlung der Geschwindigkeiten v vor, indem er $\log b + \log c$ zusammenfasste. Jedoch ist hier ein neuer Zuschlag $^1/_2 \log r + ^1/_2 \log J$ erforderlich, der durch eine dritte Strecke $^1/_2 \log r$ dargestellt wird und in ähnlicher Art wie bei den Q-Werten durch Kombination [mit $^1/_2 \log J$] abgegriffen werden kann.

Das Verfahren ist insofern etwas umständlich, als es die Handhabung von drei verschiedenen logarithmischen Strecken $^5/_2 \log r$, $^1/_2 \log r$ und $^1/_2 \log J$ erfordert, wobei

Graphische Tafel II zur Bestimmung von kreisförmigen Kanalprofilen, von Ing. J. Zylberscher.





$Q = F c\sqrt{R}.J \quad v = c\sqrt{R}.J \quad c = \frac{95979\sqrt{R}}{\sqrt{R} + 0.3457} \quad n = 0.014$

$F = a.r^2 \quad R = b.r$

$\log Q = (\log a + \log b + \log k + \frac{5}{2}\log r) + (\frac{1}{2}\log \frac{J}{100} \quad k = \frac{c}{\sqrt{10}}$

$\log V = (\log b + \log k + \frac{1}{2}\log r) + (\frac{1}{2}\log \frac{J}{100}) \quad J$ in ‰

Anwendungsbeispiele.

1. Gegeben: Profil d = 40, J = 35 ‰; gesucht Q max., V max.
Man greife im nebenstehenden Massstab für die Zuschläge von J die Differenz J = 100 ‰ − 35 ‰ und trage sie an die Wassermengenkurve d = 40 nach links ab (als −). Q max. = 0.370 m³/sek.
Die gleiche Differenz an die Geschwindigkeitskurve 40 ebenfalls nach links angetragen gibt V max. = 3.20 m/sek.

2. Gegeben: J = 26 ‰, Q max. = 0.95 m³/sek.; gesucht das nötige Profil
Man greife die Differenz J = 100 ‰ − 26 ‰ und trage sie vom Wert Q max. = 0.95 nach rechts an der Stelle für Q max. ab. Das erforderliche Profil ist d = 60.

3. Gegeben: Profil d = 30, Q max. = 0.25 m³/sek; gesucht das Gefälle J
Man greife den Abschnitt zwischen der Wassermengenkurve d = 30 und Q max. = 0.25 m³/sek. an der Stelle für Q max ab und trage ihn im gleichen Sinne von J = 100 ‰ im Massstab für die Zuschläge an, man erhält J = 77 ‰.

4. Gegeben: Profil d = 70, J = 25 ‰, Q = 0.50 m³/sek.; gesucht die Füllhöhe h
Man greife wie bei 1 die Differenz J = 100 ‰ − 25 ‰, trage sie an der Wassermengenkurve d = 70 an und fahre längs derselben bis Q = 0.50 geschnitten wird, an dieser Stelle wird h = 5/12 d.

Es wird dann:

$$F = a\,r^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

$$R = b^2 r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

$$U = a_1 r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Man erhält für Q und v Potentialgleichungen, die logarithmisch gelöst und graphisch dargestellt werden können.

Es wird:

$$Q = a\,b\,c\,r^{5/2} \cdot J^{1/2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

$$v = b\,c\,r^{1/2} \cdot J^{1/2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

$$\log Q = \log a + \log b + \log c + {}^5/_2 \log r + {}^1/_2 \log J \quad . \quad . \quad (8)$$

$$\log v = \log b + \log c + {}^1/_2 \log r + {}^1/_2 \log J \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Die Werte a und b sind bei einem bestimmten Radius r lediglich abhängig von der Füllhöhe h. Ingenieur Melli hat nun in der Gleichung 8 die Summanden $\log a + \log b + \log c$ als einen Wert zusammengefasst und sie in einem Koordinatennetz mit den Wassermengen als Abszissen und den Füllhöhen als Ordinaten in der Gestalt einer Kurve dargestellt. Wird zu dieser Kurve der Ausdruck $^5/_2 \log r + \log J$ zugeschlagen, so erhält man den Q-Wert. Für den Summenwert $^5/_2 \log r + {}^1/_2 \log J$ wurden zwei besondere Strecken aufgetragen, die miteinander so kombiniert wurden, dass der Abschnitt $^5/_2 \log r + {}^1/_2 \log J$ auf einmal abgegriffen werden kann.

immer überlegt werden muss, in welcher Richtung die abgegriffenen Abschnitte an die Kurven angefügt werden müssen, um die richtige Lösung zu erhalten.

Unter Beibehaltung des Grundgedankens von Ingenieur Melli lässt sich das Verfahren dadurch vereinfachen, dass in der Gleichung 8 der Ausdruck: $(\log b + \log c + {}^5/_2 \log r)$ und in der Gleichung 9 der Ausdruck: $(\log b + \log e + {}^1/_2 \log r)$ zusammengefasst und in je einer Kurve dargestellt werden. Um die Wassermenge Q, oder die Geschwindigkeit v zu erhalten, muss nur der einzige Wert $^1/_2 \log J$ hinzugefügt werden und dazu bedarf es nur einer statt dreier Strecken. Auf dieser Grundlage aufgebaut lässt sich die neue graphische Tabelle ohne irgend welche Belastung des Gedächtnisses einfach und leicht handhaben.

Zur besseren Darstellung sind einige kleine Modifikationen der allgemeinen Formel vorgenommen: Für c ist der Wert $k = \sqrt{\frac{c}{10}}$ eingeführt, das Gefälle J wird in $^0/_{00}$ eingesetzt und erscheint in der Form $\frac{J}{100}$. Damit werden:

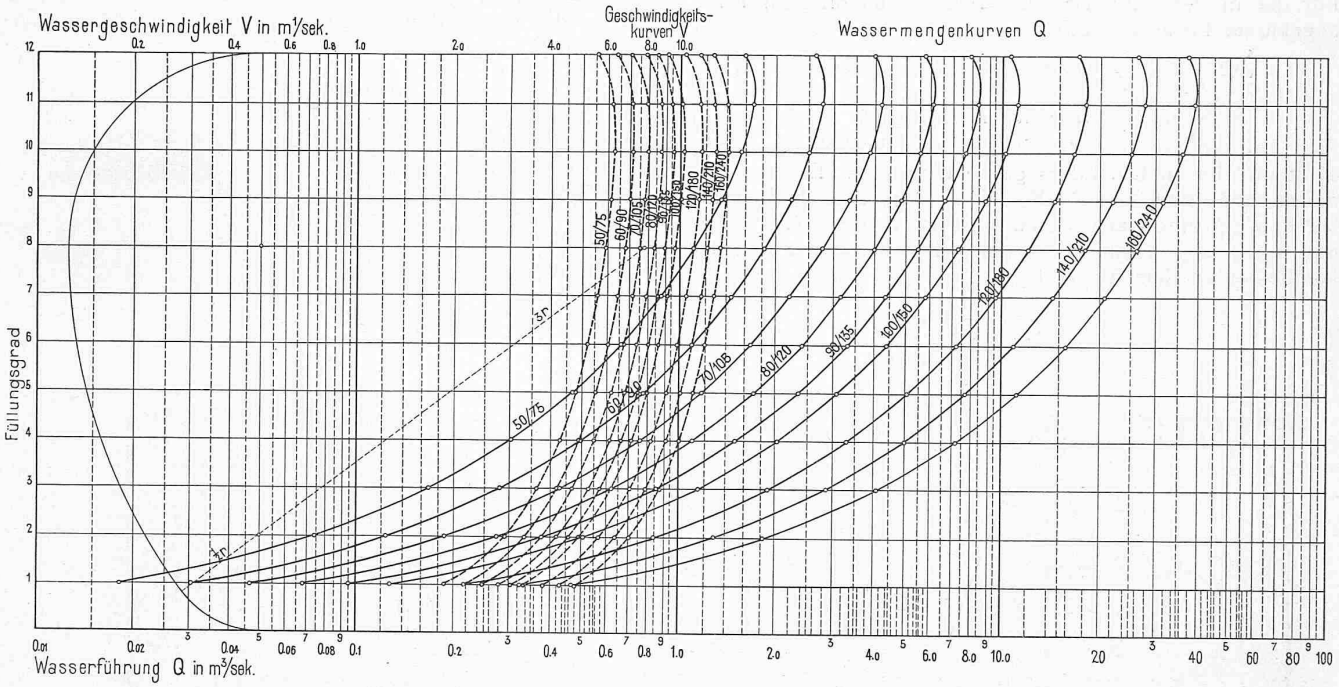
$$\log Q = (\log a + \log b + \log k + {}^5/_2 \log r) + {}^1/_2 \log \frac{J}{100} \quad (8a)$$

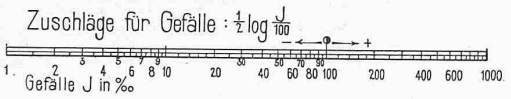
$$\log v = (\log b + \log k + {}^1/_2 \log r) + {}^1/_2 \log \frac{J}{100} \quad . \quad . \quad . \quad (9a)$$

Mit $J = 100\,^0/_{00}$, ist $^1/_2 \log \frac{J}{100} = 0$. Der erste Klammerausdruck der Gleichung 8a stellt somit die Wassermengen und der erste Klammerausdruck der Gleichung 9a die Geschwindigkeit dar. Das will sagen, dass die im Koordinatennetz dargestellten Kurven sich als Wassermengen und Geschwindigkeitskurven für ein Gefälle $J = 100\,^0/_{00}$ erweisen. Für irgend ein anderes Gefälle J muss ihnen der Wert $^1/_2 \log \frac{J}{100}$ in algebraischem Sinne hinzugefügt werden.

Das Profil wird in zwölf Höhenabschnitte zerlegt und für jede Füllungshöhe h die Werte a, b und c ausgemittelt. Die Berechnung ist für Radienwerte $r = 0{,}25$ bis $0{,}80$ m entsprechend den üblichen Profilgrössen von $^{50}/_{75}$ bis $^{160}/_{240}$ durchgeführt und das Ergebnis in der graphischen Tabelle I zur Darstellung gebracht. Diese ist sowohl für die Bestimmung von Wassermengen, Geschwindigkeiten, Gefällen als der Grössen der Kanäle und Füllungshöhen verwendbar. Den Gebrauch der Tabelle erläutern die darunter an-

Graphische Tafel I zur Bestimmung von eiförmigen Kanalprofilen, von Ing. J. Zylberscher.





$Q = F c\sqrt{R.J}$ $v = c\sqrt{R.J}$ $c = \frac{91216\sqrt{R}}{\sqrt{R} + 0.3683}$ $n = 0.015$

$F = a.r^2$ $R = b.r$

$\log Q = (\log a + \log b + \log k + \frac{5}{2}\log r) + (\frac{1}{2}\log \frac{J}{100})$ $k = \frac{c}{\sqrt{10}}$

$\log V = (\log b + \log k + \frac{1}{2}\log r) + (\frac{1}{2}\log \frac{J}{100})$ J in ‰

Anwendungsbeispiele.

1. Gegeben: Profil 70/105, $J = 40$ ‰; gesucht Q max, V max.
Man greife im nebenstehenden Massstab für die Zuschläge von J die Differenz $J = 100$ ‰ – 40 ‰ und trage sie an der Wassermengenkurve 70/105 nach links ab (als –). Q max. = 2.70 m³/sek.
Die gleiche Differenz an die Geschwindigkeitskurve 70/105 ebenfalls nach links angetragen gibt V max = 5.10 m/sek.

2. Gegeben: $J = 50$ ‰, Q max. = 3.80 m³/sek.; gesucht das nötige Profil
Man greife den Zuschlag $J = 100$ ‰ – 50 ‰ und trage vom Wert $Q = 3.8$ m³ nach rechts an der max. Stelle für Q ab. Das erforderliche Profil ist 80/120.

3. Gegeben: Profil 60/90, Q max. = 1.50 m³/sek.; gesucht das Gefälle J
Man greife den Abschnitt zwischen der max. Wassermengenkurve 60/90 und $Q = 1.50$ m³ an der Stelle für Q max. ab und trage ihn im gleichen Sinne von $J = 100$ ‰ im Massstab für die Zuschläge an; man erhält $J = 29$ ‰.

4. Gegeben: Profil 80/120, $J = 25$ ‰ und $Q = 1.20$ m³/sek.; gesucht die Füllhöhe h
Man greife wie bei 1 die Differenz $J = 100$ ‰ – 25 ‰ und trage sie an der Wassermengenkurve 80/120 an und fahre längs derselben bis 1.20 m³ getroffen wird, die Füllhöhe ist $^6/_{12}$ 1.20 = 0.60 m.

Berechnung der Eiprofile.

Der Rechnung wird der Geschwindigkeitskoeffizient c nach Ganguillet und Kutter zugrundegelegt:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{h} + \frac{0.00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Da die Eiprofile gewöhnlich in der Baugrube erstellt werden, ist der Innenverputz nie ideal glatt und im Betrieb vergrössert sich die Rauhigkeit der Wandungen durch Ansätze und Ablagerungen. Erfahrungsgemäss kann für solche Profile der Rauhigkeitswert $n = 0{,}015$ angenommen werden. Die Variation des Gefälles J hat wenig Einfluss auf die Grösse des Koeffizienten c. Für die Ausmittlung von c wird $J = 0{,}001$ gesetzt. Damit berechnet sich der Geschwindigkeits-Koeffizient

$$c = \frac{91{,}216\sqrt{R}}{0{,}3683 + \sqrt{R}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Der weitere Gang der Rechnung ist nun folgender: Durch Einsetzung des Wertes

$$R = b^2 \cdot r \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

erhält man

$$c = \frac{91.216\, b\sqrt{r}}{0{,}3683 + 6\sqrt{r}} \qquad k = \frac{c}{\sqrt{10}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

geführten Anwendungsbeispiele. Die Tabelle ist auch für andere als den in der Berechnung angesetzten Rauhigkeitswert $n = 0{,}015$ verwendbar. Es genügt, wenn es sich um die Wassermengen und Geschwindigkeiten handelt, die aus der Tabelle gefundenen Werte mit einer dem neuen Geschwindigkeitskoeffizienten c_1 entsprechenden Verhältniszahl $\frac{c_1}{c}$ zu vergrössern.

Handelt es sich bei gegebenem Q, v und J um die Ermittlung des Profils, so muss das gegebene Q um die Verhältniszahl $\frac{c_1}{c}$ reduziert werden und das Profil für $Q\,\frac{c}{c_1}$ in beschriebener Weise gesucht werden. Auf die Bestimmung des Gefälles J hat die Grösse c nur einen sehr verschwindenden Einfluss, der ohne Nachteil vernachlässigt werden kann. Soll er berücksichtigt werden, so ist die Wassermenge Q um die Verhältniszahl $\frac{c_1}{c}$ zu verringern und mit der so neu bestimmten Wassermenge das Gefälle nach Beispiel 3 zu ermitteln.

Für die Rauhigkeitszahl $n = 0{,}0115$ ist $c_1 = \frac{111{,}115\sqrt{R}}{0{,}2823 + \sqrt{R}}$ und die Verhältniszahl $\frac{c_1}{c} = \sim 1{,}33$;

für die Rauhigkeitszahl $n = 0{,}0125$ ist $c_1 = \frac{104{,}55\ \sqrt{R}}{0{,}3069 + \sqrt{R}}$

und die Verhältniszahl $\frac{c_1}{c} = \sim 1{,}22$;

für die Rauhigkeitszahl $n = 0{,}0135$ ist $c_1 = \frac{98{,}624\ \sqrt{R}}{0{,}3314 + \sqrt{R}}$

und die Verhältniszahl $\frac{c_1}{c} = \sim 112$;

für die Rauhigkeitszahl $n = 0{,}014$ ist $c_1 = \frac{95{,}979\ \sqrt{R}}{0{,}3437 + \sqrt{R}}$

und die Verhältniszahl $\frac{c_1}{c} = \sim 1{,}08$.

Für die in den Kanalisationsberechnungen oft gebrauchte abgekürzte Form von c:

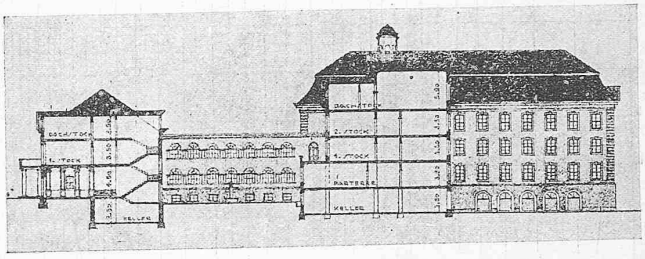
$$c = \frac{100\ \sqrt{R}}{0{,}35 + \sqrt{R}},$$ ist die Verhältniszahl = 1,11.

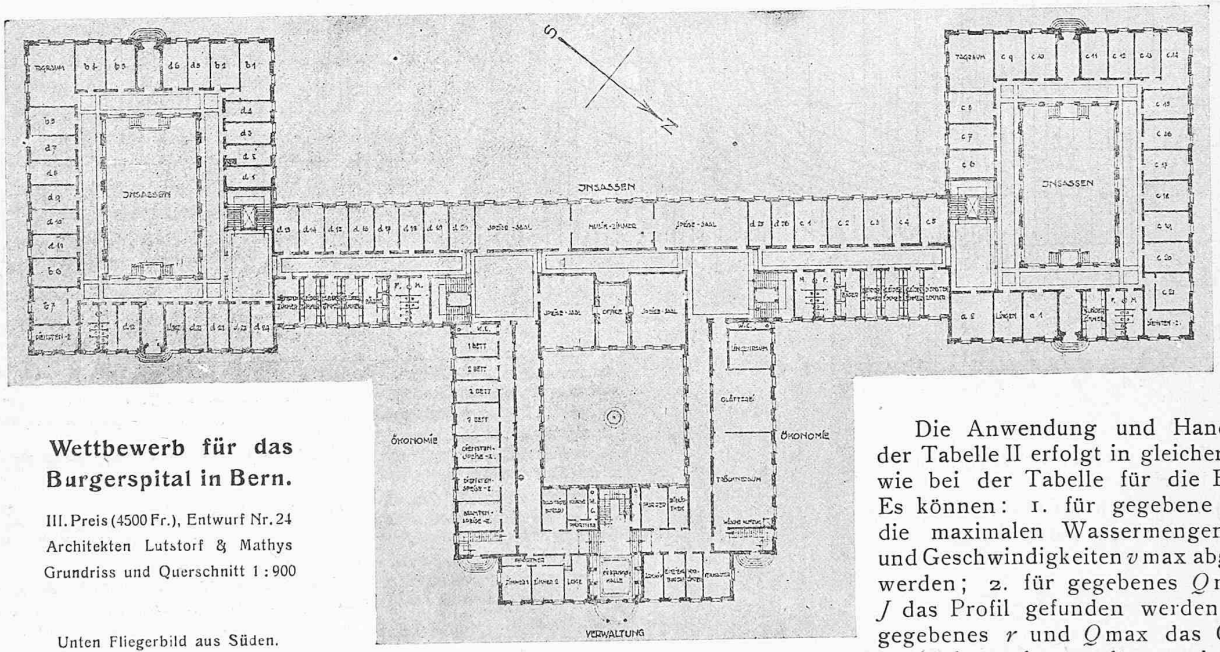
Berechnung der Kreisprofile.

Die kreisrunden Profile werden fabrikmässig hergestellt und haben besonders glatte Wandung. Es erscheint darum begründet die Rauhigkeitszahl n etwas kleiner als bei den Eiprofilen anzusetzen. Sie ist in der Berechnung mit 0,014 angenommen worden. Der Geschwindigkeitskoeffizient ist dementsprechend:

$$c = \frac{95{,}979\ \sqrt{R}}{0{,}3437 + \sqrt{R}}.$$

Der Rechnungsgang ist der gleiche wie bei den Eiprofilen. Die Rechnung ist für alle in der Kanalisation vorkommenden Profile von $r = 0{,}075$ bis 0,35 m durchgeführt. Ebenfalls für zwölf Füllungsgrade mit $h = {}^1/_{12} \cdot 2r$ bis $2r$ sind die Wassermengen und Geschwindigkeitskurven bei einem Gefälle $J = 100\,{}^0/_{00}$ berechnet und in der Tabelle II aufgetragen. Für irgend ein anderes, von $J = 100\,{}^0/_{00}$ verschiedenes Gefälle ergeben sich die Wassermengen und Geschwindigkeiten nach dem allgemeinen aufgestellten Grundsatz durch die Zuschläge $^1/_2 \log \frac{J}{100}$, die durch Strecken von $J = 100\,{}^0/_{00}$ als Nullpunkt abgegriffen und von den Kurven abgezogen, wenn $J < 100\,{}^0/_{00}$, oder hinzugefügt werden, wenn $J > 100\,{}^0/_{00}$ ist.

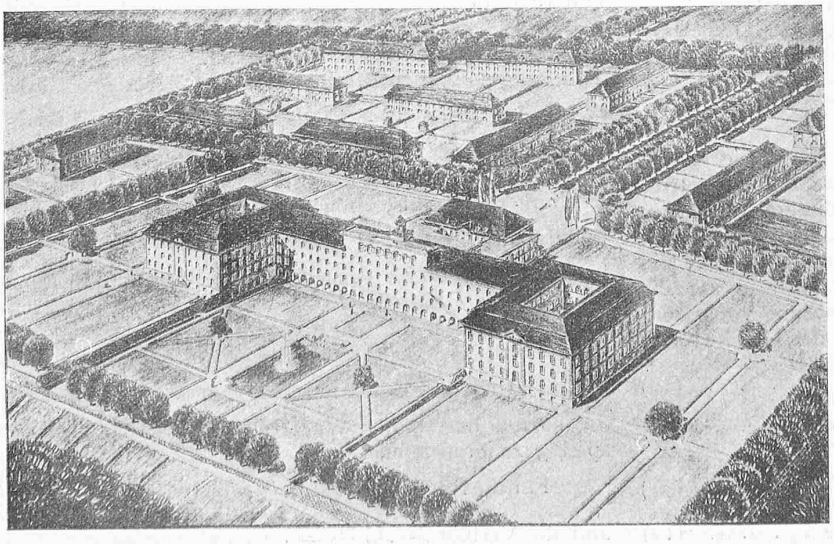




Wettbewerb für das Burgerspital in Bern.

III. Preis (4500 Fr.), Entwurf Nr. 24
Architekten Lutstorf & Mathys
Grundriss und Querschnitt 1 : 900

Unten Fliegerbild aus Süden.



Die Anwendung und Handhabung der Tabelle II erfolgt in gleicher Weise, wie bei der Tabelle für die Eiprofile. Es können: 1. für gegebene J und r die maximalen Wassermengen Q max und Geschwindigkeiten v max abgegriffen werden; 2. für gegebenes Q max und J das Profil gefunden werden; 3. für gegebenes r und Q max das Gefälle J ermittelt werden; 4. für gegebenes r, Q und J die Füllhöhe h gefunden werden. Die Verwendbarkeit der Tabelle für andere Rauhigkeitswerte als $n = 0{,}014$ ist nach dem bei den Eiprofilen gesagten ohne weiteres klar.

Die entsprechenden Verhältniszahlen für die Uebergänge zu andern Rauhigkeitszahlen sind nachfolgend tabellarisch zusammengestellt:

n	c_1	$\frac{c_1}{c}$
0,0115	$\frac{111{,}115\ \sqrt{R}}{0{,}2823 + \sqrt{R}}$	1,26
0,0125	$\frac{104{,}55\ \sqrt{R}}{0{,}3069 + \sqrt{R}}$	1,14
0,0135	$\frac{98.624\ \sqrt{R}}{0{,}3314 + \sqrt{R}}$	1,045
	$\frac{100\ \sqrt{R}}{0.35 + \sqrt{R}}$	1,033.