Ueber die Berechnung von Canalprofilen und kreisförmigen Leitungen

Autor(en): **Melli, Enrico**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **19/20 (1892)**

Heft 1

PDF erstellt am: **20.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-17422

Abonnements-Einladung.

Auf den mit heute beginnenden XX. Band der „Schweizerischen Bauzeitung“ kann bei allen Postämtern der Schweiz, Deutschlands, Oesterreichs und Frankreichs, ferner bei sämmtlichen Buchhandlungen, sowie auch bei HH. **Meyer & Zeller in Zürich** und bei dem Unterzeichneten zum Preise von 10 Fr. für die Schweiz und 12,50 Fr. für das Ausland abonnirt werden. Mitglieder des schweiz. Ingenieur- und Architektenvereins oder der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker geniessen das Vorrecht des auf 8 Fr. bezw. 9 Fr. (für Auswärtige) ermässigten Abonnementspreises, sofern sie ihre Abonnementserklärung einsenden an den

Zürich, den 2. Juli 1892.

Herausgeber der Schweizerischen Bauzeitung:
A. Waldner, Ingenieur
32 Brandschenkestrasse (Selnau), Zürich.

Ueber die Berechnung von Canalprofilen und kreisförmigen Leitungen.

Von Ingenieur *Enrico Melli* in St. Gallen.

A. Berechnung von Canalprofilen.

Es ist über diesen Gegenstand schon viel geschrieben worden; trotzdem erlaube ich mir, die Leser der Schweizerischen Bauzeitung einen Augenblick in Anspruch zu nehmen, um eine graphische Tabelle vorzulegen, welche in ziemlich einfacher Weise die Beziehungen zwischen Wassermenge Q, Durchflussprofil F, Gefälle J, Profilradius $\left(\frac{\text{Querschnitt}}{\text{Benetzter Umfang}}\right)$ r und Geschwindigkeit v darstellt.

Die allgemeine Formel lautet

$$Q = F\,v = F\,c\sqrt{J\,r},$$

wo c den Geschwindigkeitscoefficienten bedeutet.

Will man die Formel allgemein lösen, so ist es unmöglich, eine einfache Tabelle zu erhalten; die Lösung wird aber einfach, wenn man specielle Canalprofile behandelt. Ich habe die drei Profile entwickelt, die bei der Canalisirung einer Stadt am meisten zur Anwendung kommen, nämlich das Eiprofil auf dem spitzen Ende, das Eiprofil auf dem stumpfen Ende und das Kreisprofil. Bekanntlich wird für Nebencanäle das Kreisprofil, für die Hauptsammler das Eiprofil verwendet, und zwar das Eiprofil auf dem spitzen Ende, wenn das normale Wasserquantum klein ist und die Geschwindigkeit möglichst gross ausfallen soll, das Eiprofil auf dem stumpfen Ende dagegen bei grossem Normalwasserquantum und starker Ueberschüttung.

Die allgemeine Formel für die Bestimmung des Geschwindigkeitscoefficienten c lautet nach Ganguillet-Kutter

$$r = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{r}}}$$

Hierin bezeichnet n den Rauhigkeitscoefficienten. Für Eiprofile, welche Schmutzwasser führen, kann man setzen

$$n = 0{,}015.$$

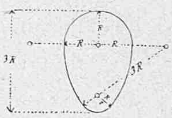
Dieser Werth von n ist von den meisten Hydraulikern Deutschlands und Amerikas den Rechnungen zu Grunde gelegt worden. Das Gefälle J darf man bei Canälen als constant ansehen und $= 0{,}001$ setzen; der Fehler, den man damit begeht, hat keine practische Bedeutung, wie folgende Berechnung beweist:

	$J = 0{,}0003$	$J = 0{,}001$	$J = \infty$
$r = 0{,}5$	$c = 59{,}5$	$c = 59{,}8$	$c = 60$
$r = 0{,}1$	$c = 41{,}5$	$c = 42{,}4$	$c = 43.$

Kleinere Gefälle als 0,0003 oder 1 : 3000 kommen bei geschlossenen Canälen nicht vor. Der Fehler schwankt, wie man sieht, zwischen 0,5% und 2%.

Setzt man demnach $n = 0{,}015$ und $J = 0{,}001$, so wird der Geschwindigkeitscoefficient c für unsern Fall

$$c = \frac{23 + \frac{1}{0{,}015} + \frac{0{,}00155}{0{,}00100}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{0{,}00100}\right)\frac{0{,}015}{\sqrt{r}}} = \frac{91{,}216}{1 + \frac{0{,}3683}{\sqrt{r}}}.$$



Der Radius R der Profile, welche in der Praxis vorkommen, schwankt zwischen 0,8 und 0,3 *m*. Die graphische Tabelle A auf S. 3 ist für vier Werthe von R berechnet worden, nämlich für $R = 0{,}8$ *m*, $R = 0{,}6$ *m*, $R = 0{,}4$ *m* und $R = 0{,}3$ *m*. Für alle diese Werthe von R und für zwölf Füllungsgrade des Querschnittes wurde der Profilradius r und mit ihm der Geschwindigkeitscoefficient c berechnet. Dabei wurde c durch $\sqrt{1000}$ dividirt, um das absolute Gefälle J durch das Gefälle G in ‰ ersetzen zu können. Setzt man $\frac{c}{\sqrt{1000}} = k$, so ist die Wassergeschwindigkeit

$$v = k\sqrt{r\,G}$$

und die *Abflussmenge* gleich:

$$Q = F\,v = F\,k\sqrt{r\,G}$$

Bei Eiprofilen kann man allgemein schreiben:

$$F = a\,R^2 \text{ und } \sqrt{r} = b\sqrt{R},$$

wo a und b zwei Coefficienten bedeuten, welche nur von der Füllung abhängig sind. Unsere Gleichung nimmt dann folgende Gestalt an:

$$Q = a\,b\,k\sqrt{R^5\,G}$$

oder

$$\log. Q = (\log. a + \log. b + \log. k) + (5/2 \log. R + 1/2 \log. G).$$

Der Ausdruck (log. a + log. b + log. k) ist für einen constanten Werth von R eine Function der Füllung und kann durch eine Curve dargestellt werden, indem man die Füllung $\left(\frac{\text{Wassertiefe}}{\text{Canalhöhe}}\right)$ vertical und die Summe der drei Logarithmen (als Zahlen betrachtet) horizontal aufträgt.

Auf der Tabelle A sind vier solche Curven („Curven für die Wassermenge“) gezeichnet worden, entsprechend den vier Canalprofilen $R = 0{,}8$, $R = 0{,}6$, $R = 0{,}4$, $R = 0{,}3$ *m*. Für Zwischenprofile kann man interpoliren. Wenn man jetzt zu den Abscissen dieser Curven, noch den Ausdruck $^5/_2$ log. R + $^1/_2$ log. G hinzufügt, so erhält man log. Q, d. h. eine Strecke, welche der Wassermenge entspricht. Die Werthe $^5/_2$ log. R und $^1/_2$ log. G sind unten links auf der Tabelle A auf zwei wagrechten Linien graphisch aufgetragen („Masstab für die Wassermenge“) und zwar in entgegengesetzter Richtung, so dass man ihre Summe für beliebige

Werthe von R und G unmittelbar mit dem Zirkel abgreifen kann; die abgegriffene Strecke hat man wagrecht an die entsprechende Abscisse der „Curve für die Wassermenge" anzufügen. Lässt man hierbei die Spitze, welche vorher auf dem Strich von R war, längs der Curve für die Wassermenge gleiten, so liefert die andere Spitze das Wasserquantum für verschiedene Füllungsgrade.

Beispiel: Bei welcher Füllung liefert ein Canal auf dem spitzen Ende mit $R = 0{,}6$ *m* (120/180 *cm*) bei 1 $^0/_{00}$ Gefälle 1 m^3 Wasser pro Secunde?

Dieser Fall ist auf der Tabelle A angedeutet. Im „Masstab für die Wassermengen" entspricht der Buchstabe A dem gewählten Radius R und B dem Gefälle. Die Strecke $A\,B$ überträgt man auf die Curve für die Wassermengen ($R = 0{,}6$) und lässt die eine Zirkelspitze auf der Curve gleiten, bis die andere die Verticale 1 schneidet. Man findet eine Füllung von 7,3/12 oder 1,10 *m* Wassertiefe.

Bestimmung der *Geschwindigkeit*: Es ist

$$v = b\;k\;\sqrt{RG}$$

oder

$$\log. v = (\log. b + \log. k) + (\tfrac{1}{2} \log. R + \tfrac{1}{2} \log. G).$$

Der Ausdruck ($\log. b + \log. k$) ist bei einem constanten R eine Function von der Füllung und kann ähnlich wie vorher durch eine Curve („Curve der Geschwindigkeit") dargestellt werden. Auf der Tabelle A sind die vier Curven der Geschwindigkeit strichpunktirt gezeichnet worden.

Der Geschwindigkeitsmasstab ist gegeben durch $\tfrac{1}{2} \log. R + \tfrac{1}{2} \log. G$. Er ist oberhalb des Masstabes für die Wassermenge graphisch aufgetragen worden. Dieser Masstab ist ähnlich zu verwenden wie derjenige für die Wassermenge; nur muss hier der Theilstrich, welcher dem R entspricht, längs der dazu gehörigen Curve der Geschwindigkeit gleiten, der andere Strich, welcher dem Gefälle entspricht, liefert dann die Geschwindigkeit in Metern. Es ist selbstverständlich, dass die zwei übertragenen Strecken sich auf der gleichen Horizontalen befinden müssen.

Beispiel: Für das vorhin angeführte Beispiel entspricht der Buchstabe A_1 dem Radius $R = 0{,}6$ und B_1 dem Gefälle von 1$^0/_{00}$. Ueberträgt man die Strecke $A_1\,B_1$ nach oben, so findet man für die gewählte Füllung (7,3/12) eine Geschwindigkeit von 1,08 *m*.

B. Berechnung kreisförmiger Leitungen.

Es ist allgemein die verlorene Druckhöhe

$$h_v = \zeta \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

wo l = Länge der Leitung, d = Durchmesser, v = Geschwindigkeit, alles in Metern, ζ = Coefficient.

In unserem Falle ist die Wassermenge

$$Q = Fv = \frac{\pi\,d^2}{4} \cdot v = \frac{\pi\,d^2}{4} \cdot \sqrt{2\,gd \cdot \frac{h\,v}{l} \cdot \frac{1}{\zeta}}$$

oder

$$Q = \sqrt{\frac{\pi^2\,g}{8} \cdot \frac{h\,v}{l} \cdot \frac{1}{\zeta} \cdot d^5}.$$

Setzt man

$$\frac{h\,v}{l} \cdot 1000 = G = \text{Gefälle in } {}^0/_{00},$$

so erhält man

$$Q = \sqrt{\frac{\pi^2\,g}{8000} \cdot \frac{1}{\zeta} \cdot d^2\,G} = \frac{0{,}11}{\sqrt{\zeta}} \cdot \sqrt{d^5\,G}.$$

Will man diese Gleichung lösen und graphisch darstellen, so muss man zuerst ζ kennen. Im Werke von Otto Iben „Druckhöhen-Verlust in geschlossenen eisernen Rohrleitungen", Seite 47, befindet sich eine sehr werthvolle Tabelle, wo für 28 Werthe von d ($d = \tfrac{1}{2}''$ bis $48''$) das entsprechende ζ durch zahlreiche directe Versuche ermittelt worden ist. Den Werth von ζ für Cement- und Thonröhren habe ich dem Werke von Albert Frank entnommen.

Graphische Auflösung obiger Formel: Die letzte Gleichung kann geschrieben werden

$$\log. Q = \log. \left(\frac{0{,}11}{\sqrt{\zeta}}\right) + (\tfrac{5}{2} \log. d + \tfrac{1}{2} \log. G).$$

Der Ausdruck $\left(\log. \frac{0{,}11}{\sqrt{\zeta}}\right)$ ist eine Function des Durchmessers d und kann durch eine Curve dargestellt werden, indem man d vertical und $\log. \frac{0{,}11}{\sqrt{\zeta}}$ horizontal aufträgt. Auf der Tabelle B sind vier solche Curven (für Cement und Thonröhren, für schmutzige, für gebrauchte und für neue Druckleitungen) gezeichnet worden; sie bilden die Nulllinien für die Wassermengebestimmung. Der Masstab dazu ist gegeben durch den Ausdruck ($\tfrac{5}{2} \log. d + \tfrac{1}{2} \log. G$); derselbe befindet sich unten auf der Tabelle B.

Man greift die Strecke, welche dem gegebenen d und G entspricht, mit dem Zirkel ab und lässt die Spitze, welche dem Durchmesser entspricht, längs der Nulllinie gleiten, bis man die Horizontale trifft, welche dem Werthe von d entspricht; die andere Spitze gibt dann die Wassermenge an.

Geschwindigkeitsbestimmung: Aus der allgemeinen Gleichung

$$h_v = \zeta \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

erhält man

$$v = \sqrt{\frac{2\,g\,.\,d\,.\,h_v}{\zeta\,.\,l}} \text{ oder wenn man } \frac{h_v}{l} = \frac{G}{1000} \text{ setzt,}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,g}{1000} \cdot \frac{1}{\zeta} \cdot G \cdot d} = \frac{0{,}14}{\sqrt{\zeta}} \sqrt{G \cdot d}$$

oder

$$\log. v = \log. \left(\frac{0{,}14}{\sqrt{\zeta}}\right) + (\tfrac{1}{2} \log. G + \tfrac{1}{2} \log. d).$$

Aehnlich wie vorher ist der Ausdruck $\log. \left(\frac{0{,}14}{\sqrt{\zeta}}\right)$ durch vier punktirte Curven („Curven der Geschwindigkeit") dargestellt worden. Der entsprechende Masstab ist durch den Ausdruck ($\tfrac{1}{2} \log. d + \tfrac{1}{2} \log. G$) bestimmt; derselbe befindet sich unten auf der Tafel und wird gleich verwendet wie derjenige für die Wassermenge.

Beispiel: Wie viel Wasser liefert eine schmutzige Druckleitung mit 10 *cm* Durchmesser und 10$^0/_{00}$ Gefälle und welches ist die Geschwindigkeit?

Man findet die Wassermenge gleich 5 l pro Secunde und die entsprechende Geschwindigkeit gleich 0,64 *m*. Wäre die Leitung neu, so würde sie 6,85 l liefern, wäre sie aus Cementröhren, so würde die Wasserlieferung 4,9 l betragen.

Bestimmung der Wassermenge bei verschiedener Füllung des Rohres. Es ist allgemein

$$Q = F \frac{c}{\sqrt{1000}} \cdot \sqrt{r \cdot G}$$

Q = Wassermenge, F = Wasserquerschnitt, c = Geschwindigkeitscoefficient, r = Profilradius, G = Gefälle in $^0/_{00}$ = $= 1000\,J$.

Bei kreisförmigen Leitungen und voller Füllung ist

$$F = \frac{\pi\,d^2}{4}, \quad r = \frac{d}{4},$$

$$\text{somit } Q = \frac{\pi}{4\sqrt{1000}} \cdot c \cdot \sqrt{d^5 \cdot G} = 0{,}0124\;c \cdot \sqrt{d^5 \cdot G}.$$

Wir haben vorher gefunden

$$Q = \frac{0{,}11}{\sqrt{\zeta}} \sqrt{d^5 \cdot G};$$

folglich wird

$$\frac{0{,}11}{\sqrt{\zeta}} = 0{,}0124\,c = 0{,}0124 \left\{\frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{r}}}\right\}$$

Es ist gestattet, $J = \infty$ zu setzen; denn für $n = 0{,}014$ wird

$$\begin{array}{llll} & J = \infty & J = 3\,^0/_{00} & \text{Fehler} = \\ r = 0{,}5 & c = 65 & c = 64{,}8 & 0{,}2\,^0/_0 \\ r = 0{,}1 & c = 46{,}7 & c = 46{,}5 & 0{,}4\,^0/_0 \end{array}$$

Es ist daher bei voller Füllung n die einzige Unbekannte. Durch Einsetzung der verschiedenen Werthe von ζ und der entsprechenden Werthe von $r = \frac{d}{4}$ bekommt man

Graphische Tabellen zur Berechnung von Canalprofilen und kreisförmigen Leitungen.

Tabelle A zur Berechnung von Canalprofilen.

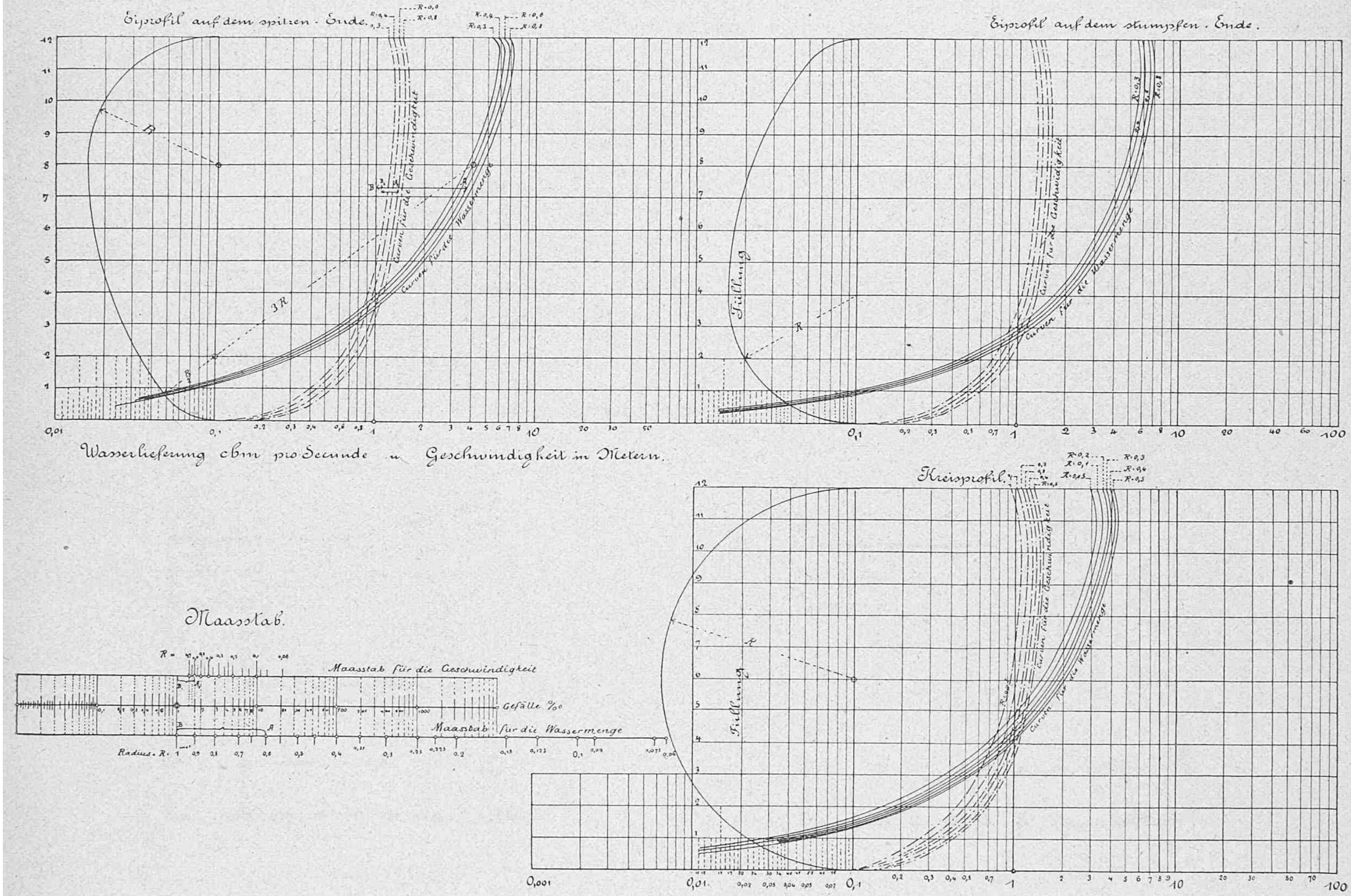
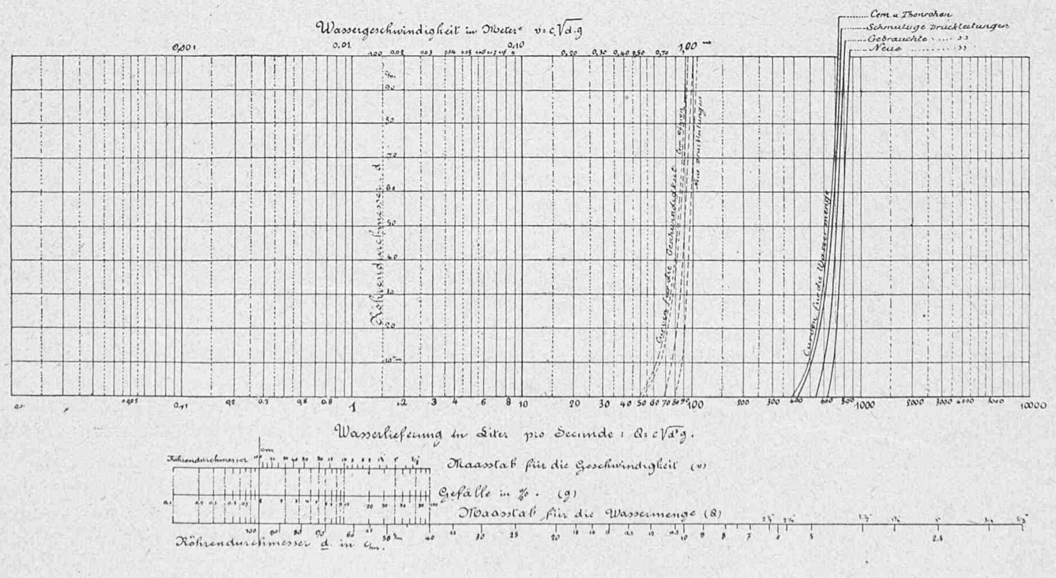


Tabelle B zur Berechnung kreisförmiger Leitungen.



Anmerkung: Sämmtliche Zahlen, namentlich die der Masstäbe, sind in Folge der durch das Format unserer Zeitschrift bedingten Reduction der Originalzeichnung leider sehr klein ausgefallen, was wir zu entschuldigen bitten; ferner ersuchen wir, in der Tabelle B die Bezeichnung g für das Gefälle durch G zu ersetzen.

Die Redaction.

Für Cementröhren		Für schmutzige Druckleitungen		Für reine Druckleitungen	
$d = 0{,}05$	$n = 0{,}0115$	$d = 0{,}05$	$n = 0{,}0115$	$d = 0{,}05$	$n = 0{,}009$
$d = 0{,}10$	$n = 0{,}0125$	$d = 0{,}10$	$n = 0{,}0124$	$d = 0{,}10–0{,}20$	$n = 0{,}010$
$d = 0{,}40$	$n = 0{,}0135$	$d = 0{,}2–0{,}8$	$n = 0{,}0125$	$d = 0{,}8$	$n = 0{,}012$
$d = 1{,}00$	$n = 0{,}014$	$d = 1{,}0$	$n = 0{,}0128$	$d = 1{,}0$	$n = 0{,}012$

Ist d gegeben, so kann man mit Hülfe dieser Tabelle das entsprechende n und hierauf für jeden Füllungsgrad, d. h. für jedes r das c bestimmen und mit ihm die Wassermenge $Q = \frac{c}{\sqrt{1000}} \cdot F \sqrt{r \cdot G}$, sowie die Geschwindigkeit $v = \frac{c}{\sqrt{1000}} \cdot \sqrt{r \cdot G}$ berechnen.

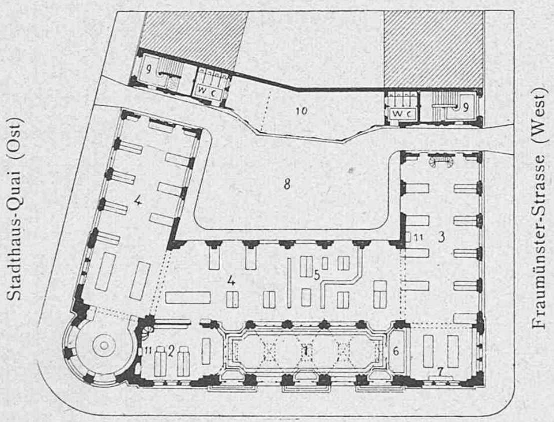
Für Cement- und Thonröhren habe ich eine Tabelle gerechnet und graphisch aufgetragen, ganz in gleicher Weise wie für Eiprofil; dieselbe befindet sich auf der Tabelle A zur Berechnung von Canalprofilen unten.

Ich hoffe, diese bescheidene Arbeit möge meinen Collegen von Nutzen sein.

St. Gallen, Juni 1892.

Wettbewerb für ein neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Zürich.

Entwurf von Architekt *Eugen Meyer* in Paris. — Motto: „PT". — II. Preis.

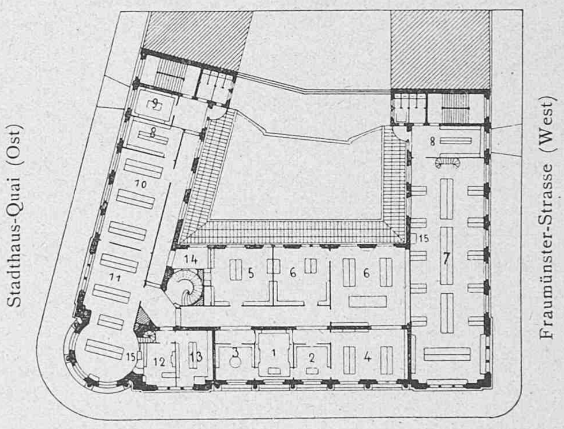


Kappeler-Gasse (Nord).

Grundriss vom Erdgeschoss.

Legende: 1. Schalterhalle, 2. Telegramm-Aufgabe-Bureau, 3. Briefpost, 4. Fahrpost, 5. Mandat-Bureau, 6. Schloss-Fächer, 7. Brief-Einwurf, 8. Posthof, 9. Haus-Treppe, 10. Remise, 11. Aufzüge.

1 : 1000.



Kappeler-Gasse (Nord).

Grundriss vom ersten Stock.

Legende: 1. Kreisport-Director, 2. Adjunct, 3. Wartzimmer, 4. Kreispost-Kanzlei, 5. Kreispost-Cassa, 6. Material-Abtheilungen, 7. Briefträger, 8. Garderobe, 9. Zimmer für Bedienstete, 10. Telegraphen-Saal (Morse-Apparate), 11. Telegraphen-Saal (Hughes-Apparate), 12. Bureau-Chef, 13. Batterie-Local, 14. Vorplatz.

Wettbewerb für ein neues Post- und Telegraphen-Gebäude in Zürich.

(Mit einer Lichtdruck-Tafel.)

I.

Dank der Gefälligkeit des Directors der eidg. Bauten sind wir heute schon in der Lage, mit der Veröffentlichung der preisgekrönten Entwürfe dieses Wettbewerbes beginnen zu können. Wie früheren Mittheilungen unserer Zeitschrift entnommen werden kann (Bd. XVIII S. 110, 140, 166; Bd. XIX 152 und 159), erfolgte die Ausschreibung gegen Ende November letzten Jahres; der Termin zur Einlieferung der Entwürfe lief am 15. Mai dieses Jahres ab und am 1. und 2. Juni trat das Preisgericht zur Beurtheilung der Arbeiten in Bern zusammen.

Die wesentlichsten Bestimmungen des Programmes haben wir bereits früher mitgetheilt, doch mag es für die Beurtheilung der mit Preisen bedachten Entwürfe von Werth sein, auch eine genauere Uebersicht über die verlangte Anordnung und Grösse der hauptsächlichsten Räume vor Augen zu haben.

Das Untergeschoss sollte, nebst den Localen für die Centralheizung, Keller und Magazine enthalten.

Für das Erdgeschoss waren folgende Bestimmungen massgebend: Die 150 m^2 grosse, möglichst helle und gegen Zugluft geschützte Schalterhalle war an die Kappelergasse zu verlegen und sollte in directer Verbindung mit den Localen für die Briefpost (360 m^2), Fahrpost (530 m^2), das Mandatbureau (80 m^2) und das Telegramm-Aufgabe-Bureau (90 m^2) stehen; ausserdem war noch ein Zimmer für Bedienstete (20 m^2), das eventuell auch nach oben verlegt werden konnte, verlangt, nebst den nöthigen Aborten. Der 600 m^2 grosse Posthof musste eine geschlossene Remise, sowie eine Abtheilung für die Post und eine solche für das Telegraphenmaterial enthalten. Rings um den Hof war ein breites Vordach anzubringen. Die Briefpostlocalitäten waren mit der Schalterhalle und dem Hof in directe Verbindung zu bringen und sollten vermittelst eines Aufzuges und einer kleinen Diensttreppe mit dem Briefträger-Saal im ersten Stock in Verbindung stehen. Mit der Schalterhalle sollte der Verkehr durch vier Schalter und einen einfachen Briefeinwurf vermittelt werden, während nach aussen ein vierfacher Briefeinwurf vorgeschrieben war. Vom übrigen Verkehr möglichst abgetrennt und daher nicht unbedingt von der Schalterstelle aus zugänglich, war ein mit der Briefpost in Verbindung stehender Raum für 500 Schlossfächer in Aussicht zu nehmen, deren jedes im Minimum 12,5 *cm* im Quadrat halten soll. Zwei grosse Thüren waren für den Briefpost-Saal gegen den Hof hin vorzusehen. — Die Fahrpost-Locale sollten mit der Schalterhalle durch vier Schalter und gegen den Hof durch drei bis vier grosse Thüren verkehren, während Telegramm-Aufgabe- und Mandat-Bureau je zwei Schalter, letztere noch eine Thüre gegen den Hof erhalten sollte

In den ersten Stock waren zu velegen: der Briefträger-Saal mit Garderobe (350 m^2), die Telegraphen-Säle (250 m^2) mit Garderobe (40 m^2), das Batterie-Local (40 m^2) und ein Zimmer für den Bureau-Chef (30 m^2), die Material-Abtheilungen (80 + 60 m^2), die Kreispost-Kanzlei (70 m^2) und -Cassa (60 m^2), ferner die Zimmer für den Kreispost-Director (35 m^2), dessen Adjuncten (25 m^2) und ein Wartzimmer (25 m^2), sowie die nöthigen Aborte. Ferner musste auf eine spätere Vergrösserung des Briefträger-Saales durch Verlegung anderer Locale in den oberen Stock Bedacht genommen werden.

Der zweite Stock musste enthalten: die Locale für die Kreispost-Controle (150 m^2), den Kreispost-Controleur (35 m^2), den Telegraphen-Inspector (30 m^2) mit Adjuncten und Gehülfen (40 m^2), ein Magazinraum (40 m^2) und ein Conferenzzimmer (50 m^2). Ueber den übrigen Raum konnte zu Privatwohnungen oder Geschäfts-Localen disponirt werden.

Im Dachstock waren nebst den nöthigen Dependenzen zu den Wohnungen, Magazine und Archiv-Räume, sowie eine Hauswartwohnung unterzubringen.