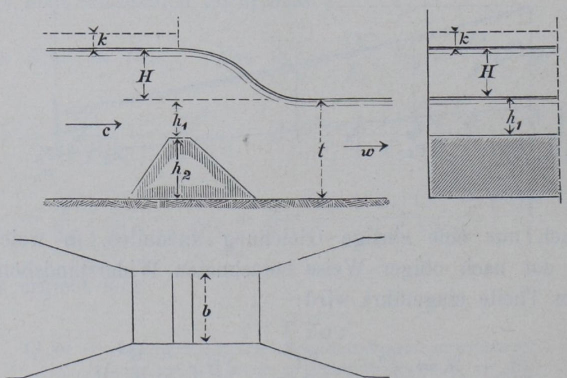
f) Stauhöhe von Wehren und Brückenpfeilern.

Der Zweck eines Wehres ist, die Wasseroberfläche oberhalb des Wehres zu heben (anzustauen). In den meisten Fällen wird dann ein Theil Q_2 des angestauten Wassers mittels eines Kanales abgeleitet, so dass von der ganzen sekundlichen Wassermenge Q des Flusses nur noch $Q_1 = Q - Q_2$ über das Wehr fliesst. Das Wehr ist ein durch die ganze Breite reichender, aus dem Boden des Flusses sich erhebender Einbau. Liegt die Wehrkrone tiefer als die Wasseroberfläche unterhalb des Wehres, so heisst dieses ein Grundwehr, im anderen Fall ein Überfallwehr.

α) **Grundwehr.** Am Wehre sei der Durchflussquerschnitt zu einem Rechtecke von der Breite b zusammengezogen (Fig. 325). Die Wehrkrone liege um h_1 unter dem Unterwasser, dessen Tiefe

Fig. 325.



dicht unter dem Wehre t betrage. h_2 sei die Höhe des Wehrkörpers, so dass $h_1 + h_2 = t$. Das Wasser sei durch den Einbau des Wehres um die Stauhöhe H gehoben. Die Geschwindigkeit des ungestauten Wassers sei w, die des gestauten Wassers oberhalb des Wehres betrage c. Den Einfluss dieser Zuflussgeschwindigkeit c auf die Durchflussmenge berücksichtigt man dadurch, dass man das Oberwasser um $k = \frac{c^2}{2g}$ gehoben denkt. Da die Wehrkrone beiderseitig unter Wasser liegt, so theilt man die

Höhe der Durchflussöffnung in zwei Theile, nämlich H und h_1. Für ersteren Theil betrachtet man den Durchfluss als einen Ausfluss ins Freie, für den anderen als einen Ausfluss unter Wasser. Dann ist die sekundl. Durchflussmenge für den oberen Theil nach Gl. 3, S. 236 und nach S. 240

1) $$Q_1' = \frac{2}{3}\mu_1 b \sqrt{2g}\left\{(H+k)^{3/2} - k^{3/2}\right\},$$

für den unteren Theil

2) $$Q_1'' = \mu_2 b h_1 \sqrt{2g(H+k)},$$

weil die Höhe dieses Theiles h_1 beträgt, alle Punkte desselben aber unter der gemeinsamen Druckhöhe $H + k$ stehen. Für die gesammte Durchflussmenge $Q_1 = Q_1' + Q_1''$ gilt also:

3) $$Q_1 = \frac{2}{3}\mu_1 b \sqrt{2g}\left\{(H+k)^{3/2} - k^{3/2}\right\} + \mu_2 b h_1 \sqrt{2g(H+k)}.$$

Gewöhnlich nimmt man $^2/_3\,\mu_1 = 0{,}57$ und $\mu_2 = 0{,}62$; dann wird

4) $$h_1 = \frac{Q_1}{0{,}62\, b\sqrt{2g(H+k)}} - 0{,}92\,\frac{(H+k)^{3/2} - k^{3/2}}{\sqrt{H+k}}$$

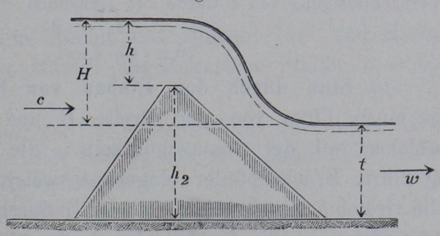
5) $$\text{und} \quad h_2 = t - h_1.$$

Diese Gleichungen sind nur gültig, so lange sie für h_1 einen Werth > 0 ergeben. Andernfalls muss die Wehrkrone sich über das Unterwasser erheben, und man bekommt ein Überfallwehr, für welches eine besondere Rechnung angestellt werden muss. Bei der vorläufigen Untersuchung darüber, ob das herzustellende Wehr ein Grundwehr sein muss oder nicht, pflegt man k zu vernachlässigen und hat dann

6) $$Q_1 \gtrless 0{,}57\, b H \sqrt{2gH}$$

als Bedingung für ein Grundwehr bezw. Überfallwehr.

Fig. 326.



β) **Überfallwehr** (Fig. 326). Nennt man die Strahldicke über dem Wehre h, so muss, weil nun der Durchfluss ins Freie erfolgt,

$$Q_1 = \frac{2}{3}\mu b \sqrt{2g}\left\{(h+k)^{3/2} - k^{3/2}\right\}, \quad \text{also}$$

$$7)\qquad h = \left\{\frac{{}^3/_2\, Q_1}{\mu b_1 \sqrt{2g}} + k^{3/2}\right\}^{2/3} - k$$

sein, wobei wieder ${}^2/_3\,\mu = 0{,}57$. Hiernach bestimmt sich dann

$$8)\qquad h_2 = H + t - h.$$

Beispiel: Für einen Fluss sei $w = 1^{\text{m}}/_{\text{s.}}$, $t = 2^{\text{m}}$, $F = 24^{\text{qm}}$, $Q = 24^{\text{cbm}}$. Mittels eines Wehres soll ein Aufstau um $H = 0{,}5^{\text{m}}$ herbeigeführt werden, das Wehr soll 10^{m} Breite erhalten, auch sollen oberhalb des Wehres 2^{cbm} abgeleitet werden, so dass nur noch $Q_1 = 22^{\text{cbm}}$ über das Wehr fliessen. Die Bedingung 6 wird:

$$22 > 0{,}57 \cdot 10 \cdot 0{,}5 \sqrt{2g \cdot 0{,}5} = 8{,}92,$$

d. h. es muss ein Grundwehr erbaut werden.

Für die Geschwindigkeit c oberhalb des Wehres gilt annähernd:

$$c = \frac{1 \cdot 2}{2{,}5} \cdot \frac{24}{22} = 0{,}9, \quad k = 0{,}04^{\text{m}}.$$

Dann wird nach Gl. 4:

$$h_1 = \frac{22}{0{,}62 \cdot 10 \sqrt{2g \cdot 0{,}54}} - 0{,}92 \frac{0{,}54^{3/2} - 0{,}04^{3/2}}{\sqrt{0{,}54}} = 0{,}6^{\text{m}}.$$

Der Wehrkörper muss also $h_2 = t - h_1 = 1{,}4^{\text{m}}$ Höhe erhalten.

Bei Vernachlässigung von k würde sich $h_1 = 0{,}67^{\text{m}}$ ergeben.

Soll unter sonst gleich bleibenden Verhältnissen eine Stauhöhe $H = 2^{\text{m}}$ erreicht werden, so wird Bedingung 6:

$$22 < 0{,}57 \cdot 10 \cdot 2 \sqrt{2g \cdot 2} = 71{,}4,$$

d. h. das Wehr wird ein Überfallwehr. Es ist

$$c = \frac{w \cdot 2}{2 + 2} \cdot \frac{24}{22} = 0{,}55, \quad k = 0{,}015^{\text{m}}.$$

Gleichung 7 liefert:

$$h = \left\{\frac{22}{0{,}57 \cdot 10 \cdot 4{,}429} + 0{,}015^{3/2}\right\}^{2/3} - 0{,}015 = 0{,}9^{\text{m}}.$$

Die Höhe des Wehrkörpers wird dann $h_2 = 2 + 2 - 0{,}9 = 3{,}1^{\text{m}}$. Bei Vernachlässigung von k würde sich (erheblich einfacher)

$$h = \left(\frac{22}{0{,}57 \cdot 10 \cdot 4{,}429}\right)^{2/3} = 0{,}912^{\text{m}} \quad \text{ergeben.}$$

γ) **Stau durch den Einbau von Brückenpfeilern.** Werden in einen Fluss von der Breite B und der Tiefe t (Fig. 327), welcher mit der Geschwindigkeit w die sekundliche Wassermenge Q führt, Brückenpfeiler eingebaut, welche die Durchflussbreite auf die Grösse b einschränken, so wird dadurch ein Anstau H verursacht. Für diesen ist die für ein Grundwehr abgeleitete Gl. 3 (S. 311) zu benutzen, wenn man nur die Höhe des Wehrkörpers Null, d. h. $h_1 = t$ und zugleich $Q_1 = Q$ setzt. Es wird

$$9)\qquad Q = \frac{2}{3}\mu_1 b \sqrt{2g}\left\{(H + k)^{3/2} - k^{3/2}\right\} + \mu_2 b t \sqrt{2g(H + k)}.$$

Hierin ist

$$k = \frac{c^2}{2g}; \quad c = \frac{Q}{B(H + t)}.$$

Ist die zulässige Stauhöhe H gegeben, so kann man aus obiger Gleichung leicht die erforderliche lichte Weite b berechnen, nämlich, wenn man wegen übereinstimmender Durchflussverhältnisse $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ setzt:

$$10) \quad b = \frac{Q}{\mu\sqrt{2g}\left\{\frac{2}{3}(H + k)^{3/2} - \frac{2}{3}k^{3/2} + t\sqrt{H + k}\right\}}.$$

Die Auflösung der Gl. 9 nach H ist umständlich. Jedoch hat Prof. Dr. Mehmke (Stuttgart) in der Zeitschrift Civilingenieur 1889, S. 623, angegeben, dass, wenn man

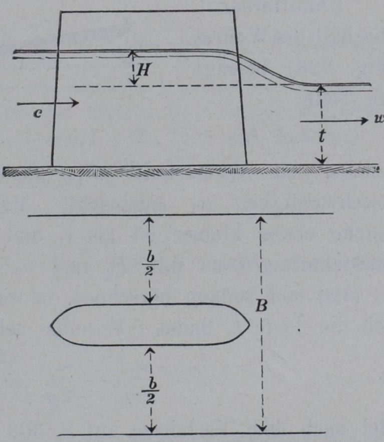
$$\frac{Q}{B\sqrt{2g}} = \alpha,$$

$$\frac{Q}{\mu b\sqrt{2g}} = \beta$$

setzt, die Annäherungsgleichung

$$11) \quad \frac{2}{3}H + t = \frac{\sqrt{\beta^2 - \alpha^2}}{\sqrt{H}}$$

Fig. 327.



benutzt werden kann. Für Pfeiler mit spitzen Vor- und Hinterköpfen ist $\mu = 0{,}95$, für stumpf abgeschnittene Pfeiler $\mu = 0{,}85$ zu setzen.

Beispiel: Ein Fluss führe bei 2 m Wassertiefe und 50 m Breite 100 cbm in der Sekunde. Auf welches Maſs darf die Lichtweite eingeschränkt werden, wenn eine Stauhöhe $H = 0{,}02$ m zulässig ist?

Es ist dann die Geschwindigkeit oberhalb der Pfeiler

$$c = \frac{100}{50 \cdot 2{,}02} = 0{,}99 \text{ m}, \quad k = 0{,}05 \text{ m};$$

Gleichung 10 giebt:

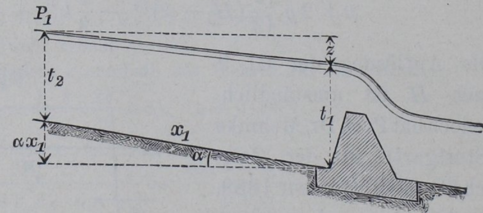
$$b = \frac{100}{0{,}95 \cdot 4{,}429\left\{\frac{2}{3}\,0{,}07^{3/2} - \frac{2}{3}\,0{,}05^{3/2} + 2\sqrt{0{,}07}\right\}} = 44{,}5 \text{ m}.$$

Berechnet man hiernach die Hülfsgrössen α und β, so liefert die linke Seite von Gl. 11: 2,013, die rechte Seite 2,015; der Unterschied ist also unbedeutend.

g) Staukurve und Stauweite.

Will man erfahren in welcher Weise der Stau oberhalb eines Wehres allmählich abnimmt, so benutzt man für die verzögerte Bewegung, welche oberhalb des Wehres stattfindet, einen ähnlichen Rechnungsgang wie auf S. 308.

Fig. 328.



Unmittelbar oberhalb des Wehres (Fig. 328) beträgt die Tiefe

$$t_1 = t + H,$$

welcher ein Querschnitt F_1, ein benetzter Umfang u_1, eine Geschwindigkeit w_1 entspricht Man wählt nun eine Tiefe t_2, welche etwas kleiner ist als t_1 und bezeichnet die entsprechenden Querschnittsgrössen mit F_2 und u_2, die Geschwindigkeit mit w_2. Es lässt sich sodann berechnen, in welchem Abstand x_1 vom Wehre sich die Tiefe t_2 findet. Es muss sein

$$1) \qquad z = \frac{w_1{}^2}{2g} - \frac{w_2{}^2}{2g} + \beta_1 x_1 \frac{u}{F} \frac{w^2}{2g}$$

oder nach dem Verfahren auf S. 308:

$$2) \qquad z = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{F_1{}^2} - \frac{1}{F_2{}^2}\right) + \beta_1 x_1 \frac{(u_1 + u_2)(F_1 + F_2)}{4 F_1{}^2 F_2{}^2} \frac{Q^2}{2g}.$$

Ist aber α die Neigung der Sohle des Wasserlaufes, so muss auch

$$3) \qquad z = \alpha x_1 - (t_1 - t_2) \quad \text{sein.}$$

Vereinigt man diese Gleichung mit der vorstehenden und löst nach x_1 auf, so ergiebt sich:

$$4) \qquad x_1 = \frac{t_1 - t_2 - \dfrac{Q^2}{2g}\left(\dfrac{1}{F_2{}^2} - \dfrac{1}{F_1{}^2}\right)}{\alpha - \beta_1 \dfrac{(u_1 + u_2)(F_1 + F_2) Q^2}{8 g F_1{}^2 F_2{}^2}}.$$

Hierdurch liegt der Punkt P_1 der Staukurve fest.