

Fünftes Kapitel.

Von der Leitung des Wassers in Canälen.

§. 349. **Einleitung.** Oft muß das Wasser, welches zu industriellen Zwecken, besonders als Betriebskraft benützt werden soll, in Canälen auf lange Strecken hergeleitet werden. Diese Canäle haben in der Regel ein constantes, rechteckiges oder trapezoidales Profil, wie in Fig. 233, und nur ein sehr geringes, gleichförmiges Gefälle, auch ist dabei der Wasserspiegel mit der Grundfläche oder der Sohle parallel und die mittlere Geschwindigkeit in allen Querschnitten sehr nahe dieselbe, so, daß jeder Querschnitt die gleiche Wassermenge abführt.

Diese Voraussetzungen sind für ganz kurze Canäle oder sogenannte Gerinne nicht mehr in aller Strenge wahr, deshalb wird hier angenommen, daß der Canal wenigstens 100 Mal so lang als breit sey.

§. 350. Ist l die Länge des Canales und a dessen Querschnitt, d. h. die vom Wasser ausgefüllte Fläche $abcd$ (Fig. 233), so wie u der vom Wasser benetzte Umfang des Canales, das sogenannte Wasserprofil des Querschnittes (wobei also bei einem rechteckigen Querschnitte für $ab = b$ und $ac = d$ sofort $u = b + 2d$ ist) und v die mittlere Geschwindigkeit des Wassers; so kann man der Erfahrung nach auch hier auf ähnliche Weise wie bei den Röhrenleitungen die Widerstandshöhe z durch $z = \cdot 00010827 \frac{lu}{u} v^2$ ausdrücken, wenn die Dimensionen auf den Wiener Fufs bezogen werden. Aus dieser Gleichung

$$\text{folgt} \quad v = 96 \cdot 1 \sqrt{\frac{a z}{l u}} \dots (1,$$

und daher die Wassermenge per Secunde

$$M = a v \dots (2,$$

wenn v die Geschwindigkeit des Wassers per Secunde bezeichnet.

Setzt man, wenn z den nöthigen Niveauunterschied (um die gleichförmige Geschwindigkeit v zu erzielen) zwischen den beiden Endpunkten des Canales bezeichnet, also das Totalgefälle bildet, den Quotienten $\frac{z}{l}$, welchen man kurzweg das Gefälle nennt, gleich s , so bezeichnet s den Niveauunterschied auf jeden Fufs der Länge des Canales (wegen $l:1 = z:s$). Aus dem obigen Werth von z folgt auch:

$$s = \cdot 00010827 \frac{u}{a} v^2 \dots (3.$$

Was das Wasserprofil u betrifft, so ist, wenn man bei einem rechteckigen Querschnitte (Fig. 233) $ab = b$, $ac = d$ und bei einem trapezoidischen $ab = b$, $af = d$ und $cf = nd$ setzt, wo n die Verhältniszahl der Böschung, d. i. $n = \frac{cf}{af}$ ist, sofort

für einen rechteckigen Querschnitt $u = b + 2d$ und $a = bd$,

„ trapezoidischen Querschnitt

$$k) u = b + 2d\sqrt{1+n^2} \text{ und } a = (b + nd)d \dots (l)$$

Beispiel 1. Welches ist die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in einem gemauerten Canal von 211 Klafter Länge, dessen Querschnitt ein Rechteck von 8 Fufs Breite und 4 Fufs Tiefe ist, wenn das Gefäll auf die ganze Länge $2\frac{1}{2}$ (also auf die Längeneinheit $s = \frac{1}{506}$) Fufs beträgt?

Hier ist $a = 8 \times 4 = 32$, $u = 8 + 2 \times 4 = 16$, $l = 6 \times 211 = 1266$ und $\varepsilon = 2.5$, folglich nach der obigen Formel 1): $v = 6$ Fufs, und daher die per Secunde durchfließende Wassermenge $M = 32 \times 6 = 192$ Kubikfufs.

Beispiel 2. Man hat über eine Wassermasse von 100 Kubikfufs per Secunde zu disponiren, die man zu einem Schiffahrtscanale, welcher eine Wassertiefe von 5 Fufs erhalten soll, verwenden will; wenn nun das Wasser aus gewissen Gründen eine Geschwindigkeit von wenigstens 1 Fufs annehmen muß und das Terrain keine andere Böschung als von $1\frac{1}{2} : 1$ als Verhältniß der Basis zur Höhe des rechtwinkligen Dreieckes erlaubt, so ist die Frage, wie groß das Gefäll s dieses Canales genommen werden muß?

Hier ist $M = 100$ und $v = 1$, daher $a = \frac{M}{v} = 100$, ferner ist nach der vorigen Gleichung l) wegen $d = 5$ und $n = 1.5$ sofort $100 = (b + 7.5)5$, folglich $b = 12.5$, dann aus Gleichung k): $u = 12.5 + 18 = 30.5$, daher endlich nach Formel 3) das gesuchte Gefäll

$$s = \frac{00010827 \times 30.5 \times 1}{100} = 000033,$$

so, daß also auf eine Länge von 1000000 Fufs oder 166667 Klafter nur ein Niveauunterschied oder ein absolutes Gefälle von 33 Fufs erforderlich ist.

Übrigens kann nach Umständen, wie es z. B. bei dem Canale von l'Ourcq wirklich geschehen, aus Rücksicht der auf dem Grunde und an den Seiten wachsenden Wasserpflanzen, wodurch der Widerstand vermehrt wird, dieses so berechnete Gefäll wohl auch doppelt so groß genommen werden, um dem Wasser mit mehr Sicherheit die gewünschte Geschwindigkeit zu verschaffen.

Anmerkung. Die Geschwindigkeit, welche man dem in Canälen fließenden Wasser zu geben hat, ist selten willkürlich, indem man dabei wenigstens berücksichtigen muß, daß wenn diese zu groß und der Canal wie gewöhnlich nicht gemauert ist, der Grund und die Seitenböschungen aufgewühlt, und wenn diese im Gegentheile zu klein ist, das Wasser den Schlamm,

welchen es immer mehr oder weniger mit sich führt, fallen läßt und dadurch zur Verengung und Verstopfung des Canales Veranlassung gibt; im Durchschnitt nimmt man diese Geschwindigkeit zwischen 8 und 12 Zoll.

§. 351. **Relation zwischen den verschiedenen Geschwindigkeiten des Wassers in demselben Canale.** Kann man das Gefäll eines Canales nicht durch genaues Nivelliren bestimmen, indem man vielleicht die hiezu nöthigen Instrumente nicht zur Hand hat, so bestimmt man die mittlere Geschwindigkeit des im Canale fließenden Wassers durch directe Beobachtungen. Diese zeigen, daß das Wasser keinesweges in allen Puncten desselben Querschnittes die nämliche Geschwindigkeit besitze, sondern daß diese in der Mitte, d. i. im Stromstriche, und etwas unter der Oberfläche des Wassers am größten ist, und sich sowohl gegen die Seiten als auch gegen die Sohle vermindert. Nach den Beobachtungen von *Dubuat* und *Prony* kann man, wenn V die Geschwindigkeit an der Oberfläche, U die mittlere und W die Geschwindigkeit an der Sohle ist, ganz einfach:

$$U = \frac{V(V + 7.503)}{V + 9.973} \quad \text{und} \quad W = 2U - V$$

setzen. Ist also z. B. $V = 3$ Fufs, so ist $U = 2.43$ und $W = 1.86$ Fufs.

Da in der Regel die vorkommenden Geschwindigkeiten zwischen $\frac{3}{4}$ und 5 Fufs liegen, so kann man sich nach *Prony* mit dem einfachern Werthe von $U = .816 V$ oder noch kürzer mit jenem $U = .8 V$ begnügen; damit wäre im vorigen Falle beziehungsweise $U = 2.448$ oder 2.4 Fufs.

Anmerkung. Was die Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeit V an der Oberfläche des Wassers anbelangt, so bleibt die einfachste und wohl auch sicherste immer noch die, welche in der Beobachtung der Geschwindigkeit eines schwimmenden, aus dem Wasser etwas hervorragenden Körpers (z. B. eine hohle Kugel mit einem Stäbchen oder dgl.) auf eine im Voraus gemessene bedeutende Strecke des Canales besteht, wobei man, sobald der Körper die Geschwindigkeit des Wassers angenommen hat (weßhalb er schon weiter oben, vor dem Anfange der gemessenen Strecke ins Wasser geworfen wird), die Zeit beobachtet, die derselbe braucht, um diese gemessene Strecke zurückzulegen.

Was ferner die Bestimmung der in einer gegebenen Zeit durch einen bestimmten Querschnitt des Canals fließende Wassermenge betrifft, so kann man entweder das in dieser Zeit abfließende Wasser unmittelbar (wo es angeht) durch ein Gefäß oder Bassin von bekanntem Inhalte messen, oder durch Beobachtung der Geschwindigkeit an der Oberfläche, die mittlere Geschwindigkeit U nach der vorigen Formel berechnen, und diese mit dem Querschnitte multipliciren, oder endlich den Wasserlauf durch eine Wand absperrern und in diese eine Öffnung von solcher Größe anbringen, daß der

Wasserspiegel über derselben auf einer gewissen Höhe ruhig stehen bleibt (wodurch also durch die Öffnung eben so viel abfließt als im Canale zufließt), und auf den Ausfluß aus dieser Öffnung nach Umständen die Formeln in den §§. 327, 331 anwenden. Auf diese Weise bestimmen z. B. die französischen Brunnenmeister die ganz geringen Wassermengen durch den sogenannten Wasserzoll (§. 332).

Sechstes Kapitel.

Von dem Stofse des Wassers gegen eine Tafel oder Schaufel und dem Widerstande des Wassers gegen Körper, welche in denselben bewegt werden.

§. 352. **Erklärung.** Der Stofs des Wassers unterscheidet sich von jenem eines festen Körpers gegen eine ruhende oder mit geringerer Geschwindigkeit ausweichende Tafel wesentlich dadurch, daß bei diesem letztern die Wirkung des Stofses in einer nicht wahrnehmbar kleinen Zeit vollendet ist, während bei dem Stofse eines Wasserstrahls unendlich viele Wassertheilchen in einer ununterbrochenen Folge gegen die Tafel hindrängen, und Drücke (auf ähnliche Weise wie eine gespannte Feder gegen ein Hinderniß oder die Schwere auf einen ruhenden Körper wirkt) hervorbringen, so, daß man den Wasserstofs, welchen man aus diesem Grunde auch den hydraulischen Druck nennt, mit dem Drucke eines Gewichtes (wie z. B. bei einer Wage, bei welcher das Wasser in die eine Schale fließt, während in der andern das gleiche Gegengewicht liegt) vergleichen kann.

Man unterscheidet dabei den Stofs eines isolirten Strahles von dem Stofse im unbegrenzten und begrenzten Wasser oder in einem Gerinne.

§. 353. **Stofs eines isolirten Wasserstrahles.** Ein Wasserstrahl stofse in der Richtung CF (Fig. 234) mit der Geschwindigkeit C gegen eine ebene Tafel AB unter einem Winkel $CfA = i$, welche senkrecht auf AB mit einer Geschwindigkeit v ausweichen soll. Zerlegt man die Geschwindigkeit C in zwei auf einander senkrechte Geschwindigkeiten V und v' , wovon die erstere senkrecht auf die Tafel, die letztere daher mit dieser parallel ist; so hat man (§. 138), wenn $Ef = C$ abgeschnitten wird,

$$Em = C \sin i = V \dots (r,$$