Anfangsgründe der niederen Geodäsie

Loewe, Hans

Liebenwerda, 1892

§ 3. Bewegung des Wassers in Canälen

urn:nbn:de:hbz:466:1-79893

wird an einer Uhr beobachtet. Kennt man die Zahl k der Umdrehungen, welche ein das Instrument passirender Wasserfaden von 1 m Länge verursacht, so ist, wenn man n Umdrehungen in der Minute beobachtet hat, die Geschwindigkeit des Wassers, d. h. sein Weg pr. Sekunde, $v = \frac{n}{60\,k}$, oder, wenn man $\frac{1}{60}\,k = c$ setzt

$$v = c\,n.$$

Die Constante c ist durch Versuche ein für allemal zu ermitteln, und zwar am besten in **stehenden** Gewässern, indem man das Instrument an einen Kahn befestigt, diesen mit beliebiger Geschwindigkeit eine genau abgesteckte Strecke weit fortbewegt und die Zahl der dabei erfolgten Umdrehungen abliest. Ist die durchlaufene Strecke = 100 m, die Zahl der Umdrehungen = x, so ist $k = \frac{x}{100}$, also $c = \frac{x}{6000}$.

Bei der Ausführung der Messungen setzt man zu Anfang die Zählräder durch Herablassen der Schnur eine Zeit lang ausser Thätigkeit, bis die Flügel die der Geschwindigkeit des Wassers entsprechende Geschwindigkeit der Umdrehung erreicht haben. Zugleich mit dem Anziehen der Schnur, und nach einer Weile mit dem Wiedernachlassen derselben, erfolgen die Beobachtungen an der Uhr.

Für sehr geringe Geschwindigkeiten, welche eben genügen, die Flügel in Bewegung zu setzen, ist der Coofficient c besonders zu bestimmen.

§ 3.

Bewegung des Wassers in Canälen.

Die theoretische Geschwindigkeit des Wassers ist, wenn H das Gesammtgefälle des Flussbetts bezeichnet:

$$1)\quad v = \sqrt{2\,g\,H}.$$

Durch die Reibungswiderstände wird indessen die Geschwindigkeit vermindert, und wir können uns vorstellen, dass durch dieselben ein Theil der Druckhöhe H aufgehoben wird. Ist dieser Theil = h, — sogenannte Widerstandshöhe —, so ist

$$2)\quad v = \sqrt{2\,g\,(H - h)}.$$

Der Reibungswiderstand wächst, wie man beobachtet zu haben glaubt, proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit, indem bei nfacher Geschwindigkeit n mal so viele Theilchen vom Flussbette, und jedes mit nfacher Geschwindigkeit losgerissen werden müssen. Ferner muss der Reibungswiderstand proportional der Länge L des Wasserlaufs, proportional dem benetzten Umfange des Profils = p, und umgekehrt proportional dem Flächeninhalte F des Profils sein. Demnach ist der Reibungswiderstand oder die Widerstandshöhe h, wenn a einen von der Beschaffenheit des Betts abhängigen Reibungscoofficienten bezeichnet:

$$3)\quad h = a\,\frac{L\,p\,v^2}{F}.$$

In regelmässigen Flussbetten beobachtet man nun, dass die Geschwindigkeit am oberen Ende der regelmässigen Strecke des Flusses ebenso gross ist, als am unteren Ende dieser Strecke. Demnach muss das ganze Gefälle H lediglich zur Ueberwindung der Reibungswiderstände verbraucht sein, da sonst nach den Gesetzen des Falls eine Beschleunigung der Bewegung stattfinden müsste. Demnach ist das

11*

ganze Gefälle H der Flussstrecke als Widerstandshöhe anzusehen, und es ist also nach 3)

$$H = a\,\frac{L\,p\,v^2}{F}$$

also

$$v = \sqrt{\frac{H\,.\,F}{a\,L\,p}}.$$

Setzt man $\frac{H}{L} = J$, — relatives Gefälle der Flussstrecke von der Länge L, — und $\frac{F}{p} = R$, sogenannter mittlerer Radius des benetzten Profils, $\frac{1}{\sqrt{a}} = k$, so ergiebt sich

$$v = k\sqrt{R\,J}. \tag{242}$$

Eytelwein setzte den Coefficienten k constant = 50 m. Die Untersuchungen von Ganguillet und Kutter haben die Abhängigkeit desselben von der Beschaffenheit des Betts, (Rauhigkeit), und vom Verhältniss $\frac{F}{p}$ dargethan. Kutter unterscheidet folgende Rauhigkeitskategorien:

I. Gehobeltes Holz. Glatter Cement,
II. rohe Bretter,
III. behauene Quadern. Ziegeln,
IV. Bruchsteine,
V_1. Erde ohne Wasserpflanzen,
V_2. „ mit Pflanzen, Steinwürfen,
V_3. „ wie in natürlichen Bächen und Flüssen,
VI. Gewässer mit vielen Pflanzen, Geschiebe, schlechte Unterhaltung,

und giebt folgende Werthe für k:

$\frac{F}{p}$	Werthe k für die Kategorien:							
	I	II	III	IV	V_1	V_2	V_3	VI
0,01	45,5	27,0	23,2	15,2	9,7	7,6	5,6	3,9
0,03	59,0	30,0	33,1	23,6	15,7	12,4	9,4	6,6
0,05	65,1	45,3	39,0	28,6	19,4	15,5	11,8	8,4
0,07	68,8	49,5	43,1	32,1	22,2	17,8	13,7	9,8
0,10	72,5	53,9	47,5	36,1	25,4	20,6	15,9	11,5
0,13	74,7	56,9	50,5	39,0	27,8	22,7	17,7	12,8
0,15	76,3	58,9	52,5	40,9	29,4	24,1	18,9	13,7
0,20	78,8	62,3	56,1	44,4	32,4	26,8	21,1	15,5
0,25	80,4	64,7	58,6	47,0	34,8	28,9	22,0	17,0
0,30	82,0	67,0	61,0	49,5	37,1	31,0	24,7	18,4
0,40	84,0	70,1	64,4	53,0	40,4	34,1	27,5	20,6
0,50	85,5	72,4	66,9	55,8	43,2	36,7	29,7	22,5
0,60	86,6	74,2	68,9	58,1	45,5	38,9	31,7	24,1
0,80	88,2	76,8	71,9	61,5	49,0	42,3	34,9	26,8
1,00	89,3	78,7	74,0	64,1	51,8	45,0	37,5	29,1
1,50					56,1	49,4	41,7	32,0
2,00					60,3	53,7	45,9	36,7
3,00					65,0	58,7	50,9	41,5
4,00					68,3	62,1	54,5	45,0
5,00					72,5	66,8	59,5	50,1

Die **Wassermenge,** welche ein Canal von dem Querschnitte F bei dem Gefälle J pr. Sekunde führt, ist, wie leicht verständlich:

$$M = v F = k \sqrt{R J} \times F. \tag{243}$$

Umgekehrt ergiebt sich aus dieser Gleichung der Flächeninhalt des Profils, welches man bei gegebenem Gefälle einem Graben geben muss, um eine bestimmte Wassermenge M pr. Sekunde abzuführen

$$F = \frac{M}{k \sqrt{R J}}. \tag{244}$$

Hierin ist R vorläufig durch Schätzung zu bestimmen, das zugehörige k aus obiger Tabelle zu entnehmen und damit ein vorläufiger Werth von F zu berechnen, worauf man ein angemessen geformtes Profil mit dem Flächeninhalte F construiren, den benetzten Umfang p ermitteln und also $R = \frac{F}{p}$ genauer berechnen kann, worauf k nochmals der obigen Tabelle zu entnehmen und die Rechnung nach Formel (244) zu wiederholen ist. Weicht das neu gefundene Resultat wesentlich von dem aus der ersten Berechnung ermittelten Werthe F ab, so ist eine nochmalige Wiederholung der Rechnung erforderlich.

§ 4.

Bewegung des Wassers in Röhren.

Bei Rohrleitungen haben zunächst die Gleichungen 1)—3) des vorigen § und Alles dazu Gesagte ebenfalls Gültigkeit. Wir können dagegen nicht, wie im vorigen Paragraphen für Canäle geschehen ist, die Widerstandshöhe h der ganzen vorhandenen Druckhöhe H gleichsetzen, da die Beobachtung zeigt, dass nicht die ganze Höhe H zur Ueberwindung der Reibungswiderstände verbraucht wird. Aus Gl. 2) des vorigen Paragraphen folgt:

$$h = H - \frac{v^2}{2 g}$$

und da nach Gl. 3) des vorigen § auch

$$h = a \frac{L p v^2}{F}$$

so folgt

$$a \frac{L p v^2}{F} = H - \frac{v^2}{2 g}$$

oder, wenn wir $a g = c$, also $a = \frac{c}{g}$ setzen:

$$c \frac{L p v^2}{g F} = H - \frac{v^2}{2 g}$$

und hieraus

$$v = \sqrt{\frac{2 g H F}{2 c L p + F}}$$

oder wenn man den Durchmesser des Rohrs $= d$ setzt:

$$v = \sqrt{\frac{2 g H \frac{\pi}{4} d^2}{2 c L \pi d + \frac{\pi}{4} d^2}}$$