Aufgaben
aus der
Bergmaschinenlehre

H. von Weihs.

In welcher Zeit leert sich das konische Gefäß ABCD, wenn dessen obere Weite 4', die untere Weite 3' und die Höhe 5' beträgt, die Ausflussmündung aber 2½" im Durchmesser hat?

Der Ausfluß findet hier bei abnehmender Druckhöhe statt, man hat daher die Zeit, in der sich das Gefäß leert: $t=\int\frac{y\,dx}{a\sqrt{2gx}}$ oder aber:

$$t=-\frac{1}{\mu a\sqrt{2g}}\int\frac{y\,dx}{\sqrt{x}}.$$

Wenn nun h die Höhe des Gefäßes ist, y den einer Höhe x entsprechenden Querschnitt darstellen, $\mu = 0{,}61$ den Ausflusscoefficient und a den Querschnitt der Ausflussöffnung. —

Um das Integral leisten zu können, muß y durch x ausgedrückt werden. Ist r = Halbmesser des untersten Wasserstandes, R = Halbmesser des obersten Wasserstandes, und r_1 = Halbmesser des Wasserstandes, welcher der Höhe x zukommt, so wird, wenn CE = h gesetzt wird:

$BC : NO = h : x$ und $NO = \frac{x}{h}BC$.

Es ist ferner $r_1 = r + NO$, also:

$$r_1 = r + \frac{x}{h}BC$$
$$= r + \frac{x}{h}(R-r)$$ und, da

$y = r_1^2\pi$, so folgt nun:

$y = \left[r+\frac{x}{h}(R-r)\right]^2\pi$ und endlich:

$$t=-\frac{1}{\mu a\sqrt{2g}}\int\frac{\left[r+\frac{x}{h}(R-r)\right]^2\pi\,dx}{\sqrt{x}}.$$

Das Integral $=\pi\int\left(r^2+\frac{2r}{h}(R-r)x+\left(\frac{R-r}{h}\right)^2x^2\right)x^{-\frac{1}{2}}\,dx =$

$$=\pi\int\left(r^2x^{-\frac{1}{2}}+\frac{2r}{h}(R-r)x^{\frac{1}{2}}+\left(\frac{R-r}{h}\right)^2x^{\frac{3}{2}}\right)dx$$

$$=\pi\left(2r^2x^{\frac{1}{2}}+\frac{2}{3}\cdot\frac{2r}{h}(R-r)x^{\frac{3}{2}}+\frac{2}{5}\left(\frac{R-r}{h}\right)^2x^{\frac{5}{2}}\right.$$

und $t = \frac{2\pi}{\mu a \sqrt{2g}} \left(r^2 + \frac{2r}{3h}(R-r)x + \frac{1}{5}\left(\frac{R-r}{h}\right)^2 x^2 \right) x^{\frac{1}{2}}$

Das Integral ist zwischen den Grenzen $x = h$ und $x = 0$ zu nehmen; dann ist ferner $a = \left(\frac{5}{36}\right)^2 \pi = 0{,}0341$ und fernach:

$$t = \frac{2 \cdot 3{,}1416}{0{,}61 \cdot 0{,}0341 \sqrt{69{,}18}} \left(2{,}25 + \frac{2 \cdot 1{,}5}{3 \cdot 5}(2-1{,}5)\,5 + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{5}\left(\frac{2-1{,}5}{5}\right)^2 25 \right) 5^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \frac{6{,}2832 \cdot \sqrt{5}}{0{,}61 \cdot 0{,}0341 \cdot 8{,}323} (2{,}25 + 0{,}5 + 0{,}05)$$

$$= \frac{14{,}0496}{0{,}61 \cdot 0{,}0341 \cdot 8{,}323} \cdot 2{,}8 =$$

$$= \frac{39{,}339}{0{,}17313} = 227{,}''22 = 3'\,47{,}''22$$

Wieviel Wasser liefert die Röhrenleitung ACB von 500' Länge und 3" Weite bei einer Druckhöhe von 2,5', vorausgesetzt daß die regulirende Drehklappe c in derselben 15° geöffnet ist?

Die Wassermenge $m = a v$ oder auch $m = \frac{\pi d^2}{4} v$, da hier v nicht $= \sqrt{2gh}$ gesetzt werden kann (was nur geschehen kann, wenn $\frac{a}{A}$ klein ist), sondern $v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1+\zeta+\zeta_1+\zeta_2}}$ gesetzt werden muß,

so folgt endlich $m = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1+\zeta+\zeta_1+\zeta_2}}$.

ζ ist der Widerstandscoefficient beim Eintritt des Wassers aus dem Gefäß in die Röhren $= 0{,}409$.

ζ_1 ist der Widerstandscoefficient, der durch die Reibung des Wassers an den Röhrenwänden erzeugt wird. Es ist $= \frac{0{,}025 \cdot l}{d} = 0{,}025 \cdot \frac{500}{\frac{1}{4}} = 50$.

ζ_2 ist der Widerstandscoefficient, welcher beim Durchgehen durch die Drehklappe erzeugt wird $= 2{,}462$.

Es ist nun $\frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}1416 \cdot 0{,}0625}{4}$

$= 0{,}0491$

Welches Gefälle erfordert ein Aufschlaggraben von 3500' Länge, der eine Wassermenge von 16 Cbfß pro Sekunde mit einer mittleren Geschwindigkeit von 1¼' fortführen und ein trapezoidales Querprofil mit anderthalbfüßiger Böschung erhalten soll?

Ferner $v = \dfrac{\sqrt{64{,}28 \cdot 2{,}5}}{\sqrt{1 + 0{,}409 + 50 + 2{,}462}}$

$= \sqrt{\dfrac{173{,}2}{53{,}87}} = \dfrac{13{,}1605}{7{,}3396} = 1{,}7931$

also $m = 0{,}0491 \cdot 1{,}7931 = 0{,}0879$ Cbfß

Es ist hierbei das Gefälle $h =$

$A \dfrac{ulv}{a} + B \dfrac{ulv^2}{a}$

$= \dfrac{ulv}{a} (A + B) v.$

Nun ist $A = 0{,}000024265$ meter
$B = 0{,}00036557$ „

$v = 1\tfrac{1}{4}' = 0{,}3539876$ meter

$l = 3500'$ und $a = 8$ Cbfß, weil

$m = av$ und $a = \dfrac{m}{v} = \dfrac{10}{1\frac{1}{4}} = 8.$

Endlich ist $u = 2\sqrt{\dfrac{a \sin\alpha}{2 - \cos\alpha}} \cdot \dfrac{2 - \cos\alpha}{\sin\alpha}$

α ist der Böschungswinkel, daher

$tg\,\alpha = \dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \dfrac{1}{0{,}5} = 2$ und α selbst

$= 63^\circ\, 26'\, 5{,}8''$. Setzen wir diese Werthe ein, so wird:

$u = 2\sqrt{\dfrac{8 \cdot \sin 63^\circ 26' 5{,}8''}{2 - \cos 63^\circ 26' 5{,}8''}} \cdot \dfrac{2 - \cos 63^\circ 26' 5{,}8''}{\sin 63^\circ 26' 5{,}8''}$

$= 2 \cdot 2{,}146\overset{4}{\cancel{8}}9 \cdot 1{,}7363 = 7{,}554'.$

Nun war $h = (0{,}000024265 + 0{,}000365570)$.

$\dfrac{ulv}{a} = 0{,}000389835 \cdot \dfrac{5}{14} \cdot \dfrac{ulv}{a}.$

($\dfrac{5}{14}$ meter $= 1\tfrac{1}{4}$ Fuß, denn: $3{,}5 : 1 = 1\tfrac{1}{4} : x$)

$\dfrac{ulv}{a} = \dfrac{7{,}55 \cdot 3500 \cdot 1{,}25}{8} = 4128{,}906$ Fuß

$= 1179{,}687$ meter, also nun:

$h = 0{,}0001548 \cdot 1179{,}687 =$

Wenn das Wasser in einem Flusse von 50' Breite und 4' Tiefe und 2' mittlerer Geschwindigkeit 5' hoch gestaut werden soll, von welcher Höhe ist das Wehr aufzuführen? Wie hoch wird sich ferner das Wasser 2000' oberhalb des Wehres aufstauen?

$= 0,1826$ meter $= 0,639$ Fuss.

Die Höhe des Wehres sei $= x$, so ist
$x = h + h_1 - h_2$.
$h = 5'$ und $h_1 = 4'$. Nun ist

$$h_2 = -k + \left(\frac{3m}{2\mu b\sqrt{2g}} + k^{\frac{3}{2}}\right)^{\frac{2}{3}}.$$

$k = \frac{c^2}{2g}$, $c = 2'$, hier ist das Wehr unbeachtet geblieben, da sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Tiefen verhalten, so wird, wenn die Geschwindigkeit des Wassers am Wehre $= v$ ist, jetzt $v = \frac{4c}{9}$ werden. Nun wird:

$$k = \frac{\left(\frac{4c}{9}\right)^2}{2g} = \frac{16.2^2}{81.69,28} = \frac{64}{5611,68}$$

$$= 0,01403.$$

$$\frac{3m}{2\mu b\sqrt{2g}} = \frac{3.50.4.\frac{4}{9}.2}{2.0,8.50.8,325} = 0,801$$

und $h_2 = -0,01403 + \left(0,801 + \sqrt{0,01403^3}\right)^{\frac{2}{3}}$

$= 0,01403 + (0,802662)^{\frac{2}{3}}$

$= 0,705$ u. $x = 5 + 4 - 0,719114$

$= 8,281$.

Ist die Stauhöhe bei der Länge $l = \Delta c$, so hat man:

$$\frac{\Delta c}{l} = \frac{\frac{uv}{a}(A + Bv) - a.\sin\alpha}{a - 2b\frac{v^2}{2g}}.$$

$tg\,\alpha = \frac{\cancel{1,1}\,h}{l}$, da $h = \frac{ulv}{a}(A + Bv)$.

$tg\,\alpha = \frac{\cancel{1,1}\,uv}{a}(A + Bv)$

Wir haben nun $v = 2' = \frac{4}{7}$ meter, ferner $m = 200.2$ also: $a = \frac{m}{v} =$
$= \frac{400}{2} = 200' = 57,143$ meter und
$u = 58' = 16,571$ meter.

Also hat man nun:

$$tg\,\alpha = \frac{1,9 \cdot 16,571}{57,143} \cdot \frac{4}{7}\left(A + \cancel{Bv}\right) =$$

$$= \frac{1,9 \cdot 16,571}{57,143} \cdot \frac{4}{7} \cdot \left(0,000024265 + 0,00036557 \cdot \frac{4}{7}\right)$$

$$= 0,55099 \cdot 0,000133935$$

$$= 0,000073414,$$ folglich:

$$\alpha = 15'',15.$$

Für v ist nun die mittlere Geschwindigkeit aus der eigentlichen mittleren Geschwindigkeit des Wassers $= 2$ Fuß, und der Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser am Schuh ankommt, zu setzen, welch letztere $= \frac{4a}{9}$, es ist also:

$$v = \frac{\frac{4}{9} \cdot 2 + 2}{2} = 1,444' = 0,412 \text{ meter}.$$

Jetzt ist ~~nun~~ $\frac{\Delta C}{l}$ zu bestimmen:

$$\frac{\Delta C}{l} = \frac{16,571 \cdot 0,412\,(0,000024265 + 0,00036557 \cdot 0,412) - 57,143 \cdot \sin 15''15}{57,143 - \frac{2 \cdot 14,286\,(0,412)^2}{2 \cdot 9,81}}$$

$$= \frac{16,571 \cdot 0,412 \cdot 0,00017488 - 57,143 \sin 15''15}{57,143 - \frac{2,43}{9,81}}$$

$$= \frac{0,0011939 - 0,0041951}{57,143 - 0,2477} =$$

$$= \frac{0,0030012}{56,8953} = 0,00005275$$

Welche Windmenge giebt ein Gebläse bei dem das Manometer am Regulator auf 3'' steht, während der Barometerstand 27'' und der Thermometerstand 10° ist?
Die Länge der Leitung beträgt 50', die Weite derselben 5'', und der Durchmesser der konischen Mündung 2,5''.

und endlich:

$\Delta C = 0{,}00005275 \cdot l$, da nun $l = 1000'$ $= 571{,}428$ meter ist, so wird ΔC d. i. die Druckhöhe in einer Leitungsführung von 1000' von Röhren

$= 0{,}00005275 \cdot 571{,}428 = 0{,}0298$ meter

Wir haben hier die Formel:

$$m = av,$$

und zwar

$$v = \frac{\mu\sqrt{1+\delta t\, Ln\left(\frac{b+h}{b}\right)}}{\sqrt{1+\zeta+\zeta_1\frac{l\,d^4}{D^5}}}$$

Nun ist $\delta = 0{,}00367$, $l = 50$

$b = 27$, $d = 2{,}5$

$h = 3$, $D = 5$

$t = 10$, $\zeta = 0{,}826$

$\mu = 0{,}85$, $\zeta_1 = 0{,}024$

ferner:

$$v = \frac{1258 \cdot 0{,}85\sqrt{1+0{,}00367 \cdot 10\, Ln\left(\frac{30}{27}\right)}}{\sqrt{1+0{,}826+0{,}024 \cdot 0{,}625}}$$

$$= 1069{,}3\sqrt{\frac{0{,}10923}{1{,}84}} = 1069{,}3 \cdot 0{,}24365$$

also $v = 260{,}535$.

Ferner ist $a = \frac{\pi d^2}{4}$

$$= \frac{3{,}1416\,(0{,}2083)^2}{4}$$

$= 0{,}0341$ und dann $av =$

$= 0{,}0341 \cdot 260{,}535 = 8{,}884$ Cubikfuß

März 1846.

[illegible]

Man soll die Anordnung und Berechnung eines oberschlächtigen Wasserrades herstellen, welches bei einem Gefälle von 35' ein Wasserquantum von 500 Cubikfuß pro Minute aufzunehmen und dabei 4½ Umdrehungen zu machen hat.

Wenn u die Umdrehungszahl des Rades ist und D der Durchmesser desselben, so wird seine Geschwindigkeit in der Secunde $= \frac{\pi D u}{60}$, hierbei ist angenommen, daß diese Geschwindigkeit $\frac{2}{3}$ von der des eintretenden Wassers ist.

Ist H das ganze Gefälle, so ist H−D das, welches die Geschwindigkeit c des ins Rad tretenden Wassers bestimmt. Es ist nun:

$$c = \frac{2}{3} \mu \sqrt{2g(H-D)}.$$

(μ ist der Ausflußcoefficient an der Schütze = 0,74.) und:

$$\frac{\pi D u}{60} = \frac{2}{3} \mu \sqrt{2g(H-D)} \quad \text{oder:}$$

$$\frac{3{,}1416 \cdot D \cdot 4\tfrac{1}{2}}{60} = \frac{2}{3}\, 0{,}74 \sqrt{68{,}33(35-D)}$$

$$\text{also } D = -\frac{300{,}6}{2} + \sqrt{\left(\frac{300{,}6}{2}\right)^2 + 10520{,}9}$$

$$= 32 \text{ Fuß}.$$

Um die Radweite = l zu finden nehmen wir eine mittlere Kranzbreite b = 1' an und denken uns den Raum, den das Rad in einer Secunde durchläuft halb mit Wasser gefüllt. Also ist das Wasserquantum pro Secunde: $\frac{500}{60}$

$$= \frac{1}{2}\,\frac{\pi D u b l}{60}, \text{ demnach}$$

$$l = \frac{120 \cdot \frac{500}{60}}{3{,}1416 \cdot 32 \cdot 1 \cdot 4{,}5} =$$

$$= \frac{120 \cdot 8\tfrac{1}{3}}{3{,}1416 \cdot 32 \cdot 1 \cdot 4{,}5} = 2{,}2'$$

der Durchschnitt des die Schützen entströmenden Wasserstrahles ist, da die pro Secunde ausfließende Wassermenge $n = \mu\, c\, d\, l = 8\frac{1}{3}$:

$$d = \frac{8\frac{1}{3}}{0{,}74\sqrt{68{,}33 \cdot 3} \cdot 2{,}2}$$

Da nun die Seiten des Gerinnes Leisten von 2" sind, so wird $l = 1\frac{2}{3}'$ und

$$d = \frac{\frac{25}{3}}{0{,}74\sqrt{68{,}33 \cdot 3} \cdot 1\frac{2}{3}} = 0{,}47'$$

— Ferner ist:

$$\sin(90^\circ - \delta) = \cos.\,\delta = \frac{d}{z}$$

$d = 0{,}47'$

z = Entfernung zweier Schaufeln im Theilkreis. Den Werth für z findet man, wenn man den Umfang des Theilkreises durch die Anzahl der Schaufeln $= 84$, dividirt. Demnach $z = 1{,}159$ und:

$$\cos.\,\delta\ \frac{0{,}47}{1{,}159} \text{ und } \delta = 66^\circ 25'$$

d. i. der Deckungswinkel.

Die Geschwindigkeit des Wasserrades $= \frac{\pi D n}{60} = \frac{3{,}141 \cdot 32 \cdot 4{,}5}{60} = 7{,}445'$.

die des ankommenden Wasserstrahls

$$= \mu\sqrt{2g(H - h)} = 10{,}313. \text{ —}$$

Fällt nun das Wasser in die dritte Schaufel vom Scheitel an und ist den Winkel, den die Tangente am Punkt A der Parabel macht mit der Laufschaufel $= \varphi$, und den Winkel, welchen die Laufschaufel mit dem Radius durch A macht $= \delta_1 = \delta - \alpha$, wo α der Winkel ist, welchen der Radius durch die zugehörige Leitschaufel macht.

Um nun die Abscisse a und die Ordinate b der Parabel zu bestimmen, muß noch $\angle u$ bekannt sein, welchen Winkel die Tangente am Punkt A der Parabel mit b macht. Daher haben wir noch $\angle \beta$ und $\angle \psi$.

$\angle \beta$ ist der Winkel, den der verticale Halbmesser mit dem durch A macht, und ψ der Winkel den letztere Halbmesser mit der Horizontalen macht.

$$u = 90 + \beta - (\varphi + \delta_1).$$

$$\sin \delta_1 = \frac{15\tfrac{1}{2} \cdot \sin \cdot \delta}{16} = 0{,}97 \sin (66^0\,25')$$

$$\delta = 62^0\ 45'$$

$$\frac{\sin \varphi}{\sin(90-\delta)} = \frac{v}{c} \text{ und } \sin \varphi = \frac{v}{c} \cos \delta$$

$$\varphi = 19^0\,20'$$

$$\beta = 90^0 - \psi \text{ und } \psi = \alpha + BCD$$

$\alpha = \delta - \delta_1 = 66^\circ 25' - 62^\circ 45' = 3^\circ 40'$

BCD schließt 18 Schaufeln ein, es ist ferner $= \frac{360}{84} \cdot 18 = 77^\circ 8'$

Ferner $\varphi = 3^\circ 40' + 77^\circ 8' = 80^\circ 48'$

$$\beta = 90^\circ - \varphi = 90^\circ - 80^\circ 48' = 9^\circ 12'.$$

$$\mu = 90^\circ + 9^\circ 12' - 82^\circ = 17^\circ 12'.$$

Es wäre nun $a = \frac{c^2}{2g} \sin : \mu^2$

$$= \frac{(10,313)^2}{68,66} \sin 17^\circ 12' = 0,1355$$

und $b = \frac{c^2}{2g} \sin 2\mu = \frac{(10,313)^2}{68,66} \sin 2\mu$

~~sin~~ $= 0,876.$

Weil a und b sehr klein ist, wird ein Schützenrinnenende angewendet, dessen Neigung 18° ist und welches zwischen der zweiten und dritten Schaufel ~~an~~ das Wasser einführt und bei in das horizontale Gerinne übergeht.—

Wenn der horizontale Halbmesser und der, welcher an die Ringel-Schaufel der Schaufel gezogen wird, bei der das Wasser auszufließen beginnt, einen Winkel $= \nu$ einschließt; wenn weiter das Ringstück EFRA $= F$ aus dem Dreieck, das die Begrenzung der Ringelschaufel, die Rostschaufel und die äußere Radperipherie bilden. Ersetzt aus dem wasserhaltenden Stücke $EGRH = W$, und aus dem Dreieck $HFR = \frac{b^2 tg\, v}{2}$ besteht, so ist:

$$T = D + W + \frac{1}{2} b^2 tg\, v$$

$$T = \pi(r^2 - r_1^2)\frac{\alpha}{360} = 3{,}1416(16^2 - 15^2)\frac{3°40}{360}$$

$$= 1{,}082.$$

$$D = \frac{AG \cdot AR}{2} . AR = \pi D \frac{540}{366} = 1{,}11$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot 1{,}11}{2} = 0{,}279 \,\square'.$$

$W = \frac{1{,}3}{2{,}2} = 0{,}59$, denn es ist = dem Wasserquantum in einer Zelle dividirt durch l, und dieses Wassermenge $= \frac{m}{u.n} = \frac{300}{\frac{9}{2} . 84} = 1{,}3$.

Ferner $tg\, v = \frac{T - D - W}{\frac{b^2}{2}} = \frac{1082 - 0{,}279 - 43}{\frac{1}{2}}$

$= \underline{0{,}426}$, also $v = 23° 4'$.

Man erhält jetzt den Centriwinkel des wasserhaltenden Bogens $= 66°25' - 23°4' = 43°21'$. —

— Jetzt theilt man die verticale Projection in beliebig viel gleiche Theile, zieht die Wasserprofile hinzu, und findet nun aus diesen das mittlere Profil.

Ist die Höhe vom Wasserspiegel im Gerinne bis zum Eintritt des Wassers ins Rad $= h$, die Höhe von da bis zum horizontalen Halbmesser $= h_1$, die Höhe von diesem bis zum Anfang des

Ausgusses = h_3 und die verticale Projection des Bogens vom Anfang bis zum Ende des Ausgusses = h_4, so wird die Arbeit durch den Druck des Wassers $= \left(h_1 + h_3 + h_4 \frac{F}{F_0}\right) m\gamma$ wo F = ~~d~~ mittleren Wasserquerschnitt.

Man hat nun $F_0 = 0,544 \square'$

$F_1 = 0,500 \qquad F_2 = 0,413$

$F_3 = 0,326 \qquad F_4 = 0,226$

$F_5 = 0,136 \qquad F_6 = 0.$

Nach dem Simpson'schen Regel ist der mittlere Querschnitt $F =$

$$= \frac{F_0 + 4(F_1 + F_3 + F_5) + 2(F_2 + F_4)}{18}$$

$$= \frac{0,544 + 4(0,962) + 2(0,639)}{18}$$

$$= \frac{5,67}{18} = 0,315 \square'.$$

Man hat nun ferner:

$h_2 = r \sin: \varphi = 16. \sin: 80^\circ 48' = 15,79,$

$h_3 = r \sin: 23^\circ 4' = 6,24,$

$h_4 = r \sin 66^\circ 15' = 8,39 = h_2,$

$$\frac{F}{F_0} = \frac{0,315}{0,544} = 0,58,$$

$m = 8,333$ und γ 46,64 Pfd. so ist nun:

Die Arbeit durch den Druck =

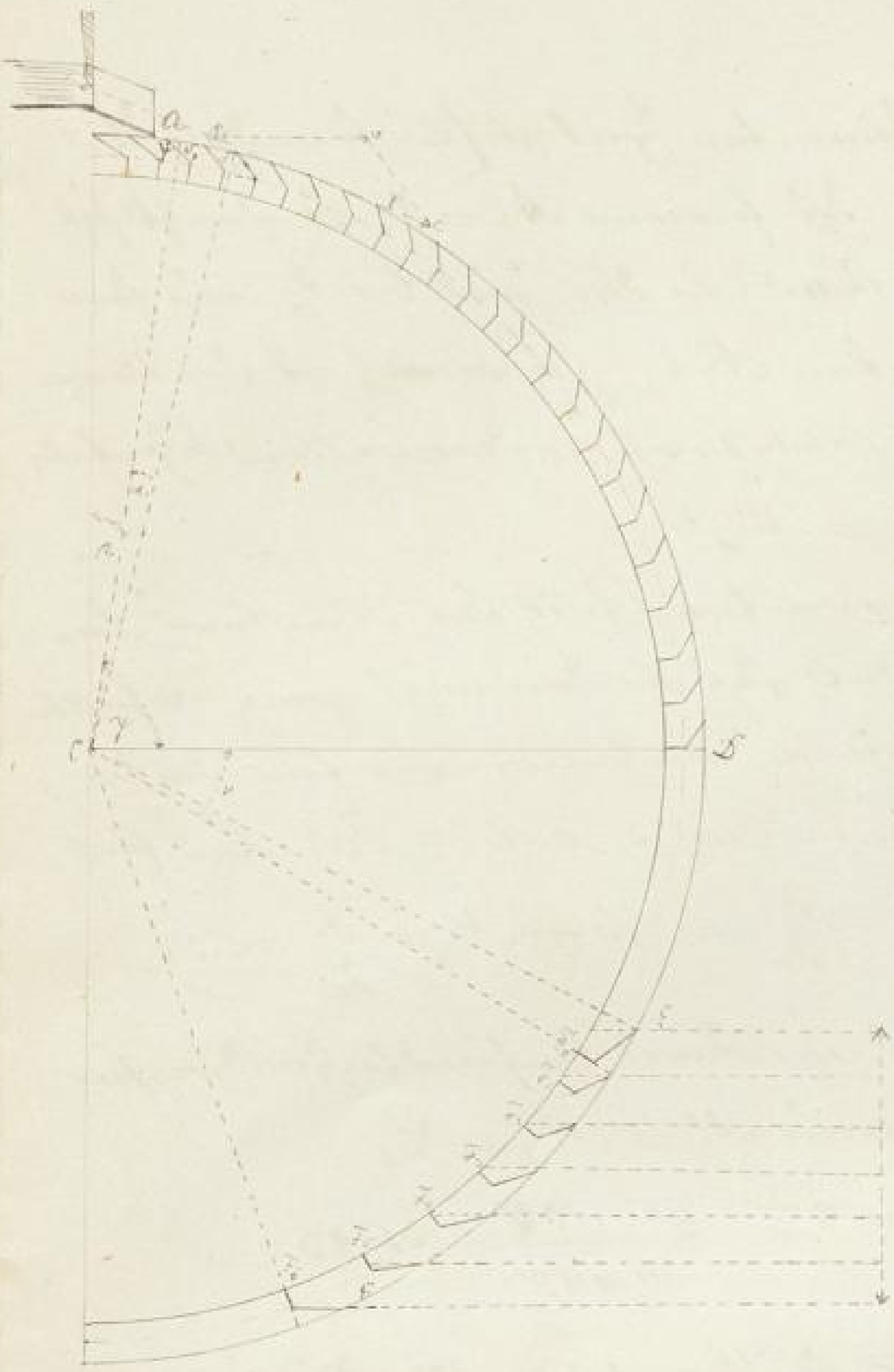
9846 Fußpfd.

Die Arbeit durch den Stoß ist =

$$= \frac{(c.\cos\varphi - v)v}{g} m\gamma$$

$$= \frac{(19,313 \cos: 19^\circ 20' - 7,445)7,445}{34.33} m\gamma$$

$= 192,65$ Fußpfd.



Jetzt ist nun das Gewicht der Radwelle zu finden, dazu muß man das der einzelnen Theile und das des im Rad befindlichen Wassers suchen. Das Gewicht der acht Hauptarme, deren mittler Querschnitt = 0,66 □' ist und deren Länge = 32' ist, beträgt: 875 ℔.

Das Gewicht der 16 Hilfsarme, deren mittler Querschnitt = ~~0,33~~ = 0,53 □', ist 4700 ℔

Die Viertelstücke von 3' Länge und einem Querschnitt von 0,92 □' haben ein Gewicht von 875 ℔.

Das Gewicht der 6" starken Kränze = 3985 ℔. Die 84 dreiviertel Zoll starken Schaufeln wiegen 417,6 ℔ da eine = 4,9 ℔ wiegt.

30 Stück Hängenägel, (das Stück zu 20 ℔) = 600 ℔

32 Kranzschrauben (à 5 ℔) = 160 ℔

16 Armschrauben (à 5 ℔) = 80 ℔

48 Schrauben durch die Viertelstücken (à 6 ℔) = 288 ℔

8 Schrauben durch die Hauptarme (à 5 ℔) = 40 ℔.

Gewicht des 3' breiten und 1" starken Radbodens = 951,45 ℔ —

Die pro Sekunde zufließende Wassermenge = M und die in einem bestimmten Zeit zufließende Menge. Ist ferner $AE = s$, so dreht sich das Rad in der Zeit $t = \frac{s}{v}$ um den Winkel ACE, hiernach ist die Menge des Wassers in den vollen Schaufeln $= M_1 = \frac{m.s}{v}$.

Ein zweiter Theil des Wassers befindet sich in den nicht ganz gefüllten Schaufeln, nehmen wir für diesen einen Weg s_1 an ($= ED$) und für $m_1 = \frac{F}{F_0} m$, so ist $M_2 = \frac{F_1}{F_0} \frac{m.s_1}{v}$

Das im Rad befindliche Wasser ist nun $M = M_1 + M_2$

$$M_1 = 8\tfrac{1}{3} \cdot \frac{arc:104}{7,445} = 31,83$$

$$M_2 = \frac{0,315}{0,544} \cdot 8,33 \cdot \frac{arc.\ 43^\circ 20'}{7,445} = 8,04$$

also $M = 40$ Cfß, deren Gewicht $= 1865,6$ ℔

Alle Gewichte ergeben nun die Last $P = 19860$ Ctr.

Die Stärke h einer Welle $= \sqrt[4]{\frac{Pl^2}{170}}$.

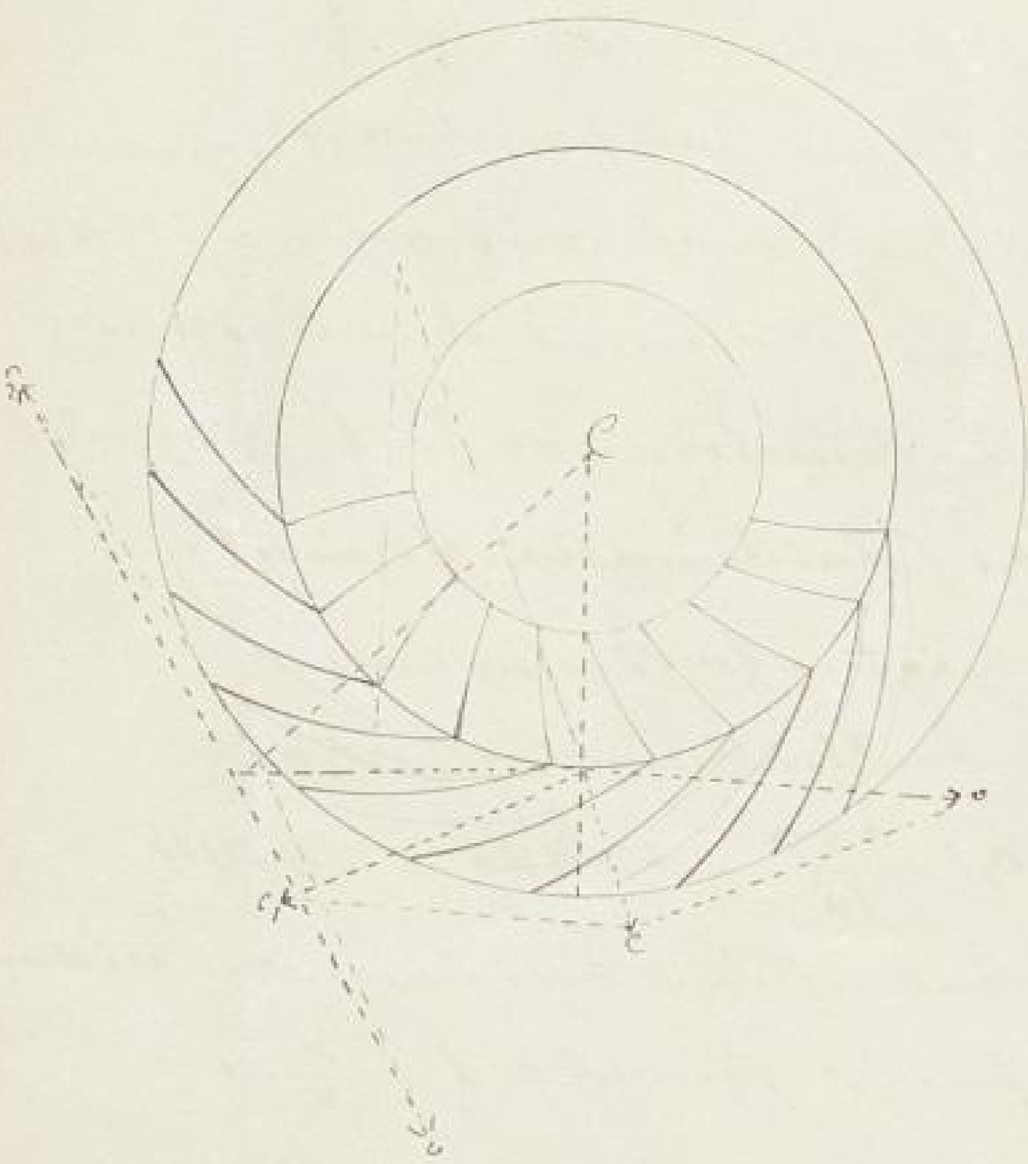
Hier ist l in Zollen genommen, bei uns ist es 6 Ellen, also $h = 39,4''$.

Setzt man für $39,4'' = 40''$, so wiegt die Welle 5284,3 ℔

Nun sind noch 2 zwei Zoll starke und 3" starke quadratische Ringe und 4 runde Ringe von denselben Dimensionen. Alle diese

weniger 1027,9 ℔. –
Der Zapfenhalbmesser $d = \frac{1}{44}\sqrt[3]{\frac{Q}{2}\, l}$,
wo Q = Last des Rades mit der Welle ist, die zu theilen ist, um die Stärke eines Zapfens zu finden. Zapfenlänge $l = 12''$
$Q = 26172$ und $\frac{Q}{2} = 13086$, demnach $d = 7''$.
Es sei ein Zapfen 400 ℔ schwer, so ist der Druck auf einen = 13486 ℔ und das Moment der Reibung am Radumfange $= F = f \frac{r}{R} \cdot$ Druck
$f = 0,1$ (Reibungscoefficient).
r = Zapfenhalbmesser,
R = Radhalbmesser, also:
$F = 0,1 \frac{0,29}{16} \cdot 13486 = 24,44$.
Die Arbeit der Reibung an einem Zapfen ist sonach $= f\, D \frac{r}{R} \cdot v =$
$24,44 \cdot 7,44 = 181,83$ f℔, an beiden Zapfen $= 363,64$ f℔.
Also die Leistung des Rades mit Beachtung der Reibung = Arbeit durch den Druck + Arbeit durch Stoß – Arbeit durch die Reibung =
$= 192,65 + 9846 - 363,67$
$= 9675$ f℔ = 17,6 Pferdekraft.
Also der effectiven Wirkungsgrad $e = \frac{17,6}{24,72} = 0,71$

Es ist für ein Gefälle von 5 Fuß und ein Wasserquantum von 800 Cubikfuß pro Minute eine Turbine anzuordnen und zu berechnen, welche pro Minute 100 mal umläuft?



Bezeichnet R den inneren und R_1 den äußeren Radhalbmesser, v die Radgeschwindigkeit am inneren Radumfang, und v_1 die äußere Radgeschwindigkeit, h das gegebene Gefälle, l die Radweite, α den Winkel, unter welchem der innere Radstreichkreis von den Leitschaufeln getroffen wird.
β und δ die Winkel, welche die Radschaufeln mit dem inneren und äußeren Streichkreise machen,
c = absolute Geschwindigkeit des ins Rad tretenden Wassers,
c_1 = relative Geschwindigkeit des an den Schaufeln des Rades hingehenden Wassers,
c_2 = relative Geschwindigkeit des das Rad verlassenden Wassers,
w = absolute Geschwindigkeit des aus dem Rad gehenden Wassers.

Man hat nun $v = \sqrt{2gh}$

$$= \sqrt{68{,}66 . 5} = 18{,}53'.$$

Ist u = Umdrehungszahl pro Minute, so wird:

$$R = \frac{30 . v}{\pi u} = \frac{30 . 18{,}53}{3{,}1416 . 100}$$

$$= 1{,}8'$$

Wenn nun der Halbmesser des

äußeren Radius grenzend $\frac{h}{3}$ von dem des inneren ist, so bekommt man:

$R_1 = 2,4$. Wir haben nun:

$\frac{v_1}{v} = \frac{R_1}{R}$, also $v_1 = \frac{R_1}{R} v =$

$= \frac{2,4}{1,8}\, 18,53 = 24,7$. —

$c_2 = v_1 = 24,7$

$\delta = 12^\circ$, dann:

$e = \frac{m}{2\pi R_1 \sin\delta \cdot c_2} = \frac{13,3}{6,283 \cdot 2 \cdot 2,4 \sin 12^\circ \cdot 24,7}$

$= 0,172$. —

$\sin\beta = \left(\frac{R_1}{R}\right)^2 \sin\delta = 21^\circ$

$c_1 = \frac{R_1}{R} \cdot \frac{\sin\delta}{\sin\beta}\, c_2 = 1,33\, \frac{\sin 12^\circ}{\sin 21^\circ}\, 24,7$

$= 18,54$.

$tg\,\alpha = \frac{c_1 \sin\beta}{v - c_1 \cos\beta} = \frac{\sin\beta}{1 - \cos\beta} = \cot g\left(\frac{\beta}{2}\right)$

$= \cot g\ 10^\circ 30'$. $\qquad \alpha = 79^\circ 30'$

$c = \frac{c_1 \sin\beta}{\sin\alpha} = 3,9$

$w = v_1 \delta = 24,3\, \frac{12}{180} = 24,7\, \frac{12}{180}\pi = 5,1$.

Die Krümmung der Radschaufeln ist so, daß $\angle\beta = 21^\circ$ und $\angle\delta = 12$ ~~ist~~ wird. Die Anzahl der Schaufeln sei 24.

Die Arbeit der Turbine pro Secunde ist nun:

$$P_v = \left[\left(1 - \left(\frac{R_1}{R}\delta\right)^2\right)h - \left(\zeta\, \frac{l(b+d)}{2\, l\, b\, e} + \frac{\zeta\, \delta 2}{\pi}\right) \cdot \frac{\left(\frac{c_1 + c_2}{2}\right)^2}{2g}\right] mg$$

l = Länge der Linie, die durch die Axe einer Schaufelwand erzeugt ist.

b = normaler Abstand der Schaufeln.

$$l = \frac{\alpha}{180}\,\pi \cdot 1{,}8.$$

1,8 = Krümmungshalbmesser der Axenlinie u. $\alpha = 50^\circ$, dann $l = 1{,}57$

und $\zeta \dfrac{l(b+c)}{2bc} = \zeta \dfrac{1{,}57 \cdot (0{,}4 + 0{,}1952)}{2 \cdot 0{,}07808}$

ζ = Widerstandskoeffizient für die Geschwindigkeit $\frac{c_1+c_2}{2} = 0{,}0187$, dann $\dfrac{l(b+c)}{2bc} = 0{,}0112$.

$$\zeta \frac{\left(\frac{c_1+c_2}{2}\right)^2}{2g} = \frac{(21{,}62)^2}{68{,}66} = 7{,}81.$$

$\zeta_1 \dfrac{\alpha}{\pi} = 0{,}174 \cdot \dfrac{5}{18}$ und $\zeta_1 = 0{,}034$.

also $\zeta \dfrac{l(b+c)}{2bc} + \zeta \dfrac{\alpha}{\pi} = (0{,}0112 + 0{,}034)$ $7{,}81 = 0{,}351$. Dies von $\left(1 - \frac{R_1}{R}\delta\right)^2 h$ abzuziehen, giebt $\left(\frac{R_1}{R}\delta\right)^2 = \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{\pi}{15}\right)^2$ $= 0{,}078$ und endlich

$$P_0 = \left[(1 - 0{,}078)^5 - 0{,}351\right] 46{,}64 \cdot 13{,}33$$

$= 426 \cdot 13{,}33 \cdot 46{,}64 = 26848{,}46$ ft#

$= 4{,}82$ Pferdekraft.

Disponible Arbeit $= \dfrac{800}{60} \cdot 5 \cdot 46{,}64$

$= 3109{,}33$ ft#

$= 5{,}65$ Pferdekraft

Ohne Berücksichtigung der Reibung ist:

$e = \frac{4,82}{5,65} = 8,5.$

Um zunächst die Zapfenreibung zu bestimmen, muß ich das Gewicht der Turbine kennen.

Die Radkränze sind aus $\frac{1}{4}$" starkem Schmiedeeisen, der Teller 1" stark.

Volumen des Radkranzes = 0,616 Cubikfuß, das des Tellers = 0,8, das der Schaufeln 0,346 Cbfß.

Die Welle sei 2,5" stark und 3 Ellen lang, also ihr Volumen = 0,2 Cfß.

Das Gewicht der Turbine also:

$= (0,616 + 0,8 + 0,346 + 0,2)\, m\gamma =$

$= 1,96 \cdot 7,6 \cdot 46,64 = 694,73$ ℔.

Das konische Rad wiegt 46 ℔, also ist das Gewicht der Welle mit diesem Rade = 740 ℔.

Der Zapfen sei abgerundet, dann r = Kugelhalbmesser und r_1 = Zapfenhalbmesser und $\frac{r_1}{r} = \frac{1}{2}$. Hieraus $\angle AMB = 60^\circ$.

Statisches Moment der Reibung =

$= \frac{2}{3} f \left(1 + 0,3 \left(\frac{r_1}{r}\right)^2\right) G r$

$= \frac{2}{3} f (1,075)\, r \cdot 740$ ℔

$= fG \cdot 0,0448$, wenn $r_1 = \frac{3}{4}$".

Arbeit der Reibung pro Secunde:

$= \frac{fG \cdot 0,0448\, \pi u}{30} = \frac{0,1 \cdot 740 \cdot 0,045 \cdot 3,1416 \cdot 100}{30}$

$= 34,672$ Fußpfund.

Die effective Leistung ist nun:

$= 2648,46 - 34,67 = 4,75$ und

$$e = \frac{4,75}{5,65} = 0,84.$$

Berechnung des Dampfgöpels von Vereinigt Feld:

Gewicht der Fördermasse = 10 Ct 50 ℔

Seigerteufe = 111,142 Lr.

flache Teufe = 142,5 + 12 Ellen Rollenteufe,

Das Treiben beginnt mit 4 Ganzzugstrecken, = 6 Min: 10,5 Sec:

In 6 Stunden wurden 28 Tonnen gefördert.

Gewicht eines Scheffels Steinkohlen = 177 ℔, man verbraucht in 16 Stunden 9 Schffl.

Manometerstand = $1\frac{1}{2}$ Atmosphären.

Hiernach die effective Arbeit pro Stunde $= \frac{1050 \cdot 111,142}{6' \; 10,5''}$

$$= \frac{1050 \cdot 111,142}{670,5} = 2204,82 \text{ f℔}$$

= 4 Pferdekräfte. —

Kohlenverbrauch in 1 Stunde $= \frac{9}{16}$ Scheffel.

Ein Kilogramm Kohle giebt, wenn p die innere und p_1 die äußere Spannung ist, eine Arbeit von $100000\left(1 - \frac{p_1}{p}\right)$

$\frac{p_1}{p} = \frac{2}{5}$ nach dem Manometerstand,
also die Arbeit $= 100000(1 - \frac{2}{5})$
$= 100000 \frac{3}{5} = 60000$ Met: Kilo:
Ein Scheffel Kohlen wiegt 177 ℔
also $\frac{9}{16}$ Scheffel 99,56 ℔ = 49,78 Kilogr:
und nun ist die disponible Arbeit pro Sekunde $= \frac{60000 \cdot 49,78}{3600 \text{ Sec:}}$
= 829,7 Kilogr: Meter pro Sekunde.
= 11 Pferdekräften.
Also $e = \frac{4}{11} = 0,36$.
