

Berechnung der Sohlgleite mit 4 Stück Störsteinen**Relevante Fischarten: Bachforelle**

HQ ₁₀₀ =	26,00 m ³ /s	Hochwasserabfluss
Q ₃₀ =	0,102 m ³ /s	Umrechnung aus der Pegelauswertung vom Pegel Groß Rhüden 2017
Q ₃₃₀ =	0,669 m ³ /s	Umrechnung aus der Pegelauswertung vom Pegel Groß Rhüden 2017

Hydraulische Bemessungswerte mit folgenden Sicherheitsbeiwerten Sv=0,8 , Sb= 0,9, Sp= 0,9

$\vartheta_{m,bem}$	1,15 m/s	zulässige mittlere Fließgeschwindigkeit (Tabelle 33)
$\rho_{D,bem}$	220,00 W/m ³	zulässige Leistungsdichte

Geometrische Bemessungswerte mit Sicherheitsbeiwert Sg= 0,8 (Tabelle 34) :

$h_{eff,Bem}$	0,30 m	minimale Wassertiefe unterhalb der Engstelle, Tabelle 34 (Seite 175)
$(2 a_x - d_s)$	1,90 m	minimaler lichter Steinabstand in Fließrichtung, Tabelle 34
$(a_y - d_s)$	0,40 m	minimaler lichter Steinabstand quer zur Fließrichtung, Tabelle 34

Gewählte Sohlgleite mit Störsteinen Skizze VI

I =	3,33 1:30	Gefälle der Gleite
d_s =	0,70 m	Steingröße, runde Steine, Findlinge
$(a_y - d_s)$ =	0,40 m	Breite der Durchflussöffnung quer zur Fließrichtung
a_y =	1,10 m	lichter Steinabstand quer zur Fließrichtung
$(a_x - d_s)$ =	0,60 m	
a_x =	1,30 m	lichter Steinabstand in Fließrichtung
$2 a_x - d_s$ =	1,90 m	>lichter Steinabstand in Fließrichtung

LMB _{40/200} =		Sohlmaterial gewählt = d_{90}
$k_s = d_{90}$ =	0,35 m	Sohlrauhheit
b_{so} =	1,10 m	Trapezquerschnitt
m =	1,5	Böschungsneigung
$L = 2 * a_x$	2,60	Gerinnelänge

h_m =	$h_{eff} + d_s / 6$
h_m =	0,36 m

hydraulischer Radius:

A =	$b_{so} * h + m * h^2$
A =	0,59 m ²
U =	$b_{so} + 2 * h * \sqrt{1 + m^2}$
U =	2,39 m
r_{hy} =	A / U
r_{hy} =	0,2453 m

Sohlwiderstandsbeiwert

$$\lambda_0 = (1 / -2 * \log (k_s / r_{hy}/14,84))^2$$

$$\lambda_0 = 0,2417$$

Angeströme Fläche der Störsteine:

n= 4 runde Störsteine mit ca. 90 % anström Fläche eines Zylinders

$$\sum A_s = n * d_s * h_m * 0,9$$

$$\sum A_s = 0,90$$

Volumenverhältnis:

$$\sum V_s = n * \pi / 4 * d_s^2 * h_m * 0,9 \quad \text{eingetauchtes Volumen der Störkörper}$$

$$\sum V_s = 0,50$$

$$V_{ges} = A_F * 2 * a_x \quad \text{Gesamtvolumen des Gerinneabschnittes der Länge L}$$

$$V_{ges} = 1,53$$

$$\varepsilon_v = \sum V_s / V_{ges}$$

$$\varepsilon_v = 0,325$$

Flächenverhältnis

$$\sum A_{0,s} = n * \pi / 4 * d_s^2 \quad \text{Summe der Grundfläche der Störkörper}$$

$$\sum A_{0,s} = 1,539$$

$$A_{0,ges} = U * L \quad \text{benetzte Fläche des betrachteten Gerinneabschnittes}$$

$$A_{0,ges} = 6,219$$

$$\varepsilon_0 = \sum A_{0,s} / A_{0,ges}$$

$$\varepsilon_0 = 0,248$$

Aus Tabelle 35 kann der Anströmbeiwert β_0 entnommen werden, als Startwert für die Iteration

$$c_w = 1,0 \quad \text{Widerstandsbeiwert für zylinderförmige und runde Störsteine}$$

$$\beta_0 = 2,7 \quad \text{gewählter Anströmbeiwert}$$

$$\lambda_s = 4 * c_w * \beta_0 * \sum A_s / A_{0,ges}$$

$$\lambda_s = 1,568$$

$$\lambda = \lambda_s + \lambda_0 (1 - \varepsilon_0) / (1 - \varepsilon_v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 2,594139$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \text{Erdbeschleunigung}$$

$$v_{m,1} = \sqrt{8 * g / \lambda * r_{hy} * I}$$

$$v_{m,1} = 0,497 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{0,497}$$

Berechnung der Sohlgleite in der Schildau

$$F_v = a_1 / d_s$$

$$F_v = a_y - d_s / d_s$$

$$F_v = 0,57$$

$$k = 0,6 \quad \text{für umströmte zylinderförmige, runde Störsteine}$$

1. Iteration

$$\beta = (k * a_y / (a_y - d_s))^2 * F_v + 2g * l * a_x / v_m^2$$

$$\beta = 4,99$$

$$\lambda_s = 4 * c_w * \beta_0 * \sum A_s / A_o, \text{ ges}$$

$$\lambda_s = 2,900$$

$$\lambda = \lambda_s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon_v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 4,568$$

$$v_{m,n-1} = \sqrt{(8 * g / \lambda * r_{hy} * l)}$$

$$v_{m,n-1} = 0,3746 \text{ m/s}$$

2. Iteration

$$\beta = (k * a_y / (a_y - d_s))^2 * F_v + 2g * l * a_x / v_m^2$$

$$\beta = 7,61$$

$$\lambda_s = 4 * c_w * \beta_0 * \sum A_s / A_o, \text{ ges}$$

$$\lambda_s = 4,418$$

$$\lambda = \lambda_s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon_v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 6,819$$

$$v_{m,n-2} = \sqrt{(8 * g / \lambda * r_{hy} * l)}$$

$$v_{m,n-2} = 0,3066 \text{ m/s}$$

3. Iteration

$$\beta = (k * a_y / (a_y - d_s))^2 * F_v + 2g * l * a_x / v_m^2$$

$$\beta = 10,59$$

$$\lambda_s = 4 * c_w * \beta_0 * \sum A_s / A_o, \text{ ges}$$

$$\lambda_s = 6,151$$

$$\lambda = \lambda_s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon_v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 9,387$$

$$v_{m,n-3} = \sqrt{(8 * g / \lambda * r_{hy} * l)}$$

$$v_{m,n-3} = 0,2613 \text{ m/s}$$

4. Iteration

$$\beta = (k * a_y / (a_y - d_s))^2 * F_v + 2g * l * a_x / v_m^2$$

$$\beta = 13,99$$

$$\lambda_s = 4 * c_w * \beta_0 * \sum A_s / A_o, \text{ ges}$$

$$\lambda_s = 8,127$$

Berechnung der Sohlgleite in der Schildau

$$\lambda = \lambda_s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon_v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 12,317$$

$$v_{m,n-4} = \sqrt{(8 \cdot g / \lambda \cdot rhy \cdot I)}$$

$$v_{m,n-4} = 0,2281 \text{ m/s}$$

5. Iteration

$$\beta = (k \cdot a_y / (a_y - ds))^2 \cdot F_v + 2g \cdot I \cdot a_x / v_m^2$$

$$\beta = 17,87$$

$$\lambda_s = 4 \cdot c_w \cdot \beta_0 \cdot \sum A_s / A_o, \text{ ges}$$

$$\lambda_s = 10,381$$

$$\lambda = \lambda_s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon_v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 15,658$$

$$v_{m,n-5} = \sqrt{(8 \cdot g / \lambda \cdot rhy \cdot I)}$$

$$v_{m,n-5} = 0,2023 \text{ m/s}$$

6. Iteration

$$\beta = (k \cdot a_y / (a_y - ds))^2 \cdot F_v + 2g \cdot I \cdot a_x / v_m^2$$

$$\beta = 22,30$$

$$\lambda_s = 4 \cdot c_w \cdot \beta_0 \cdot \sum A_s / A_o, \text{ ges}$$

$$\lambda_s = 12,952$$

$$\lambda = \lambda_s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon_v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 19,469$$

$$v_{m,n-6} = \sqrt{(8 \cdot g / \lambda \cdot rhy \cdot I)}$$

$$v_{m,n-6} = 0,1815 \text{ m/s}$$

$$\beta = (k \cdot a_y / (a_y - ds))^2 \cdot F_v + 2g \cdot I \cdot a_x / v_m^2$$

$$\beta = 27,35$$

$$n_{\text{quer}} = 2 \quad \text{Zahl der Störsteine im berechneten Profil}$$

$$v_{m,E} = v_m \cdot A / (A - n \cdot A_s)$$

$$v_{m,E} = 0,787 \text{ m/s}$$

Mittlere Fließgeschwindigkeit in der Engstelle

Der Abfluss ergibt sich zu:

$$Q = v_m \cdot A$$

$$Q = 0,106 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nachweis des Abflusszustandes:

Im unverbauten Querschnitt:

$$Fr = v_m / \sqrt{g \cdot h_m}$$

$$Fr = 0,097 < 1$$

In den Engstellen zwischen den Störsteinen:

$$Fr = v_{m,E} / \sqrt{g \cdot h_m}$$

$$Fr = 0,420 < 1$$

Ermittlung der Leitungsdichte:

$$Länge = 2,60 \text{ m} \quad \text{Betrachteter Gewässerabschnitt}$$

$$\Delta h = i_o \cdot L$$

$$\Delta h = 0,087 \text{ m}$$

$$Q = 0,11 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{netto}} = A_{\text{ges}} \cdot L - \sum V_s$$

$$V_{\text{netto}} = 1,03 \text{ m}^3$$

Die Leistungsdichte ergibt sich bei nicht überströmten Störsteinen

$$\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Dichte Wasser}$$

$$\rho_D = \rho_w \cdot g \cdot \Delta h_{\text{ges}} \cdot Q / V_{\text{netto}}$$

$$\rho_D = 87,87 \text{ W/m}^3 > \rho_{D,\text{bem}} = 160 \text{ W/m}^3$$