

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 _{10/60} =		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 =	0,60 m	Wassertiefe
h_s =	0,38	Höhe der Störsteine

hydraulischer Radius:

A =	$b_{so} * h + m * h^2$
A =	1,20 m ²
U =	$b_{so} + 2 * h * \sqrt{1 + m^2}$
U =	3,26 m

Berechnung der Sohlgleite in der Schildau

$$r_{hy} = A / U$$

$$r_{hy} = 0,3677 \text{ m}$$

Sohlwiderstandsbeiwert

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

$$\lambda_0 = 0,1757$$

Angeströme Fläche der Störsteine:

$$n = 4 \quad \text{runde Störsteine mit ca. 90 \% anström Fläche eines Zylinders}$$

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

$$\sum A_s = 0,96$$

Volumenverhältnis:

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

$$\sum V_s = 0,53$$

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

$$V_{ges} = 3,12$$

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

$$\varepsilon_v = 0,169$$

Flächenverhältnis

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

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

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

$$A_{0, ges} = 8,485$$

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

$$\varepsilon_0 = 0,181$$

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

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

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

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

$$\lambda_s = 1,219$$

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

$$\lambda = 1,639352$$

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

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

$$v_{m,1} = 0,766 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{0,766}$$

$$Fv = a1 / ds$$

$$Fv = ay - ds / ds$$

$$Fv = 0,57$$

$$k = 0,8 \quad \text{für überströmte Störsteine}$$

1. Iteration

$$\beta = (k * ay / (ay - ds))^2 * Fv + 2g * l * ax / v_m^2$$

$$\beta = 4,21$$

$$\lambda s = 4 * cw * \beta_0 * \sum As / Ao, \text{ ges}$$

$$\lambda s = 1,903$$

$$\lambda = \lambda s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 2,462$$

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

$$v_{m,n-1} = 0,6248 \text{ m/s}$$

2. Iteration

$$\beta = (k * ay / (ay - ds))^2 * Fv + 2g * l * ax / v_m^2$$

$$\beta = 4,94$$

$$\lambda s = 4 * cw * \beta_0 * \sum As / Ao, \text{ ges}$$

$$\lambda s = 2,231$$

$$\lambda = \lambda s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 2,857$$

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

$$v_{m,n-2} = 0,5800 \text{ m/s}$$

3. Iteration

$$\beta = (k * ay / (ay - ds))^2 * Fv + 2g * l * ax / v_m^2$$

$$\beta = 5,29$$

$$\lambda s = 4 * cw * \beta_0 * \sum As / Ao, \text{ ges}$$

$$\lambda s = 2,388$$

$$\lambda = \lambda s + \lambda_0 (1 - \epsilon_0) / (1 - \epsilon v) \quad \text{Widerstandsbeiwert im Rauhgerinne}$$

$$\lambda = 3,046$$

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

$$v_{m,n-3} = 0,5617 \text{ m/s}$$

4. Iteration

$$\beta = (k * ay / (ay - ds))^2 * Fv + 2g * l * ax / v_m^2$$

$$\beta = 5,46$$

Berechnung der Sohlgleite in der Schildau

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

$$\lambda_s = 2,464$$

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

$$\lambda = 3,137$$

$$v_{m,n-4} = \sqrt{(8 * g / \lambda * r_{hy} * I)}$$

$$v_{m,n-4} = 0,5535 \text{ m/s}$$

5. Iteration

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

$$\beta = 5,54$$

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

$$\lambda_s = 2,500$$

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

$$\lambda = 3,181$$

$$v_{m,n-5} = \sqrt{(8 * g / \lambda * r_{hy} * I)}$$

$$v_{m,n-5} = 0,5497 \text{ m/s}$$

6. Iteration

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

$$\beta = 5,58$$

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

$$\lambda_s = 2,518$$

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

$$\lambda = 3,202$$

$$v_{m,n-6} = \sqrt{(8 * g / \lambda * r_{hy} * I)}$$

$$v_{m,n-6} = 0,5478 \text{ m/s}$$

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

$$\beta = 5,60$$

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

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

$$v_{m,E} = 1,481 \text{ m/s} \quad \text{Mittlere Fließgeschwindigkeit in der Engstelle}$$

Der Abfluss ergibt sich zu:

$$Q = v_m * A$$

$$Q = 0,657 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nachweis des Abflusszustandes:

Berechnung der Sohlgleite in der Schildau

Im unverbauten Querschnitt:

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

$$Fr = 0,226 < 1$$

In den Engstellen zwischen den Störsteinen:

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

$$Fr = 0,610 < 1$$

Ermittlung der Leistungsdichte:

$$Länge = 2,60 \text{ m}$$

Betrachteter Gewässerabschnitt

$$\Delta h = i_0 \cdot L$$

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

$$Q = 0,66 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$V_{\text{netto}} = 2,59 \text{ m}^3$$

Die Leistungsdichte ergibt sich bei nicht überströmten Störsteinen

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

Dichte Wasser

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

$$\rho_D = 215,30 \text{ W/m}^3 <$$

$$\rho_{D,\text{bem}} = 220 \text{ W/m}^3$$