

Hydraulische Bemessung und Nachweisführung für Ersatzneubau Wehr 17.33a mit Doppeltafelschützenverschluss

WEHRBERECHNUNG ÜBERSTRÖMTE SCHÜTZEN

Bemessungsrandbedingungen:
- Vollkommener Überfall (keine Beeinflussung vom UW)
- scharfkantige Schütztafel
- einfaches Tosbecken ohne Störkörper mit gleichbleibender Breite

Vorhandene Überfallbreite (Einfeldwehr) $b = 6,00$ m

Summe der Pfeilerbreiten $\Sigma b_{Pfl} = 0,00$ m

Gesamte Zulaufbreite vor Pfeiler-/Seitenkontraktion
hier: $b_0 = b + b_{Pfl} = 6,00$ m

Anzahl der Pfeiler
Pfeilerzahl $n_{Pfl} = 0,0$
seitl. Widerlager $0,5 \times n_{Wid} = 0,0$
(weil vorgezogene Widerlager)

Einschnürungsbeiwert $\xi = 0,07$ (hier nicht zutreffend)

Höchstzuläss. OW-Spiegel = 109,65 m ü. NHN

OK Fachbaum = 108,40 m ü. NHN

Stauhöhe $h_s = 1,25$ m

Höhe UW-Sohle = 107,00 m ü. NHN
Ruhewasserspiegel im Tosbecken

Berechnung des Abflusses nach POLENI mit Pfeiler-/Seitenkontraktion

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h^{3/2}}$$

$$Q = \sigma_{Pfl} \cdot \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h^{3/2}}$$

[1] Gl. 9.22

Abminderungsbeiwert für Pfeiler-/Seitenkontraktion:

$$\sigma_{Pfl} = 1 - \frac{\sum b_{Pfl}}{b} - 2 \cdot n \cdot \xi \cdot \frac{h_1}{b}$$

Überfallbeiwert mit Berücksichtigung von Seitenkontraktion (b < b₀) [1] Gl. 9.17

$$\mu = \left[0,578 + 0,037 \cdot \left(\frac{b}{b_0} \right)^2 + \frac{3,615 - 3 \cdot (b/b_0)^2}{1000 \cdot h + 16} \right] \times \left[1 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{b}{b_0} \right)^4 \cdot \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$$

Gilt für $w \geq 0,30$ m im Bereich $0,025 \cdot b_0/b \leq h \leq 0,80$ m
 $b/w > 1$ $0,025 \leq h \leq 0,80$ m

Konjugierte Wassertiefen (Strahlstärke h_s und Deckwalzenhöhe h_d)

$$h_1 = \frac{q}{0,925 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_E}}$$

$$h_2 = 1,1 \cdot \frac{h_1}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot v_1^2}{g \cdot h_1}} - 1 \right)$$

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}}$$

Strahlweite (Wurfparabel) $h =$ Überfallhöhe/durchströmte Höhe

$$L_1 = \sqrt{4 \cdot h \cdot h_y}$$

Tosbeckenlänge

$$L_T = 4,5 \cdot (h_2 - h_1)$$

Überfallhöhe h [m]	Verschluss-/ Wehrhöhe w [m]	Abminderungs- beiwert (Pfeiler) σ_{Pfl} [-]	Überfall- beiwert μ [-]	Abfluss Q [m³/s]	Streifen- abfluss q [m³/s je m]	Zulauf- geschwindigkeit v_0 [m/s]	Geschwindig- keitshöhe $v_0^2/2g$ [m]	Energie- höhe H [m]	Absenkungslänge im Oberwasser $L = 3 \dots 4 \cdot h$ [m]	Gesamt- energiehöhe H_E [m]	konjugierte Wassertiefen		Schussstrahl		Tosbeckenlänge ab Prallstrahl L_T [m]	erfordl. Tosbeckentiefe $h_T = h_2 - h_1$ [m]	Wassertiefe im UW h_u [m]	Nachweis vollk. Überfall		Wurfparabel Fallhöhe h_y [m]	Wurfparabel Strahlweite L_1 [m]	erfordl. Gesamtos- beckenlänge $L_T + L_1$ [m]	erfordl. Länge der Nach- bettsicherung L_{NB} [m]	
											h_1 [m]	h_2 [m]	v_1 [m/s]	Fr_1 [-]				Wsp. OW > Wsp. Tosb. (max. zul. / interpoliert) [m ü. NHN]	Wsp. OW > Wsp. Tosb. (interpoliert) [m ü. NHN]					
0,05	1,20	1,00	0,63	0,124	0,02	0,02	0,000	0,05	0,18	2,65	0,003	0,18	6,67	38,2	0,81	0,18	0,00	109,65	>	107,00	2,60	0,72	1,53	1,62
0,10	1,15	1,00	0,62	0,348	0,06	0,05	0,000	0,10	0,35	2,65	0,009	0,30	6,67	22,8	1,33	0,25	0,05	109,65	>	107,05	2,55	1,01	2,34	2,66
0,15	1,10	1,00	0,62	0,637	0,11	0,08	0,000	0,15	0,53	2,65	0,016	0,41	6,67	16,9	1,77	0,29	0,12	109,65	>	107,12	2,50	1,22	3,00	3,54
0,20	1,05	1,00	0,62	0,980	0,16	0,13	0,001	0,20	0,70	2,65	0,024	0,51	6,67	13,6	2,16	0,34	0,17	109,65	>	107,17	2,45	1,40	3,56	4,33
0,25	1,00	1,00	0,62	1,368	0,23	0,18	0,002	0,25	0,88	2,65	0,034	0,59	6,67	11,5	2,52	0,34	0,25	109,65	>	107,25	2,40	1,55	4,07	5,04
0,30	0,95	1,00	0,62	1,797	0,30	0,24	0,003	0,30	1,05	2,65	0,045	0,68	6,67	10,1	2,85	0,39	0,29	109,65	>	107,29	2,35	1,68	4,53	5,70
0,35	0,90	1,00	0,62	2,263	0,38	0,30	0,005	0,35	1,23	2,65	0,056	0,76	6,68	9,0	3,16	0,41	0,35	109,65	>	107,35	2,30	1,79	4,95	6,31
0,40	0,85	1,00	0,62	2,764	0,46	0,37	0,007	0,41	1,40	2,66	0,069	0,83	6,68	8,1	3,44	0,40	0,43	109,65	>	107,43	2,25	1,90	5,34	6,89
0,50	0,75	1,00	0,62	3,861	0,64	0,51	0,014	0,51	1,75	2,66	0,096	0,98	6,69	6,9	3,97	0,46	0,52	109,65	>	107,52	2,15	2,07	6,04	7,94
0,60	0,65	1,00	0,62	5,074	0,85	0,68	0,023	0,62	2,10	2,67	0,126	1,11	6,70	6,0	4,45	0,46	0,65	109,65	>	107,65	2,05	2,22	6,67	8,90

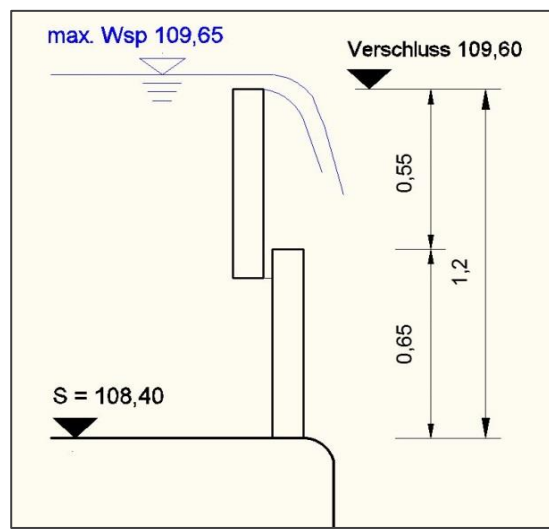
max. Überfallhöhe bei Absenk. Oberschützes und zul. Höchststau +109,65 im OW

höchstmögl. überschlängiger Abfluss

WEHRBERECHNUNG UNTERSTRÖMTE SCHÜTZEN

Bemessungsrandbedingungen:
- Vollkommener Abfluss (keine Beeinflussung vom UW)
- vertikale scharfkantige Schütztafel
- einfaches waagerechtes Tosbecken ohne Störkörper

Schützeneigung gegenüber Horizontale
senkrechte Tafel $\alpha = 90^\circ$



Berechnung des Abflusses

wobei: Abflussbeiwert

$$Q = \mu_a \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}$$

$$\mu_a = \frac{\delta}{\sqrt{1 + \frac{\delta \cdot a}{h_0}}}$$

Einschnürungsbeiwert in Abhängigkeit von Öffnungsweite: [3] Tab. 4.1

Öff.-v. a/h_0	Einschnürungs- oder Kontraktionsbeiwert δ			
	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 120^\circ$	$\alpha = 135^\circ$
0,1	0,692	0,612	0,562	0,543
0,3	0,695	0,622	0,580	0,566
0,5	0,705	0,644	0,611	0,601
0,7*	0,732	0,687	0,663	0,656
0,8*	0,758	0,722	0,704	0,699
0,9*	0,805	0,781	0,768	0,765

* Die gekennzeichneten Öffnungsverhältnisse sind nur für unvollkommenen Anlauf von Bedienung, bei freiem Auslauf stellen sich im Oberwasser starke Wirbel und sehr instabile Fließverhältnisse ein bzw. der Zustand ist bei freiem Auslauf nicht möglich.

Konjugierte Wassertiefen (Strahlstärke h_s , Deckwalzenhöhe h_d , unterströmter Schütz)

$$h_1 = \delta \cdot a$$

$$h_2 = 1,1 \cdot \frac{h_1}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot v_1^2}{g \cdot h_1}} - 1 \right)$$

[1] Gl. 6.62

WEHRBERECHNUNG FREIER ABFLUSS ÜBER WEHRSTUFE

Bemessungsrandbedingungen:
- Vollkommener Abfluss (keine Beeinflussung vom UW)
- Schützen voll gezogen
- einfaches waagerechtes Tosbecken ohne Störkörper

Scharfe Anströmkannte: $\alpha = 90^\circ$
Wehrstufenhöhe: $w = 0,00$ m
(Verschluss gezogen)

Berechnung des Abflusses n. POLENI

⇔ iterative Lösung

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{min}^{3/2}}$$

$$H_{min} = \frac{3}{2} \cdot H_{kr}$$

$$H_{kr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}}$$

Abflussbeiwert, hier analog sehr breitenkrönigen Wehr

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Minimum für breitenkrönigen Überfall nach [2] Pkt. 3.1.3
(damit $C = 2,953 \cdot 0,577 = 1,705$ m^{2/3}/s)

Empfohlene Länge der Nachbettsicherung

$$L_{NB} = 1,0 \dots 2,0 \cdot L_T$$

gewählter Faktor: **2,0** für die tabell. Bemessung

Die Abflusskapazität der zu ersetzenden Wehre 17.33 + 17.33a war $Q = 3,45 + 11,47$ m³/s = **14,92** m³/s bei Freizug.
Gem. Verschlechterungsverbot muss der Wehersatzneubau "Wehr 17.33 neu" mind. die gleiche Abflusskapazität besitzen.

Gewählte Wehröffnungsweite der Breite $b = 6,00$ m

gewählt krit. Tiefe h_{kr} [m]	reduzierte Energiehöhe H_{min} [m]	Abflussvermögen n. POLENI => Gl. 3-8 Q [m³/s]		Energie- höhe H [m]	Zulauf- geschwindigkeit v_0 [m/s]	Geschwindig- keitshöhe $v_0^2/2g$ [m]	Überfallhöhe h [m]	Stauhöhe in OW [m ü. NHN]	konjugierte Wassertiefen für Tosbecken		Schuss- strahl v_1 [m/s]	Tosb.-länge ab Prallstr. L_T [m]	erfordl. Tos- beckentiefe $h_T = h_2 - h_1$ [m]	Wassertiefe im UW h_u [m]	Nachweis vollk. Überfall		Wurfparabel Fallhöhe h_y [m]	Wurfparabel Strahlweite L_1 [m]	erfordl. Tosbeckenlänge $L_T + L_1$ [m]	erfordl. Länge der Nach- bettsicherung L_{NB} [m]	
		Q [m³/s]	Q [m³/s]						h_1 [m]	h_2 [m]					Wsp. OW > Wsp. UW [m ü. NHN]	Wsp. OW > Wsp. UW [m ü. NHN]					
0,05	0,08	0,21	0,21	0,08	0,47	0,011	0,06	108,46	0,03	0,08	1,12	0,23	0,32	-0,24	108,46	>	106,76	1,40	0,60	0,83	0,46
0,10	0,15	0,59	0,59	0,15	0,66	0,022	0,13	108,53	0,06	0,17	1,59	0,46	0,34	-0,17	108,53	>	106,83	1,40	0,85	1,31	0,93
0,15	0,23	1,09	1,09	0,23	0,81	0,033	0,19	108,59	0,09	0,25	1,94	0,70	0,33	-0,08	108,59	>	106,92	1,40	1,04	1,73	1,39
0,20	0,30	1,68	1,68	0,30	0,93	0,044	0,26	108,66	0,12	0,33	2,24	0,93	0,31	0,02	108,66	>	107,02	1,40	1,20	2,12	1,86
0,25	0,38	2,35	2,35	0,38	1,04	0,056	0,32	108,72	0,16	0,41	2,51	1,16	0,30	0,11	108,72	>	107,11	1,40	1,34	2,50	2,32
0,30	0,45	3,09	3,09	0,45	1,14	0,067	0,38	108,78	0,19	0,50	2,75	1,39	0,29	0,21	108,78	>	107,21	1,40	1,47	2,86	2,78
0,40	0,60	4,75	4,75	0,60	1,32	0,089	0,51	108,91	0,25	0,66	3,17	1,86	0,26	0,40	108,91	>	107,40	1,40	1,69	3,55	3,71
0,50	0,75	6,64	6,64	0,75	1,48	0,111	0,64	109,04	0,31	0,83	3,55	2,32	0,24	0,59	109,04	>	107,59	1,40	1,89	4,21	4,64
0,60	0,90	8,73	8,73	0,90	1,62	0,133	0,77	109,17	0,37	0,99	3,89	2,78	0,22	0,77	109,17	>	107,77	1,40	2,07	4,86	5,57
0,70	1,05	11,00	11,01	1,05	1,75	0,156	0,89	109,29	0,44	1,16	4,20	3,25	0,22	0,94	109,29	>	107,94	1,40	2,24	5,49	6,50
0,80	1,20	13,44	13,45	1,20	1,87	0,178	1,02	109,42	0,50	1,32	4,49	3,71	0,21	1,11	109,42	>	108,11	1,40	2,39	6,11	7,43
0,90	1,35	16,04	16,05	1,35	1,98	0,200	1,15	109,55	0,56	1,49	4,76	4,18	0,22	1,27	109,55	>	108,27	1,40	2,54	6,71	8,35
0,94	1,40	16,98	16,99	1,40	2,02	0,208	1,19	109,59	0,58	1,55	4,85	4,34	0,12	1,43	109,59	>	108,43	1,40	2,59	6,93	8,68

> 14,92 m³/s (Kapazität der alten Wehre 17.33 + 17.33a)

< 1,25 m < 109,65 m NHN unterhalb höchstmögl. Oberwasserspiegel

Quellen:

- [1] BOLLRICH, Technische Hydromechanik, Band 1, 6. Auflage, HUSS Medien GmbH, 2007.
- [2] TU MÜNCHEN, Wasserbau und Wasserwirtschaft, Skriptum Dr.-Ing. Th. Strobl, 2005.
- [3] HEINEMANN/PAUL, Hydraulik für Bauingenieure, BG Teubner, 1998.
- [4] FREIMANN, Hydraulik für Bauingenieure, 3. Aufl., Carl Hanser Verlag, 2014.

ERGEBNISSE

1. Die gewählte Wehröffnung $b = 6,00$ m genügt allen Abflusszuständen lt. Aufgabenstellung.
2. Bei überschlängigem Wehrbetrieb sind Abflüsse bis rd. 5,0 m³/s regelbar abzugeben.
3. Bei unterschlächtigem Wehrbetrieb sind Abflüsse bis rd. 6,7 m³/s regelbar abzugeben.
4. Erforderliche Mindestlänge des Tosbeckens = **6,93 m** => gewählt: **7,00 m**
5. Erforderliche Mindestlänge des Nachbettes = **8,68 m** => gewählt: **10,00 m**