

Bemessung Raugerinne mit Beckenstruktur nach DWA-M509 - Minimale Wassertiefen

Eingangsdaten		Berechnungswerte		Barbenregion Huchen	
Sicherheitsbeiwerte	Berechnung bzw. DWA-M509	Zeichen	Wert	Einheit	
Dimensionen	gem. Kap. 7.3.1	S_g	0,80	-	
Fließgeschwindigkeiten	gem. Kap. 7.3.1	S_v	0,90	-	
Leistungsdichte	gem. Kap. 7.3.1	S_p	0,90	-	
Betriebliche Sicherheit	gem. Kap. 7.3.1	S_b	1,00	-	
Geometrische Bemessungswerte					
Grenzwert Fließgeschwindigkeit	Tabelle 17, Seite 127	$v_{grenz,max}$	1,60	m/s	
Grenzwert mittlere Geschwindigkeit im Becken	Tabelle 36, Seite 185	$v_{m,bem}$	0,50	m/s	
Grenzwert der Leistungsdichte	Tabelle 21, Seite 130	$p_{D,grenz}$	100,00	W/m ³	
Bemessungswert der Leistungsdichte	Tabelle 36, Seite 185	$p_{D,bem} = S_p \cdot p_{D,grenz}$	90,00	W/m ³	
Riegelbreite	gewählt	d	0,40	m	
Becken, Länge (lichtes Maß)	Tabelle 37, Seite 186 -> gewählt	l_b	3,80	m	
Becken, Breite	Tabelle 37, Seite 186 -> gewählt	b_b	3,00	m	
Schlitzweiten	Tabelle 37, Seite 186 -> gewählt	$b_{S,1}$	0,50	m	
		$b_{S,2}$	0,20	m	
minimale Wassertiefe	Tabelle 37, Seite 186	$h_{u,eff,bem}$	0,64	m	
Hydraulische Bemessung					
OW: Ausstieg FAA W30		$H_{OW,W30}$	367,35	m NN	
OW: Austieg FAA W330		$H_{OW,W330}$	367,35	m NN	
UW: Einstieg W30		$H_{UW,W30}$	358,78	m NN	
UW: Einstieg W330		$H_{UW,W330}$	359,94	m NN	
Wasserspiegeldifferenz W ₃₀ OW-UW		$h_{ges,W30} = H_{OW,W30} - H_{UW,W30}$	8,57	m	
Wasserspiegeldifferenz W ₃₃₀ OW-UW		$h_{ges,W330} = H_{OW,W330} - H_{UW,W330}$	7,41	m	
→ Bezugswasserstand W30					
Wasserspiegeldifferenz pro Becken (Bem)	Tabelle 36, Seite 185	dh_{bem}	0,08	m	
Beckenanzahl	aufgerundet ! → gewählt	$n_{rechnerisch} = h_{ges}/dh_{bem} - 1$	107	-	
		n	108	-	
Wasserspiegeldifferenz pro Becken (tatsächlich)		$dh = h_{ges}/(n+1)$	0,079	m	
Gesamtlänge Fischaufstieg		$L_{ges} = (d+l_b) \cdot n + d$	454,00	m	
Gefälle		$i = h_{ges}/(L_{ges} + l_b)$	0,019	-	
Steigung		$s=1:$	53	-	
Wassertiefen unterhalb Schlitz		$h_{u,W30} = h_{u,eff,bem}$	0,64	m	
Wassertiefen oberhalb Schlitz		$h_{o,W30} = h_{u,W30} + dh$	0,72	m	
Sohlhöhe am Einlauf		$H_{Sohle, Einlauf} = H_{OW,W30} - h_{o,W30}$	366,63	m NHN	
Sohlhöhe am Auslauf		$H_{Sohle, Auslauf} = H_{UW,W30} - h_{u,W30}$	358,14	m NHN	
maximal auftretende Geschwindigkeit	Formel (7.25)	$v_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$	$v_{max,W30}$	1,24	m/s
mittlere Geschwindigkeit im Becken		$v_{m,B,W30} = Q_{W30}/(h_m \cdot b_b)$		0,27	m/s
Spaltverluste	Kap. 7.6.3, Seite 187	f	1,10	-	
Überfallbeiwert	Kap. 7.6.3, Seite 187	μ_{W30}	0,55	-	
Rückstaubeiwert	Kap. 7.6.3, S. 188, Bild 188	$\sigma_{W30} = 1 - (h_2/h_1)^{11}$	0,72	-	
Abfluss Raugerinne	Schlitz 1	Formel (7.23)	$Q_{W30,S1}$	0,39	m ³ /s
	Schlitz 2		$Q_{W30,S2}$	0,16	m ³ /s
	Abfluss gesamt		Q_{W30}	0,549	m ³ /s
Mittlere Beckenwassertiefe		$h_{m,W30} = h_{u,W30} + 0,5 \cdot dh$	0,679	m	
Leistungsdichte	Formel (7.27)	$p_D = \frac{\rho_w \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{b_m \cdot h_m \cdot l_w}$	$p_{D,W30}$	55,00	W/m ³
→ Bezugswasserstand W330					
Wassertiefen unterhalb Schlitz		$h_{u,W330} = h_{u,W30} + (H_{OW,W330} - H_{OW,W30})$	0,64	m	
Wassertiefen oberhalb Schlitz		$h_{o,W330} = h_{u,W330} + dh$	0,72	m	
maximal auftretende Geschwindigkeit	Formel (7.25)	$v_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$	$v_{max,W330}$	1,24	m/s
mittlere Geschwindigkeit im Becken		$v_{m,B,W330} = Q_{W330}/(h_m \cdot b_b)$		0,27	m/s
Spaltverluste	Kap. 7.6.3, Seite 187	f	1,10	-	
Überfallbeiwert	Kap. 7.6.3, Seite 187	μ_{W330}	0,55	-	
Rückstaubeiwert	Kap. 7.6.3, S. 188, Bild 188	$\sigma_{W330} = 1 - (h_2/h_1)^{11}$	0,72	-	
Abfluss Raugerinne (Poleni)	Schlitz 1	Formel (7.23)	$Q_{W330,S1}$	0,392	m ³ /s
	Schlitz 2		$Q_{W330,S2}$	0,157	m ³ /s
	Abfluss gesamt		Q_{W330}	0,549	m ³ /s
Mittlere Beckenwassertiefe		$h_{m,W330} = h_{u,W330} + 0,5 \cdot dh$	0,679	m	
Leistungsdichte	Formel (7.27)	$p_D = \frac{\rho_w \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{b_m \cdot h_m \cdot l_w}$	$p_{D,W330}$	55,00	W/m ³
Kontrollen					
Leistungsdichte	Grenzwert eingehalten ?				OK
Geschwindigkeit	Grenzwert eingehalten ?				OK
mittlere Geschwindigkeit im Becken	Grenzwert eingehalten ?				OK
Grenzüberströmhöhe	Grenzwert eingehalten ?				OK
ZUSAMMENFASSUNG		Abmessungen [m]			
Sprunghöhe		0,08			
Gesamtfallhöhe		8,57			
Anzahl Beckenstrukturen		107			
Länge Becken (lichtes Maß)		3,80			
Länge Fischpass (Bruttolänge)		454,00			
Breite Becken		3,00			
Mittlere Tiefe Becken		0,68			
Breite Schlitz 1		0,50			
Breite Schlitz 2		0,20			
Wassertiefen unterhalb Schlitz		0,64			
Wassertiefen oberhalb Schlitz		0,72			
Sohlhöhe am Einlauf		366,63			
Sohlhöhe am Auslauf		358,14			

Tabelle 17: Grenzwerte für die maximale Fließgeschwindigkeit v_{max} (m/s) in den Durchlässen von beckenartigen Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbaren Bauwerken

Gesamthöhenunterschied	Fließgewässerregion					
	Obere Forellenregion	Untere Forellenregion	Äschenregion	Barbenregion	Brachsenregion	Kaulbarsch-Flunder-Region
< 3 m	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6
3 m bis 6 m	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5
6 m bis 9 m	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
> 9 m	1,9	1,8	1,7	Einzelfallentscheidung		

Tabelle 21: Grenzwerte für die Leistungsdichte bei der Energiedissipation in Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbaren Bauwerken

Fließgewässerregion	Spezifische Leistungsdichte, Grenzwerte für Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke		
	Beckenbauweise		Störsteinbauweise
	ohne Zander und Hecht	mit Zander oder Hecht	
Obere Forellenregion	250 W/m ³		300 W/m ³
Untere Forellenregion	225 W/m ³		275 W/m ³
Äschenregion	200 W/m ³		250 W/m ³
Barbenregion	150 W/m ³	100 W/m ³	200 W/m ³
Brachsenregion	125 W/m ³	100 W/m ³	175 W/m ³
Kaulbarsch-Flunder-Region	100 W/m ³	100 W/m ³	150 W/m ³

Tabelle 36: Hydraulische Bemessungswerte für beckenartige Raugerinne bis zu einer Gesamtsturzhöhe von 6 m bei Berücksichtigung folgender Sicherheitsbeiwerte: $S_v = S_p = 0,9$ sowie $S_b = 1$. Bei größeren Absturzhöhen sind die zugehörigen Grenzwerte gemäß Tabelle 17 zugrunde zu legen

Fließgewässerregion	Δh_{bem} planerische Absturzhöhe zwischen Becken (m)	$v_{m,bem}$ mittlere Fließgeschwindigkeit im Becken (m/s)	$p_{D,bem}$ maximale Leistungsdichte (W/m ³)
Gebirgsregion	in Anlehnung an die natürlichen Verhältnisse		
Obere Forellenregion	0,18	0,5	225
Untere Forellenregion	0,16	0,5	200
Äschenregion	0,15	0,5	180
Barbenregion	0,12	0,5	135
Brachsenregion	0,10	0,5	115
Kaulbarsch-Flunderregion	0,09	0,5	90

Tabelle 37: Geometrische Bemessungswerte für beckenartige Raugerinne mit $S_v = 0,8$ und $S_b = 1$ nach Tabelle 16, Bezeichnungen gemäß Bild 186

Fischarten	$h_{u,eff}$ Wassertiefe unterhalb Trennwand (m)	$h_{D,bem}$ min. Tiefe im Durchlass mit NW-Schwelle (m)	$l_{D,bem}$ min. lichte Beckenlänge ¹⁾ (m)	b_{bem} min. mittlere lichte Beckenbreite ²⁾ (m)	b_{min} min. Öffnungsbreite für mindestens einen Durchlass (m)
Bachforelle	0,3	0,25	1,8	1,0 - 2,0	0,2 ³⁾ - 0,4
Äsche, Döbel, Plötze	0,5	0,4	2,4/3,0	2,0 - 3,0	0,4 ³⁾ - 0,6
Barbe, Zander, Meerforelle	0,5	0,4	3,0	2,0 - 3,0	0,4 ³⁾ - 0,6
Hecht, Lachs, Huchen	0,5	0,45	3,8	2,3 - 3,0	0,45 ³⁾ - 0,6
Brachsen, Karpfen	0,75	0,6	3,0	2,5 - 3,0	0,5 ³⁾ - 0,6
Stör	1,6	1,3	11,0	7,0	1,4

ANMERKUNGEN
1) Die unteren Werte für die minimale Öffnungsbreite der Durchlässe gelten nur für abflussarme Gewässer; zur Reduzierung der Verklauungsgefahr wird generell empfohlen, Öffnungsbreiten von mindestens 0,6 m vorzusehen.
2) Gemäß Gleichung (7.26b).
3) Bei $p > 150$ W/m³ ist zusätzlich die Bedingung Gl. (7.26c) zu prüfen.

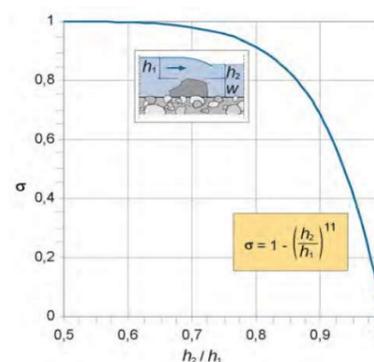


Bild 188: Rückstaubeiwert σ (Grafik: KRÜGER)

Bemessung Raugerinne mit Beckenstruktur nach DWA-M509 - Maximale Wassertiefen

Eingangsdaten	Berechnungswerte	Barbenregion	Huchen
Sicherheitsbeiwerte	Berechnung bzw. DWA-M509	Zeichen	Wert Einheit
Dimensionen	gem. Kap. 7.3.1	S_g	0,80 -
Fließgeschwindigkeiten	gem. Kap. 7.3.1	S_v	0,90 -
Leistungsdichte	gem. Kap. 7.3.1	S_p	0,90 -
Betriebliche Sicherheit	gem. Kap. 7.3.1	S_b	1,00 -

Geometrische Bemessungswerte	Berechnung bzw. DWA-M509	Zeichen	Wert	Einheit
Grenzwert Fließgeschwindigkeit	Tabelle 17, Seite 127	$v_{grenz,max}$	1,60	m/s
Grenzwert mittlere Geschwindigkeit im Becken	Tabelle 36, Seite 185	$v_{m,bem}$	0,50	m/s
Grenzwert der Leistungsdichte	Tabelle 21, Seite 130	$p_{D,grenz}$	100,00	W/m ³
Bemessungswert der Leistungsdichte	Tabelle 36, Seite 185	$p_{D,bem} = S_p \cdot p_{D,grenz}$	90,00	W/m ³
Riegelbreite	gewählt	d	0,40	m
Becken, Länge (lichtes Maß)	Tabelle 37, Seite 186 -> gewählt	l_b	3,80	m
Becken, Breite	Tabelle 37, Seite 186 -> gewählt	b_b	3,00	m
Schlitzweiten	Tabelle 37, Seite 186 -> gewählt	$b_{S,1}$	0,50	m
		$b_{S,2}$	0,20	m
minimale Wassertiefe	Tabelle 37, Seite 186	$h_{u,eff,bem}$	0,64	m

Hydraulische Bemessung	Berechnungswerte	Zeichen	Wert	Einheit
OW: Ausstieg FAA W30		$H_{OW,W30}$	367,35	m NN
OW: Austieg FAA W330		$H_{OW,W330}$	367,35	m NN
UW: Einstieg W30		$H_{UW,W30}$	358,78	m NN
UW: Einstieg W330		$H_{UW,W330}$	359,94	m NN
Wasserspiegeldifferenz W ₃₀ OW-UW		$h_{ges,W30} = H_{OW,W30} - H_{UW,W30}$	8,57	m
Wasserspiegeldifferenz W ₃₃₀ OW-UW		$h_{ges,W330} = H_{OW,W330} - H_{UW,W330}$	7,41	m

→ Bezugswasserstand W30	Berechnungswerte	Zeichen	Wert	Einheit
Wasserspiegeldifferenz pro Becken (Bem)	Tabelle 36, Seite 185	dh_{bem}	0,08	m
Beckenanzahl	aufgerundet!	$n_{rechnerisch} = h_{ges}/dh_{bem} - 1$	107	-
	→ gewählt	n	108	-
Wasserspiegeldifferenz pro Becken (tatsächlich)		$dh = h_{ges}/(n+1)$	0,079	m
Gesamtlänge Fischaufstieg		$L_{ges} = (d+l_b) \cdot n + d$	454,00	m
Gefälle		$i = h_{ges}/(L_{ges} + l_b)$	0,019	-
Steigung		$s = 1:$	53	-

Wassertiefen unterhalb Schlitz	$h_{u,W30} = h_{u,eff,bem} + 0,215m$ (→ Abfluss 700 l/s, vorgegeben durch Schlitzpass im OW) =	0,855	m
Wassertiefen oberhalb Schlitz	$h_{o,W30} = h_{u,W30} + dh =$	0,934	m
Sohlhöhe am Einlauf	$H_{Sohle, Einlauf} = H_{OW,W30} - h_{o,W30} =$	366,42	m NHN
Sohlhöhe am Auslauf	$H_{Sohle, Auslauf} = H_{UW,W30} - h_{u,W30} =$	357,93	m NHN

maximal auftretende Geschwindigkeit	Formel (7.25) $v_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$	$v_{max,W30}$	1,24	m/s
mittlere Geschwindigkeit im Becken	$v_{m,B,W30} = Q_{W30} / (h_m \cdot b_b)$		0,26	m/s
Spaltverluste	Kap. 7.6.3, Seite 187	f	1,10	-
Überfallbeiwert	Kap. 7.6.3, Seite 187	μ_{W30}	0,55	-
Rückstaubeiwert	Kap. 7.6.3, S. 188, Bild 188 $\sigma_{W30} = 1 - (h_2/h_1)^{11}$		0,62	-
Abfluss Raugerinne	Formel (7.23) $Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot f \cdot b_j \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_j^3}$	$Q_{W30,S1}$	0,500	m ³ /s
Schlitz 1		$Q_{W30,S2}$	0,200	m ³ /s
Schlitz 2		Fall ÜBERSTAU Q_{W30}	0,700	m ³ /s
Abfluss gesamt				

Mittlere Beckenwassertiefe	$h_{m,W30} = h_{u,W30} + 0,5 \cdot dh =$	0,894	m	
Leistungsdichte	Formel (7.27) $p_D = \frac{\rho_w \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{b_m \cdot h_m \cdot l_w}$	$p_{D,W30}$	53,00	W/m ³

→ Bezugswasserstand W330			
Wassertiefen unterhalb Schlitz	$h_{u,W330} = h_{u,W30} + (H_{OW,W330} - H_{OW,W30}) =$	0,855	m
Wassertiefen oberhalb Schlitz	$h_{o,W330} = h_{u,W330} + dh =$	0,934	m

maximal auftretende Geschwindigkeit	Formel (7.25) $v_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$	$v_{max,W330}$	1,24	m/s
mittlere Geschwindigkeit im Becken	$v_{m,B,W330} = Q_{W330} / (h_m \cdot b_b)$		0,26	m/s
Spaltverluste	Kap. 7.6.3, Seite 187	f	1,10	-
Überfallbeiwert	Kap. 7.6.3, Seite 187	μ_{W330}	0,55	-
Rückstaubeiwert	Kap. 7.6.3, S. 188, Bild 188 $\sigma_{W330} = 1 - (h_2/h_1)^{11}$		0,62	-
Abfluss Raugerinne (Poleni)	Formel (7.23) $Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sigma \cdot f \cdot b_j \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_j^3}$	$Q_{W330,S1}$	0,500	m ³ /s
		$Q_{W330,S2}$	0,200	m ³ /s
		Fall ÜBERSTAU Q_{W330}	0,700	m ³ /s

Mittlere Beckenwassertiefe	$h_{m,W330} = h_{u,W330} + 0,5 \cdot dh =$	0,894	m	
Leistungsdichte	Formel (7.27) $p_D = \frac{\rho_w \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{b_m \cdot h_m \cdot l_w}$	$p_{D,W330}$	53,00	W/m ³

Kontrollen	Ergebnis	Status
Leistungsdichte	Grenzwert eingehalten?	OK
Geschwindigkeit	Grenzwert eingehalten?	OK
mittlere Geschwindigkeit im Becken	Grenzwert eingehalten?	OK
Grenzüberströmhöhe	Grenzwert eingehalten?	OK

ZUSAMMENFASSUNG	Abmessungen [m]
Sprunghöhe	0,08
Gesamtfallhöhe	8,57
Anzahl Beckenstrukturen	107
Länge Becken (lichtes Maß)	3,80
Länge Fischpass (Bruttolänge)	454,00
Breite Becken	3,00
Mittlere Tiefe Becken	0,89
Breite Schlitz 1	0,50
Breite Schlitz 2	0,20
Wassertiefen unterhalb Schlitz	0,86
Wassertiefen oberhalb Schlitz	0,93
Sohlhöhe am Einlauf	366,42
Sohlhöhe am Auslauf	357,93

Tabelle 17: Grenzwerte für die maximale Fließgeschwindigkeit v_{max} (m/s) in den Durchlässen von beckenartigen Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbaren Bauwerken

Gesamthöhenunterschied	Fließgewässerregion					
	Obere Forellenregion	Untere Forellenregion	Äschenregion	Barbenregion	Brachsenregion	Kaulbarsch-Flunderregion
< 3 m	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6
3 m bis 6 m	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5
6 m bis 9 m	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
> 9 m	1,9	1,8	1,7	Einzelfallentscheidung		

Tabelle 21: Grenzwerte für die Leistungsdichte bei der Energiedissipation in Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbaren Bauwerken

Fließgewässerregion	Spezifische Leistungsdichte, Grenzwerte für Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke		
	Beckenbauweise		Störsteinbauweise
	ohne Zander und Hecht	mit Zander oder Hecht	
Obere Forellenregion	250 W/m ³		300 W/m ³
Untere Forellenregion	225 W/m ³		275 W/m ³
Äschenregion	200 W/m ³		250 W/m ³
Barbenregion	150 W/m ³	100 W/m ³	200 W/m ³
Brachsenregion	125 W/m ³	100 W/m ³	175 W/m ³
Kaulbarsch-Flunderregion	100 W/m ³	100 W/m ³	150 W/m ³

Tabelle 36: Hydraulische Bemessungswerte für beckenartige Raugerinne bis zu einer Gesamtsturzhöhe von 6 m bei Berücksichtigung folgender Sicherheitsbeiwerte: $S_v = S_p = 0,9$ sowie $S_b = 1$. Bei größeren Absturzhöhen sind die zugehörigen Grenzwerte gemäß Tabelle 17 zugrunde zu legen

Fließgewässerregion	Δh_{bem} planerische Absturzhöhe zwischen Becken (m)	$v_{m,bem}$ mittlere Fließgeschwindigkeit im Becken (m/s)	$p_{D,bem}$ maximale Leistungsdichte (W/m ³)
Gebirgsregion	in Anlehnung an die natürlichen Verhältnisse		
Obere Forellenregion	0,18	0,5	225
Untere Forellenregion	0,16	0,5	200
Äschenregion	0,15	0,5	180
Barbenregion	0,12	0,5	135
Brachsenregion	0,10	0,5	115
Kaulbarsch-Flunderregion	0,09	0,5	90

Tabelle 37: Geometrische Bemessungswerte für beckenartige Raugerinne mit $S_v = 0,8$ und $S_b = 1$ nach Tabelle 16, Bezeichnungen gemäß Bild 186

Fischarten	$h_{u,eff}$ Wassertiefe unterhalb Trennwand (m)	$h_{D,min}$ min. Tiefe im Durchlass mit NW-Schwelle (m)	$L_{D,bem}$ min. lichte Beckenlänge ²⁾ (m)	b_{bem} min. mittlere lichte Beckenbreite ²⁾ (m)	$b_{D,min}$ min. Öffnungsweite für mindestens einen Durchlass (m)
Bachforelle	0,3	0,25	1,8	1,0 - 2,0	0,2 ¹⁾ - 0,4
Äsche, Döbel, Plötze	0,5	0,4	2,4/3,0	2,0 - 3,0	0,4 ¹⁾ - 0,6
Barbe, Zander Meerforelle	0,5	0,4	3,0	2,0 - 3,0	0,4 ¹⁾ - 0,6
Hecht, Lachs, Huchen	0,5	0,45	3,8	2,3 - 3,0	0,45 ¹⁾ - 0,6
Brachsen, Karpfen	0,75	0,6	3,0	2,5 - 3,0	0,5 ¹⁾ - 0,6
Stör	1,6	1,3	11,0	7,0	1,4

ANMERKUNGEN
1) Die unteren Werte für die minimale Öffnungsweite der Durchlässe gelten nur für abflussarme Gewässer; zur Reduzierung der Verklausungsgefahr wird generell empfohlen, Öffnungsbreiten von mindestens 0,6 m vorzusehen.
2) Gemäß Gleichung (7.26b).
3) Bei $p > 150$ W/m³ ist zusätzlich die Bedingung Gl. (7.26c) zu prüfen.

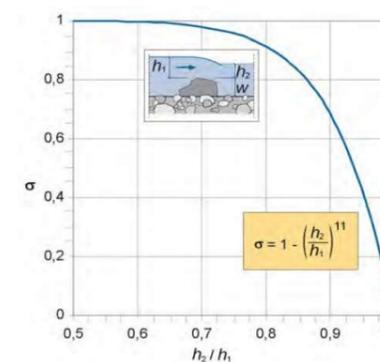


Bild 188: Rückstaubeiwert σ (Grafik: KRÜGER)