INROS LACKNER

Bemessung Schlitzpass nach DWA-M509 - **Minimale Wassertiefen OW**

Q regulär = 0,55 m^3/s

Eingangsdaten - fest
Eingangsdaten - variabel, abhängig von Berechnungswerten o.ä.
Berechnungswerte

Kennwerte Fischregion	DWA-M509	Zeichen	Wert	Einheit	Formel
Fischregion	gem. Kap. 3.1.4.1		Barbenregion		
max. Höhe Fischkörper:	gem. Kap. 4.6.3.1, Tab. 15	H_{Fisch} =	0,16	m	
max. Länge Fischkörper:	gem. Kap. 4.6.3.1, Tab. 15	L_{Fisch} =	1,00	m	
max. Dicke Fischkörper:	gem. Kap. 4.6.3.1, Tab. 15	D_{Fisch} =	0,12	m	
Geometrische Grenzwerte					
min. Wassertiefe	gem. Kap. 4.6.3.2, Gl. 4.1	$h_{eff,min}$ =	0,80	m	= 2.5*H_{Fisch}
→ an Engstellen	gem. Kap. 4.6.3.3, Gl. 4.2	$h_{eff,min,\ Engstelle}$ =	0,32	m	= 2*H_{Fisch}
min. Schlitzbreite	gem. Kap. 4.6.3.4, Gl. 4.3	s_{min} =	0,36	m	= 3*D_{Fisch}
min. lichte Beckenlänge	gem. Kap. 4.6.3.6, Gl. 4.5	$L_{LB,min}$ =	3,00	m	= 3*L_{Fisch}
Hydraulische Grenzwerte					
max. Fließgeschwindigkeit:	gem. Kap. 4.6.4.2.2, Tab. 17	v_{max} =	1,60	m/s	
mittlere Fließgeschwindigkeit	gem. Kap. 4.6.4.2.3, Tab. 18	v_m =	1,20	m/s	
min. Fließgeschwindigkeit:	gem. Kap. 4.6.4.3, Tab. 20	v_{min} =	0,30	m/s	
max. Leistungsdichte:	gem. Kap. 4.6.4.4, Tab. 21	$p_{D,grenz}$ =	100	W/m^3	
Sicherheitsbeiwerte					
Dimensionen	gem. Kap. 8.2.2.4	S_g	1,00	-	
Fließgeschwindigkeiten	gem. Kap. 8.2.2.4	S_v	0,95	-	
Leistungsdichte	gem. Kap. 8.2.2.4	S_p	0,90	-	
Betriebliche Sicherheit	gem. Kap. 8.2.2.4	S_b	1,00	-	
Hydraulische Bemessungswerte					
Fließgeschwindigkeit	gem. Kap. 8.2.2.4, Gl. 8.3a	v_{bem} =	1,52	m/s	= S_b * S_v * v_{max}
Leistungsdichte	gem. Kap. 8.2.2.4, Gl. 8.3b	$p_{D,bem}$ =	90	W/m^3	= S_p * $p_{D,grenz}$
Beckenabmessungen					
Schlitzbreite, gewählt	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 43	s =	0,51	m	
		s >= s_{min}	OK		
lichte Beckenlänge, regulär	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 44	$L_{LB,reg,rechnerisch}$ =	4,13	m	= 8.1*s
→ gewählt	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 43	$L_{LB,reg}$ =	3,00	m	
		$L_{LB,reg}$ >= $L_{LB,min}$	OK		
Beckenbreite, regulär	gem. Kap. 8.2.4.2, Gl. 8.9	$b_{reg,rechnerisch}$ =	2,25	m	= 3/4 $L_{LB,reg}$
→ gewählt		b_{reg} =	2,35	m	
lichte Beckenlänge, Wendebecken (WB)	gem. Kap. 8.2.2.2, Bild 247	$L_{LB,WB}$ =	5,10	m	=2*b_{reg}+d_{LW}
Beckenbreite, Wendebecken		b_{WB} =	3,00	m	= $L_{LB,reg}$
Freier Überstand Leitwand	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 44	c-d =	0,77	m	= 1.5*s
Versatzmaß	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 44	a =	0,26	m	= 0.5*s
Breite des Umlenkblocks	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 44	b_U =	0,51	m	= 1.0*s
Wanddicke Leitwand		d =	0,30	m	
Wanddicke Längswände		d_{LW} =	0,40	m	
Leitelement Länge, Wendebecken	gem. Kap. 8.2.2.2, Bild 247	2*s =	1,02	m	
Länge Wandeinschnitt im Wendebecken	gem. Kap. 8.2.2.2, Bild 247	1/4*$L_{LB,reg}$ =	0,75	m	
Substratschicht im Schlitzpass	gem. Kap. 4.6.6	d_{Subs} =	0,30	m	
Hydraulische Bemessung					
OW: Ausstieg FAA W30		$H_{OW,W30}$ =	367,35	müNN	
OW: Ausstieg FAA W330		$H_{OW,W330}$ =	367,35	müNN	
UW: Einstieg FAA W30		$H_{UW,W30}$ =	358,78	müNN	
UW: Einstieg FAA W330		$H_{UW,W330}$ =	359,94	müNN	
OW-Sohle		$H_{OW,Sohle}$ =		müNN	
UW-Sohle		$H_{UW,Sohle}$ =		müNN	
Abflüsse	Betriebsabfluss FAA	Q_{FAA} =	0,55	m^3/s	
		Q_{30} =	94,40	m^3/s	
		Q_{330} =	253,00	m^3/s	
		MHQ =		m^3/s	
Wasserspiegeldifferenz gesamt W_{30}		$h_{ges,W30}$ =	8,57	m	= $H_{OW,W30}$ - $H_{UW,W30}$
Wasserspiegeldifferenz gesamt W_{330}		$h_{ges,W330}$ =	7,41	m	= $H_{OW,W330}$ - $H_{UW,W330}$
Wasserspiegeldifferenz OW_{W330} - UW_{W30}		$h_{ges,max}$ =	8,57	m	= $H_{OW,W330}$ - $H_{UW,W30}$
→ Bezugswasserstand W_{30}					
Wasserspiegeldifferenz pro Becken, max.	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.4	Δh_{max} =	0,130	m	= v_{max}^2/2g
Wasserspiegeldifferenz pro Becken, bem.		Δh_{bem} =	0,118	m	= v_{bem}^2/2g
→ tatsächliche Wasserspiegeldifferenz		Δh =	0,110	m	= $h_{ges,W30}$/(n+1)
		$\Delta h < \Delta h_{max}$	OK		
Beckenanzahl	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.2	$n_{rechnerisch}$ =	71,78	-	= $h_{ges,W30}/\Delta h_{bem}$-1
→ gewählt		n =	77	-	
Riegelanzahl		n_{Riegel} =	78	-	= n+1
Achsenlänge Beckenpass		L_{ges} =	259,90	m	= (n-2)*$L_{LB,reg}$+2*(b_{reg}+d_{LW}+b_{WB})+n_{Riegel}*d
Wassertiefen unterhalb Schlitz		$h_{u,W30}$ =	0,80	m	= $h_{eff,min}$
Wassertiefen oberhalb Schlitz		$h_{o,W30}$ =	0,91	m	= $h_{u,W30}$ + Δh
	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.12	$h_u > 0.67h_o$	OK		
	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.13	$h_o > 3\Delta h$	OK		
mittlere Beckenwassertiefe		$h_{m,W30}$ =	0,85	m	= ($h_{o,W30}$+$h_{u,W30}$)/2
Sohlhöhe am Einlauf SOLL (Anrampung, Substratoberkante!)	vgl. Kap. 8.2.4.3, S. 244	$H_{Sohle,Einlauf}$ =	366,44	müNN	= $H_{OW,W30}$-$h_{o,W30}$
Sohlhöhe am Auslauf (Substratoberkante!)		$H_{Sohle,Auslauf}$ =	357,98	müNN	= $H_{UW,W30}$-$h_{u,W30}$
Sohlhöhendifferenz innerhalb eines Beckens (auch Wendebecken!), Riegel zu Riegel [m]		$\Delta h_{Sohle,Becken}$ =	0,110	m	= ($H_{Sohle,Einlauf}$ - $H_{Sohle,Auslauf}$) / n_{Ri}
Fließgeschwindigkeit		$v_{max,Becken,W30}$ =	1,47	m/s	= (2g*Δh)^0.5
		$v_{max,Becken,W30} < v_{max}$	OK		
mittlere Fließgeschwindigkeit im regulären Becken		$v_{m,Becken,reg,W30}$ =	0,274	m/s	= Q_{W30}/($h_{m,W30}$*b_{reg})
mittlere Fließgeschwindigkeit im Wendebecken		$v_{m,Becken,WB,W30}$ =	0,215	m/s	= Q_{W30}/($h_{m,W30}$*b_{WB})
Überfallbeiwert	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.15a	$\mu_{v,W30}$ =	0,398	-	= 0.59*((1-($h_{u,W30}$/$h_{o,W30}$)^4.5)^0.48)
Abfluss (Krüger et al.)	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.14	Q_{W30} =	0,551	m^3/s	= $\mu_{v,W30}$*s*(g^0.5)*($h_{o,W30}$^1.5)
		$Q_{W30} > Q_{FAA}$	OK		
Leistungsdichte, reguläre Becken	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.8	$p_{D,reg,W30}$ =	98,59	W/m^3	= (ρ*g*Q_{W30}*Δh)/($L_{LB,reg}$*$h_{m,W30}$*b_{reg})
		$p_{D,reg,W30} < p_{D,grenz}$	OK		
Leistungsdichte, Wendebecken	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.8	$p_{D,WB,W30}$ =	45,43	W/m^3	= (ρ*g*Q_{W30}*Δh)/($L_{LB,WB}$*$h_{m,W30}$*b_{WB})
		$p_{D,WB,W30} < p_{D,grenz}$	OK		

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 18: Grenzwerte für die mittlere Fließgeschwindigkeit v_m (m/s) im Wanderkorridor gerinneartiger Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbarer Bauwerke

Gesamtlänge	Fließgewässerregion: Obere Forellenregion	Untere Forellenregion	Äschenregion	Barbenregion	Brachsenregion	Kaulbarsch-Flunder-Region
< 5 m	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
5 m bis 10 m	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
>10 m bis 25 m	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

Tabelle 20: Grenzwerte für die minimale Fließgeschwindigkeit v_{min} (m/s) im Wanderkorridor

Grenzwert für v_{min} im Wanderkorridor	
Gewässer mit Großalmoniden, z. B. Lachs, Meerforelle, Seeforelle, Huchen	0,3 m/s
alle anderen Gewässer	0,2 m/s

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

Fließgewässerregion	Spezifische Leistungsdichte, Grenzwerte für Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke: Beckenbauweise ohne Zander und Hecht	Beckenbauweise mit Zander oder Hecht	Störsteinbauweise
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 43: Geometrische Bemessungswerte für S_g = 1 für die Becken sowie die Schlitzweite bei Schlitzpässen (siehe Bild 257)

Fischarten	Beckenabmessungen (m): Länge L_{LB}	Breite b	Schlitz (m): Schlitzweite s	Wassertiefe h_u
Bachforelle	1,95[1)]	1,50	0,20	0,50[4)]
Äsche, Döbel, Plötze	2,45[3)]	1,85	0,30	0,70[5)]
Barbe, Zander, Meerforelle	2,45[3)]	1,85	0,30	0,70[5)]
Lachs, Huchen, Hecht	3,00[2)]	2,25	0,35	0,80[5)]
Brachsen, Karpfen	3,25[3)]	2,45	0,40	0,90[5)]
Stör	9,00[2)]	6,75	1,10	2,20[5)]

Maßgebliche Faktoren:
1) Energiedissipation
2) Fischlänge (L_{Fisch})
3) hydraulische Verhältnisse (Strahlausbreitung)
4) $h_u > h_{gr}$
5) hydraulische Verhältnisse (Strahlausbreitung); gerundeter Wert gemäß möglichem Wertebereich der Tabelle 44 in Verbindung mit 4.6.3 ($h_u > 2{,}5 \cdot h_{Fisch}$)

Tabelle 44: Abmessungen bei Schlitzpässen in Abhängigkeit von der Schlitzweite s (Quellen: nach Larinier 1992c, Katopodis 1992)

Abmessungen		Faktor x_i	empfohlener Faktor x_i
Schlitzbreite	$s = x_1 \cdot s$	1,0	1,0
Beckenlänge[1)]	$L_{LB} = x_2 \cdot s$	8,10 bis 8,35	8,1
Freier Überstand der Leitwand	$c - d = x_3 \cdot s$	1,0 bis 1,5	1,5
Versatzmaß	$a = x_4 \cdot s$	0,4 bis 0,8	0,5
Breite des Umlenkblocks	$b_U = x_5 \cdot s$	1,0 bis 1,5	1,0 bzw. > 25 cm
Abstand Leitwand – Schlitz	$g = x_6 \cdot s$	0,35 bis 0,60	0,45

Anmerkung
1) Sofern nicht die Fischlänge oder die Energiedissipation größere Werte erfordern.

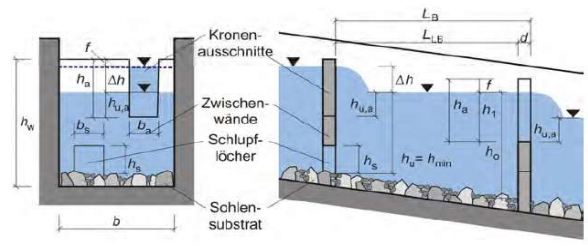

Bild 251: Bezeichnungen bei konventionellen Beckenpässen (Grafik: Krüger)

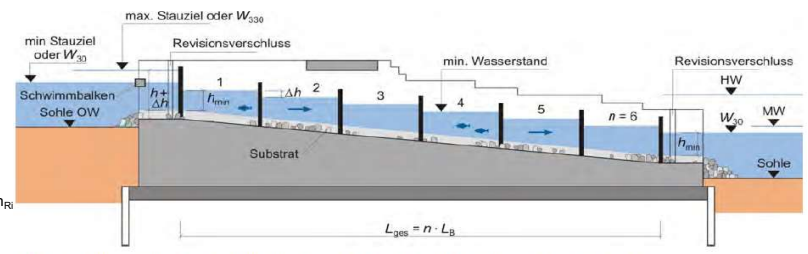

Bild 250: Schematischer Längsschnitt durch einen konventionellen Beckenpass (Grafik: Krüger)

Kennwerte Fischregion	DWA-M509	Zeichen	Wert	Einheit	Formel
→ Bezugswasserstand W330					
Wassertiefen unterhalb Schlitz		$h_{u,W330}$ =	0,80	m	= $h_{u,W30}$+($H_{OW,W330}$-$H_{OW,W30}$)
Wassertiefen oberhalb Schlitz		$h_{o,W330}$ =	0,91	m	= $h_{u,W330}$+Δh
	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.12	$h_u > 0.67h_o$	OK		
	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.13	$h_o > 3\Delta h$	OK		
mittlere Beckenwassertiefe		$h_{m,W330}$ =	0,85	m	= ($h_{o,W330}$+$h_{u,W330}$)/2
Fließgeschwindigkeit		$v_{max,Becken,W330}$ =	1,47	m/s	= (2g*Δh)^0.5 = (2g*($h_{o,W330}$ - $h_{u,W330}$))^0.5
		$v_{max,Becken,W330} < v_{max}$	OK		
mittlere Fließgeschwindigkeit im regulären Becken		$v_{m,Becken,reg,W330}$ =	0,274	m/s	= Q_{W330}/($h_{m,W330}$*b_{reg})
mittlere Fließgeschwindigkeit im Wendebecken		$v_{m,Becken,WB,W330}$ =	0,215	m/s	= Q_{W330}/($h_{m,W330}$*b_{WB})
Überfallbeiwert	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.15a	$\mu_{v,W330}$ =	0,398	-	= 0.59*((1-($h_{u,W330}$/$h_{o,W330}$)^4.5)^0.48)
Abfluss (Krüger et al.)	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.14	Q_{W330} =	0,551	m^3/s	= $\mu_{v,W330}$*s*(g^0.5)*($h_{o,W330}$^1.5)
		$Q_{W330} > Q_{FAA}$	OK		
Leistungsdichte, reguläre Becken	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.8	$p_{D,reg,W30}$ =	98,59	W/m^3	= (ρ*g*Q_{W330}*Δh)/($L_{LB,reg}$*$h_{m,W330}$*b_{reg})
		$p_{D,reg,W30} < p_{D,grenz}$	OK		
Leistungsdichte, Wendebecken	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.8	$p_{D,WB,W30}$ =	45,43	W/m^3	= (ρ*g*Q_{W330}*Δh)/($L_{LB,WB}$*$h_{m,W330}$*b_{WB})
		$p_{D,WB,W30} < p_{D,grenz}$	OK		

ZUSAMMENFASSUNG SCHLITZPASS		Abmessungen
Wasserspiegeldifferenz gesamt (W_{30} und W_{330}) [m]	hges,W30 =	8,57
Wasserspiegeldifferenz pro Becken [m]	Δh =	0,11
Wassertiefen unterhalb Schlitz, W_{30} [m]	hu,W30 =	0,80
Wassertiefen oberhalb Schlitz, W_{30} [m]	ho,W30 =	0,91
Mittlere Wassertiefe im Becken, W_{30} [m]	hm,W30 =	0,85
Wassertiefen unterhalb Schlitz, W_{330} [m]	hu,W330 =	0,80
Wassertiefen oberhalb Schlitz, W_{330} [m]	ho,W330 =	0,91
Mittlere Wassertiefe im Becken, W_{330} [m]	hm,W330 =	0,85
Abfluss, W_{30} [m³/s]	QW30 =	0,55
Abfluss, W_{330} [m³/s]	QW330 =	0,55
Sohlhöhe am Einlauf (Anrampung, Substratoberkante!) [müNN]	HSohle,Einlauf =	366,44
Sohlhöhe am Auslauf (Substratoberkante!) [müNN]	HSohle,Auslauf =	357,98
Sohlhöhendifferenz innerhalb eines Beckens (auch Wendebecken!), Riegel zu Riegel [m] *	ΔhSohle,Becken =	0,11
Substratschicht im Schlitzpass **	d_{Subs} =	0,30
Achsenlänge Beckenpass [m]	Lges =	259,90
Beckenanzahl [Stk]	n =	77
Riegelanzahl [Stk]	nRiegel =	78
Schlitzbreite, gewählt [m] ***	s =	0,51
lichte Beckenlänge, regulär [m]	LLB,reg =	3,00
Beckenbreite, regulär [m]	breg =	2,35
lichte Beckenlänge, Wendebecken [m]	LLB,WB =	5,10
Beckenbreite, Wendebecken [m]	bWB =	3,00
Freier Überstand Leitwand [m]	c-d =	0,77
Versatzmaß [m]	a =	0,26
Breite des Umlenkblocks [m]	bU =	0,51
Wanddicke [m]	d =	0,30
Leitelement Länge, Wendebecken [m]	2*s =	1,02
Länge Wandeinschnitt im Wendebecken [m]	1/4*LLB,reg =	0,75

* Um die angesetzten Wasserspiegeldifferenzen einzuhalten, muss das Längsgefälle in den Wendebecken entsprechend reduziert werden (größere Abmessungen). Die Sohlhöhen an den Riegeln müssen dementsprechend eingehalten werden.
Die geringere Fließgeschwindigkeit in den WBs ist vernachlässigbar (vgl Anmerkung zur "mittlere Fließgeschwindigkeit im Wendebecken")

** Angaben zur Korngrößenverteilung des Substrats etc. siehe DWA-M509, Kap. 4.6.6

*** Durch Ausrundungen an den Schlitzen verändert sich die Schlitzweite s. Dies muss in der Ausführungsplanung berücksichtigt werden. s muss eingehalten werden, da dies ein entscheidender Wert für die Bemessung ist.

INROS LACKNER

Bemessung Schlitzpass nach DWA-M509 - **Maximale Wassertiefen OW**
Q Überstau = 0,70 m^3/s

Eingangsdaten - fest
Eingangsdaten - variabel, abhängig von Berechnungswerten o.ä.
Berechnungswerte

Kennwerte Fischregion	DWA-M509	Zeichen	Wert	Einheit	Formel
Fischregion	gem. Kap. 3.1.4.1		Barbenregion		
max. Höhe Fischkörper:	gem. Kap. 4.6.3.1, Tab. 15	H_{Fisch} =	0,16	m	
max. Länge Fischkörper:	gem. Kap. 4.6.3.1, Tab. 15	L_{Fisch} =	1,00	m	
max. Dicke Fischkörper:	gem. Kap. 4.6.3.1, Tab. 15	D_{Fisch} =	0,12	m	
Geometrische Grenzwerte					
min. Wassertiefe	gem. Kap. 4.6.3.2, Gl. 4.1	$h_{eff,min}$ =	0,80	m	= 2.5*H_{Fisch}
→ an Engstellen	gem. Kap. 4.6.3.3, Gl. 4.2	$h_{eff,min,\ Engstelle}$ =	0,32	m	= 2*H_{Fisch}
min. Schlitzbreite	gem. Kap. 4.6.3.4, Gl. 4.3	s_{min} =	0,36	m	= 3*D_{Fisch}
min. lichte Beckenlänge	gem. Kap. 4.6.3.6, Gl. 4.5	$L_{LB,min}$ =	3,00	m	= 3*L_{Fisch}
Hydraulische Grenzwerte					
max. Fließgeschwindigkeit:	gem. Kap. 4.6.4.2.2, Tab. 17	v_{max} =	1,60	m/s	
mittlere Fließgeschwindigkeit	gem. Kap. 4.6.4.2.3, Tab. 18	v_m =	1,20	m/s	
min. Fließgeschwindigkeit:	gem. Kap. 4.6.4.3, Tab. 20	v_{min} =	0,30	m/s	
max. Leistungsdichte:	gem. Kap. 4.6.4.4, Tab. 21	$p_{D,grenz}$ =	100	W/m^3	
Sicherheitsbeiwerte					
Dimensionen	gem. Kap. 8.2.2.4	S_g	1,00	-	
Fließgeschwindigkeiten	gem. Kap. 8.2.2.4	S_v	0,95	-	
Leistungsdichte	gem. Kap. 8.2.2.4	S_p	0,90	-	
Betriebliche Sicherheit	gem. Kap. 8.2.2.4	S_b	1,00	-	
Hydraulische Bemessungswerte					
Fließgeschwindigkeit	gem. Kap. 8.2.2.4, Gl. 8.3a	v_{bem} =	1,52	m/s	= S_b * S_v * v_{max}
Leistungsdichte	gem. Kap. 8.2.2.4, Gl. 8.3b	$p_{D,bem}$ =	90	W/m^3	= S_p * $p_{D,grenz}$
Beckenabmessungen					
Schlitzbreite, gewählt	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 43	s =	0,51	m	
		s >= s_{min}	OK		
lichte Beckenlänge, regulär	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 44	$L_{LB,reg,rechnerisch}$ =	4,13	m	= 8.1*s
→ gewählt	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 43	$L_{LB,reg}$ =	3,00	m	
		$L_{LB,reg}$ >= $L_{LB,min}$	OK		
Beckenbreite, regulär	gem. Kap. 8.2.4.2, Gl. 8.9	$b_{reg,rechnerisch}$ =	2,25	m	= 3/4 $L_{LB,reg}$
→ gewählt		b_{reg} =	2,35	m	
lichte Beckenlänge, Wendebecken (WB)	gem. Kap. 8.2.2.2, Bild 247	$L_{LB,WB}$ =	5,10	m	=2*b_{reg}+d_{LW}
Beckenbreite, Wendebecken		b_{WB} =	3,00	m	= $L_{LB,reg}$
Freier Überstand Leitwand	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 44	c-d =	0,77	m	= 1.5*s
Versatzmaß	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 44	a =	0,26	m	= 0.5*s
Breite des Umlenkblocks	gem. Kap. 8.2.4.2, Tab. 44	b_U =	0,51	m	= 1.0*s
Wanddicke Leitwand		d =	0,30	m	
Wanddicke Längswände		d_{LW} =	0,40	m	
Leitelement Länge, Wendebecken	gem. Kap. 8.2.2.2, Bild 247	2*s =	1,02	m	
Länge Wandeinschnitt im Wendebecken	gem. Kap. 8.2.2.2, Bild 247	1/4*$L_{LB,reg}$ =	0,75	m	
Substratschicht im Schlitzpass	gem. Kap. 4.6.6	d_{Subs} =	0,30	m	
Hydraulische Bemessung					
OW: Ausstieg FAA W30		$H_{OW,W30}$ =	367,35	müNN	
OW: Ausstieg FAA W330		$H_{OW,W330}$ =	367,35	müNN	
UW: Einstieg FAA W30		$H_{UW,W30}$ =	358,78	müNN	
UW: Einstieg FAA W330		$H_{UW,W330}$ =	359,94	müNN	
OW-Sohle		$H_{OW,Sohle}$ =		müNN	
UW-Sohle		$H_{UW,Sohle}$ =		müNN	
Abflüsse	Betriebsabfluss FAA	Q_{FAA} =	0,55	m^3/s	
		Q_{30} =	94,40	m^3/s	
		Q_{330} =	253,00	m^3/s	
		MHQ =		m^3/s	
Wasserspiegeldifferenz gesamt W_{30}		$h_{ges,W30}$ =	8,57	m	= $H_{OW,W30}$ - $H_{UW,W30}$
Wasserspiegeldifferenz gesamt W_{330}		$h_{ges,W330}$ =	7,41	m	= $H_{OW,W330}$ - $H_{UW,W330}$
Wasserspiegeldifferenz OW_{W330} - UW_{W30}		$h_{ges,max}$ =	8,57	m	= $H_{OW,W330}$ - $H_{UW,W30}$
→ Bezugswasserstand W_{30}					
Wasserspiegeldifferenz pro Becken, max.	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.4	Δh_{max} =	0,130	m	= v_{max}^2/2g
Wasserspiegeldifferenz pro Becken, bem.		Δh_{bem} =	0,118	m	= v_{bem}^2/2g
→ tatsächliche Wasserspiegeldifferenz		Δh =	0,110	m	= $h_{ges,W30}$/(n+1)
		$\Delta h < \Delta h_{max}$	OK		
Beckenanzahl	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.2	$n_{rechnerisch}$ =	71,78	-	= $h_{ges,W30}/\Delta h_{bem}$-1
→ gewählt		n =	77	-	
Riegelanzahl		n_{Riegel} =	78	-	= n+1
Achsenlänge Beckenpass		L_{ges} =	259,90	m	= (n-2)*$L_{LB,reg}$+2*(b_{reg}+d_{LW}+b_{WB})+n_{Riegel}*d
Wassertiefen unterhalb Schlitz	**Fall ÜBERSTAU**	$h_{u,W30}$ =	1,02	m	= $h_{eff,min}$ + 2*Δh (weil nur jedes zweite Ausstiegs-Becken mit Schütz)
Wassertiefen oberhalb Schlitz		$h_{o,W30}$ =	1,13	m	= $h_{u,W30}$ + Δh
	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.12	$h_u > 0.67h_o$	OK		
	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.13	$h_o > 3\Delta h$	OK		
mittlere Beckenwassertiefe		$h_{m,W30}$ =	1,07	m	= ($h_{o,W30}$+$h_{u,W30}$)/2
Sohlhöhe am Einlauf SOLL (Anrampung, Substratoberkante!)	vgl. Kap. 8.2.4.3, S. 244	$H_{Sohle,Einlauf}$ =	366,22	müNN	= $H_{OW,W30}$-$h_{o,W30}$
Sohlhöhe am Auslauf (Substratoberkante!)		$H_{Sohle,Auslauf}$ =	357,76	müNN	= $H_{UW,W30}$-$h_{u,W30}$
Sohlhöhendifferenz innerhalb eines Beckens (auch Wendebecken!), Riegel zu Riegel [m]		$\Delta h_{Sohle,Becken}$ =	0,110	m	= ($H_{Sohle,Einlauf}$ - $H_{Sohle,Auslauf}$) / n_{Rie}
Fließgeschwindigkeit		$v_{max,Becken,W30}$ =	1,47	m/s	= (2g*Δh)^0.5
		$v_{max,Becken,W30} < v_{max}$	OK		
mittlere Fließgeschwindigkeit im regulären Becken		$v_{m,Becken,reg,W30}$ =	0,278	m/s	= Q_{W30}/($h_{m,W30}$*b_{reg})
mittlere Fließgeschwindigkeit im Wendebecken		$v_{m,Becken,WB,W30}$ =	0,217	m/s	= Q_{W30}/($h_{m,W30}$*b_{WB})
Überfallbeiwert	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.15a	$\mu_{v,W30}$ =	0,366	-	= 0.59*((1-($h_{u,W30}$/$h_{o,W30}$)^4.5)^0.48)
Abfluss (Krüger et al.)	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.14	Q_{W30} =	0,701	m^3/s	= $\mu_{v,W30}$*s*(g^0.5)*($h_{o,W30}$^1.5)
		$Q_{W30} > Q_{FAA}$	OK		
Leistungsdichte, reguläre Becken	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.8	$p_{D,reg,W30}$ =	99,75	W/m^3	= (ρ*g*Q_{W30}*Δh)/($L_{LB,reg}$*$h_{m,W30}$*b_{reg})
		$p_{D,reg,W30} < p_{D,grenz}$	OK		
Leistungsdichte, Wendebecken	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.8	$p_{D,WB,W30}$ =	45,96	W/m^3	= (ρ*g*Q_{W30}*Δh)/($L_{LB,WB}$*$h_{m,W30}$*b_{WB})
		$p_{D,WB,W30} < p_{D,grenz}$	OK		

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 18: Grenzwerte für die mittlere Fließgeschwindigkeit v_m (m/s) im Wanderkorridor gerinneartiger Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbarer Bauwerke

Gesamtlänge	Fließgewässerregion: Obere Forellenregion	Untere Forellenregion	Äschenregion	Barbenregion	Brachsenregion	Kaulbarsch-Flunder-Region
< 5 m	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
5 m bis 10 m	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
>10 m bis 25 m	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

Tabelle 20: Grenzwerte für die minimale Fließgeschwindigkeit v_{min} (m/s) im Wanderkorridor

Grenzwert für v_{min} im Wanderkorridor	
Gewässer mit Großsalmoniden, z. B. Lachs, Meerforelle, Seeforelle, Huchen	0,3 m/s
alle anderen Gewässer	0,2 m/s

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

Fließgewässerregion	Spezifische Leistungsdichte, Grenzwerte für Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke: Beckenbauweise ohne Zander und Hecht	Beckenbauweise mit Zander oder Hecht	Störsteinbauweise
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 43: Geometrische Bemessungswerte für S_g = 1 für die Becken sowie die Schlitzweite bei Schlitzpässen (siehe Bild 257)

Fischarten	Beckenabmessungen (m): Länge L_{LB}	Breite b	Schlitz (m): Schlitzweite s	Wassertiefe h_u
Bachforelle	1,95[1)]	1,50	0,20	0,50[4)]
Äsche, Döbel, Plötze	2,45[3)]	1,85	0,30	0,70[5)]
Barbe, Zander, Meerforelle	2,45[3)]	1,85	0,30	0,70[5)]
Lachs, Huchen, Hecht	3,00[2)]	2,25	0,35	0,80[5)]
Brachsen, Karpfen	3,25[3)]	2,45	0,40	0,90[5)]
Stör	9,00[2)]	6,75	1,10	2,20[5)]

Maßgebliche Faktoren:
1) Energiedissipation
2) Fischlänge (l_{Fisch})
3) hydraulische Verhältnisse (Strahlausbreitung)
4) $h_u > h_{jF}$
5) hydraulische Verhältnisse (Strahlausbreitung); gerundeter Wert gemäß möglichem Wertebereich der Tabelle 44 in Verbindung mit 4.6.3 ($h_u > 2{,}5 \cdot h_{Fisch}$)

Tabelle 44: Abmessungen bei Schlitzpässen in Abhängigkeit von der Schlitzweite s (Quellen: nach Larinier 1992c, Katopodis 1992)

Abmessungen		Faktor x_i	empfohlener Faktor x_i
Schlitzbreite	$s = x_1 \cdot s$	1,0	1,0
Beckenlänge[1)]	$L_{LB} = x_2 \cdot s$	8,10 bis 8,35	8,1
Freier Überstand der Leitwand	$c - d = x_3 \cdot s$	1,0 bis 1,5	1,5
Versatzmaß	$a = x_4 \cdot s$	0,4 bis 0,8	0,5
Breite des Umlenkblocks	$b_U = x_5 \cdot s$	1,0 bis 1,5	1,0 bzw. > 25 cm
Abstand Leitwand – Schlitz	$g = x_6 \cdot s$	0,35 bis 0,60	0,45

Anmerkung
1) Sofern nicht die Fischlänge oder die Energiedissipation größere Werte erfordern.

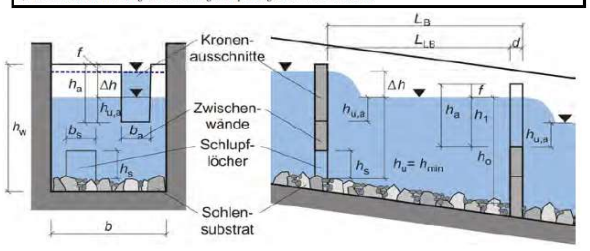

Bild 251: Bezeichnungen bei konventionellen Beckenpässen (Grafik: Krüger)

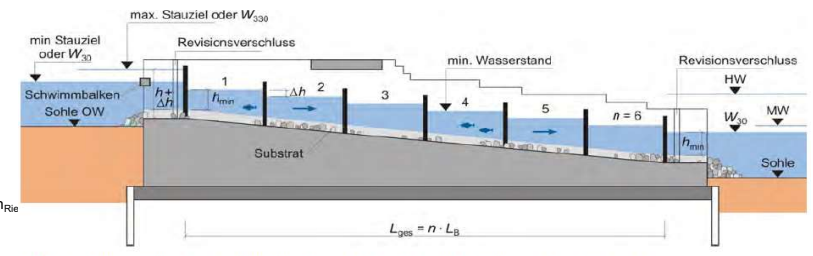

Bild 250: Schematischer Längsschnitt durch einen konventionellen Beckenpass (Grafik: Krüger)

15.06.2023

Kennwerte Fischregion	DWA-M509	Zeichen	Wert	Einheit	Formel
→ Bezugswasserstand W330					
Wassertiefen unterhalb Schlitz		$h_{u,W330}$ =	1,02	m	= $h_{u,W30}$+($H_{OW,W330}$-$H_{OW,W30}$)
Wassertiefen oberhalb Schlitz		$h_{o,W330}$ =	1,13	m	= $h_{u,W330}$+Δh
	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.12	$h_u > 0.67h_o$	OK		
	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.13	$h_o > 3\Delta h$	OK		
mittlere Beckenwassertiefe		$h_{m,W330}$ =	1,07	m	= ($h_{o,W330}$+$h_{u,W330}$)/2
Fließgeschwindigkeit		$v_{max,Becken,W330}$ =	1,47	m/s	= (2g*Δh)^0.5 = (2g*($h_{o,W330}$ - $h_{u,W330}$))^0.5
		$v_{max,Becken,W330} < v_{max}$	OK		
mittlere Fließgeschwindigkeit im regulären Becken		$v_{m,Becken,reg,W330}$ =	0,278	m/s	= Q_{W330}/($h_{m,W330}$*b_{reg})
mittlere Fließgeschwindigkeit im Wendebecken		$v_{m,Becken,WB,W330}$ =	0,217	m/s	= Q_{W330}/($h_{m,W330}$*b_{WB})
Überfallbeiwert	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.15a	$\mu_{v,W330}$ =	0,366	-	= 0.59*((1-($h_{u,W330}$/$h_{o,W330}$)^4.5)^0.48)
Abfluss (Krüger et al.)	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.14	Q_{W330} =	0,701	m^3/s	= $\mu_{v,W330}$*s*(g^0.5)*($h_{o,W330}$^1.5)
		$Q_{W330} > Q_{FAA}$	OK		
Leistungsdichte, reguläre Becken	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.8	$p_{D,reg,W30}$ =	99,75	W/m^3	= (ρ*g*Q_{W330}*Δh)/($L_{LB,reg}$*$h_{m,W330}$*b_{reg})
		$p_{D,reg,W30} < p_{D,grenz}$	OK		
Leistungsdichte, Wendebecken	gem. Kap. 8.2.4.3, Gl. 8.8	$p_{D,WB,W30}$ =	45,96	W/m^3	= (ρ*g*Q_{W330}*Δh)/($L_{LB,WB}$*$h_{m,W330}$*b_{WB})
		$p_{D,WB,W30} < p_{D,grenz}$	OK		

ZUSAMMENFASSUNG SCHLITZPASS		Abmessungen
Wasserspiegeldifferenz gesamt (W_{30} und W_{330}) [m]	hges,W30 =	8,57
Wasserspiegeldifferenz pro Becken [m]	Δh =	0,11
Wassertiefen unterhalb Schlitz, W_{30} [m]	hu,W30 =	**1,02**
Wassertiefen oberhalb Schlitz, W_{30} [m]	ho,W30 =	**1,13**
Mittlere Wassertiefe im Becken, W_{30} [m]	hm,W30 =	**1,07**
Wassertiefen unterhalb Schlitz, W_{330} [m]	hu,W330 =	**1,02**
Wassertiefen oberhalb Schlitz, W_{330} [m]	ho,W330 =	**1,13**
Mittlere Wassertiefe im Becken, W_{330} [m]	hm,W330 =	**1,07**
Abfluss, W_{30} [m³/s]	QW30 =	**0,70**
Abfluss, W_{330} [m³/s]	QW330 =	**0,70**
Sohlhöhe am Einlauf (Anrampung, Substratoberkante!) [müNN]	HSohle,Einlauf =	366,22
Sohlhöhe am Auslauf (Substratoberkante!) [müNN]	HSohle,Auslauf =	357,76
Sohlhöhendifferenz innerhalb eines Beckens (auch Wendebecken!), Riegel zu Riegel [m] *	ΔhSohle,Becken =	0,11
Substratschicht im Schlitzpass **	d_{Subs} =	0,30
Achsenlänge Beckenpass [m]	Lges =	259,90
Beckenanzahl [Stk]	n =	77
Riegelanzahl [Stk]	nRiegel =	78
Schlitzbreite, gewählt [m] ***	s =	0,51
lichte Beckenlänge, regulär [m]	LLB,reg =	3,00
Beckenbreite, regulär [m]	breg =	2,35
lichte Beckenlänge, Wendebecken [m]	LLB,WB =	5,10
Beckenbreite, Wendebecken [m]	bWB =	3,00
Freier Überstand Leitwand [m]	c-d =	0,77
Versatzmaß [m]	a =	0,26
Breite des Umlenkblocks [m]	bU =	0,51
Wanddicke [m]	d =	0,30
Leitelement Länge, Wendebecken [m]	2*s =	1,02
Länge Wandeinschnitt im Wendebecken [m]	1/4*LLB,reg =	0,75

* Um die angesetzten Wasserspiegeldifferenzen einzuhalten, muss das Längsgefälle in den Wendebecken entsprechend reduziert werden (größere Abmessungen). Die Sohlhöhen an den Riegeln müssen dementsprechend eingehalten werden.
Die geringere Fließgeschwindigkeit in den WBs ist vernachlässigbar (vgl Anmerkung zur "mittlere Fließgeschwindigkeit im Wendebecken")

** Angaben zur Korngrößenverteilung des Substrats etc. siehe DWA-M509, Kap. 4.6.6

*** Durch Ausrundungen an den Schlitzen verändert sich die Schlitzweite s. Dies muss in der Ausführungsplanung berücksichtigt werden. s muss eingehalten werden, da dies ein entscheidender Wert für die Bemessung ist.