

**Landkreis Altenkirchen
Mainzer Erneuerbare Energien GmbH**

**HERSTELLUNG DES GUTEN ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDES
AN DER WKA SCHEUERFELD**

Projekt 55118.003

Hydraulischer Nachweis Fischaufstieg als Schlitzpass (Vertical-Slot-Pass)

Fließgewässerregion: Barbenregion

Leitfisch: Lachs

Bemessungsabfluss: 0,60 m³/s

Der Schlitzpass ist eine Variante des Beckenpasses, bei der die Zwischenwände durch über die gesamte Höhe reichende, vertikale Schlitzze gekennzeichnet sind. Die Schlitzze liegen durchgehend auf einer Seite.

Die erforderlichen Beckenabmessungen werden in hydraulischer Hinsicht insbesondere durch die Schlitzweite und die Anzahl der Schlitzze, sowie die damit in Zusammenhang stehenden Abflüsse bestimmt. Um die Passierbarkeit sicher zu stellen dürfen die maximalen Fließgeschwindigkeiten die für die jeweilige Fischregion geltenden Grenzwerte nicht überschreiten. Entscheidend für die Höhe der maximalen Fließgeschwindigkeiten ist die Wasserspiegeldifferenz zwischen den einzelnen Becken. Neben der Schlitzweite s als bestimmende Kerngröße, sind vor allem die Beckenlänge und die Leistungsdichte für Dimensionierung von großer Bedeutung. Die Wahl der Beckenlänge bestimmt zudem das Gefälle der Fischaufstiegsanlage.

Bemessungsabflussmenge für den Fischaufstieg

$$Q = 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

Länge des Fischaufstieges

$$l_{\text{ges}} = 64,00 \text{ m (effektive Länge)}$$

Wasserspiegel im Oberwasser

$$W_{\text{sp, o}} = 173,60 \text{ mü NN}$$

Wasserspiegel im Unterwasser (Sohlen Morphologisch bedingt)

$$W_{\text{sp, u}} = 170,87 \text{ mü NN (Bemessungswasserspiegel bei } Q_{\text{Bem}} \text{ ca. } 1,60 \text{ m}^3/\text{s})$$

Der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser beträgt

$$h_{\text{ges}} = 173,60 - 170,87 = 2,73 \text{ m}$$

Gewählt wird eine Wasserspiegeldifferenz zwischen den Ruhebecken von

$$\Delta h_{\text{Wsp}} = 0,13 \text{ m}$$

Die erforderliche Anzahl der Becken n resultiert aus der Gleichung

$$n = (h_{\text{ges}} / \Delta h_{\text{Wsp}}) - 1 = 2,73 / 0,13 - 1 = 20 \text{ Becken} \Rightarrow 21 \text{ Abstürze}$$

Beckenlänge L_B

$$L_B = l_{\text{ges}} / n = 64,00 / 20 = 3,20 \text{ m (18 Becken)}$$

Länge des Fischaufstieges konstruktiv inkl. Vor- und Nachkammer und größere Beckenlänge im

Becken $6 L_B = 7,61 \text{ m}$ und Becken $14 L_B = 5,44 \text{ m}$

$$l_{\text{ges}} = 80,00 \text{ m} \quad \text{Vorkammer} = 4,61 \text{ m} \quad \text{und Nachkammer} = 7,95 \text{ m}$$

Gefälle des Fischaufstieges

$$J = h_{\text{ges}} / l_{\text{ges}} = 2,73 / 64 = 4,3 \% \Rightarrow 1 : 23,3 \text{ (rechnerisch)}$$

Gestaltung der Sohle

Die Sohle des Fischaufstieges wird durchgehend mit einer mindestens 0,30 m dicken Substratschicht bedeckt sein, welche ein ausgeprägtes Lückensystem bildet. Dorthin ziehen sich Klein- bzw. Jungfische sowie insbesondere bentale Wirbellose zurück, um im Schutz des Interstitials stromauf zu wandern. Aus wasserbaulicher Sicht ist die Verwendung mindestens zweier Kornfraktionen für einen erosionsfesten Aufbau des Sohlensubstrats notwendig, wobei in einem ersten Arbeitsschritt größere Steine als Stützmaterial mit einem lichten Abstand von ca. 0,50m zueinander eingebracht und anschließend die Freiräume mit kleinem Füllmaterial verfüllt werden. Die Steinspitzen des Stützmaterials werden zwischen 5 cm und 10 cm über das Füllmaterial hinaus ragen.

Stützmaterial:

Wasserbausteine, Steingröße: 30 - 45 cm, ca. 4 - 5 St/m² (WBS LMB60/300)

Füllmaterial:

Wasserbausteine, Steingröße: 5 - 15 cm, (WBS CP45/125)

Um bei niedrigen Oberwasserständen in allen Becken gleiche Strömungsverhältnisse zu erhalten, wird die minimale Wassertiefe im Fischpass ermittelt. Die minimale Energiehöhe, die in der Einengung für das Abführen des Abflusses Q erforderlich ist, beträgt

$$h_{E, \text{min}} = h_O = \frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot s^2}}$$

Für den Bemessungsabfluss wird eine Öffnungsbreite eingesetzt, sodass im Fischpass der Mindestwasserstand einsetzt.

$$s = 0,45 \text{ m ergibt sich eine } h_{E,\min} = 0,95 \text{ m}$$

Aus dem Vergleich der Energiehöhen in der Engstelle und im Oberwasser

$$h_{E,O} = h_O + \frac{v_o^2}{2g} = h_{E,\min} + h_V$$

ergibt sich die auf die Grenzfließtiefe bezogene Verlusthöhe

$$h_V = \xi \frac{v_{gr}^2}{2g} = \frac{\xi}{3} h_{E,\min}$$

Die Energiehöhe im Oberwasser vor der Einengung:

$$h_{E,O} = (1 + \zeta/3) \times h_{E,\min} = 1,11 \text{ m}$$

Daraus resultiert $h_O = h_{E,\min}$

$$h_O = 0,95 \text{ m}$$

Für die gewählte Wasserspiegeldifferenz zwischen den Ruhebecken von

$$\Delta h_{Wsp} = 0,13 \text{ m}$$

ergibt sich die gewünschte Mindestwassertiefe $h_U = h_O - \Delta h_{Wsp}$ von

$$h_U = 0,82 \text{ m}$$

Mit den berechneten Werten wird die Abflussmenge durch den Fischpass geprüft

$$Q = \mu_v \cdot s \cdot \sqrt{g} \cdot h_o^{\frac{3}{2}} \quad \mu_v = 0,59 * \left(1 - \left(\frac{h_u}{h_o} \right)^{4,5} \right)^{0,48} = 0,42$$

$$\mu = 0,46 [f(h_U/h_O)] \quad 10\% \text{ Erhöhung wegen ausgerundeten Schlitzkannten}$$

$$Q_{Ber} = 0,60 \text{ m}^3/\text{s} \sim \text{Bemessungsabfluss } Q_{Bem} = 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bei niedrigen Oberwasserständen treten an jeder Durchflussöffnung die gleichen Wasserspiegeldifferenzen und Wassertiefen auf. Die maximale Fließgeschwindigkeit in den Durchlassöffnungen beträgt dann

$$v_{\max} = (2g \times \Delta h)^{1/2} = (2 \times 9,81 \times 0,13)^{1/2} = 1,60 \text{ m/s}$$

Die Beckengröße und die Wassertiefe sollte eine turbulenzarme Beckenströmung gewährleisten, so dass die aufsteigenden Fische genügend Unterstände und Ruhemöglichkeiten finden. Die Leistungsdichte bei der Energiedissipation wird nach folgender Formel berechnet:

$$E = \frac{\varphi \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{b \cdot h_m \cdot L_{LB}}$$

Die Turbulenzverhältnisse in den Becken werden anhand der Leistungsdichte bei der Energiedissipation untersucht.

mit h_m mittlere Wassertiefe in den Becken
 b mittlere Beckenbreite
 l_w lichte Beckenlänge, $l_w \sim l_B - d$
 d_s Trennwanddicke

$$h_m = h_u + \Delta h / 2 = 0,89 \text{ m}$$

Gewählt wird eine Beckenbreite von:

$$b = 2,35 \text{ m}$$

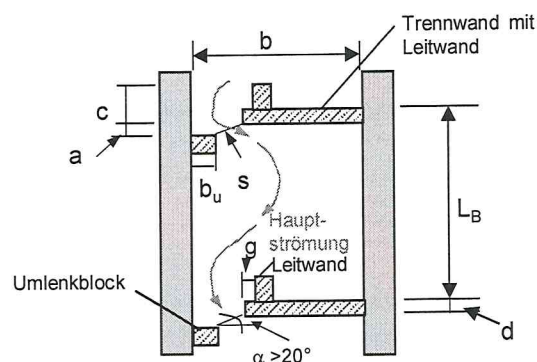
Lichte Becken

$$L_{LB} \quad 3,20 - 0,10 = 3,10 \text{ m}$$

$$E = 118,70 \text{ W / m}^3$$

Lediglich die mittleren Fließgeschwindigkeiten in den Becken betragen:

$$v_{Bm} = Q / A = Q / b_{\text{Sohle}} \cdot h_m = 0,29 \text{ m/s}$$



Abmessungen			Grenzwerte DWA-M 509
Bemessungsabfluss	$Q = 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$		
Schlitzweite	$s = 0,45 \text{ m}$		$> 0,30 \text{ m}$
Beckenbreite	$b = 2,35 \text{ m}$		$> 2,25 \text{ m}$ $\approx 0,75 \cdot L_{LB}$
Lichte Beckenlänge	$L_{LB} = 3,10 \text{ m}$		$> 2,40 \text{ m}$
Anzahl der Becken	$n = 20$		
Gesamtlänge	$l_{ges} = 64,0 \text{ m}$		
Trennwanddicke	$d = 0,10 \text{ m}$		
Freier Überstand der Leitwand	$c - d = 0,50 \text{ m}$		$0,45 \leq c - d \leq 0,70$
Länge des Vorsatzes	$c = 0,60 \text{ m}$		
Versatzmaß	$a = 0,25 \text{ m}$		$0,2 \leq a \leq 0,35$
Breite des Umlenkblockes	$b_u = 0,45 \text{ m}$		$0,45 \leq b_u \leq 0,7$
Abstand Leitwand - Schlitz	$g = 0,20 \text{ m}$		$0,15 \leq g \leq 1,4$
Becken- Wasserspiegeldifferenz	$\Delta h_{Wsp} = 0,13 \text{ m}$		
min. Wassertiefe	$h_{min} = h_U = 0,82 \text{ m}$		$> 0,42 \text{ m}$
mittl. Wassertiefe	$h_{min} = h_U = 0,89 \text{ m}$		
max. Wassertiefe	$h_{max} = h_O = 0,95 \text{ m}$		
Leistungsdichte	$E = 119 \text{ W} / \text{m}^3$		$< 150 \text{ W} / \text{m}^3$
Maximale Fließgeschwindigkeit	$v_{max} = 1,60 \text{ m} / \text{s}$		$< 1,71 \text{ m} / \text{s}$ mit S_v

 * Hochwasseranalyse - Programm: K A L I N I N Version: 4.01 I H W Universitaet Karlsruhe (TH)
 * Datensatz: Profil: 100 WKA Scheuerfeld WSP Auslauf FA Berechnet am: 11. AUG 202 um: 15:03:21

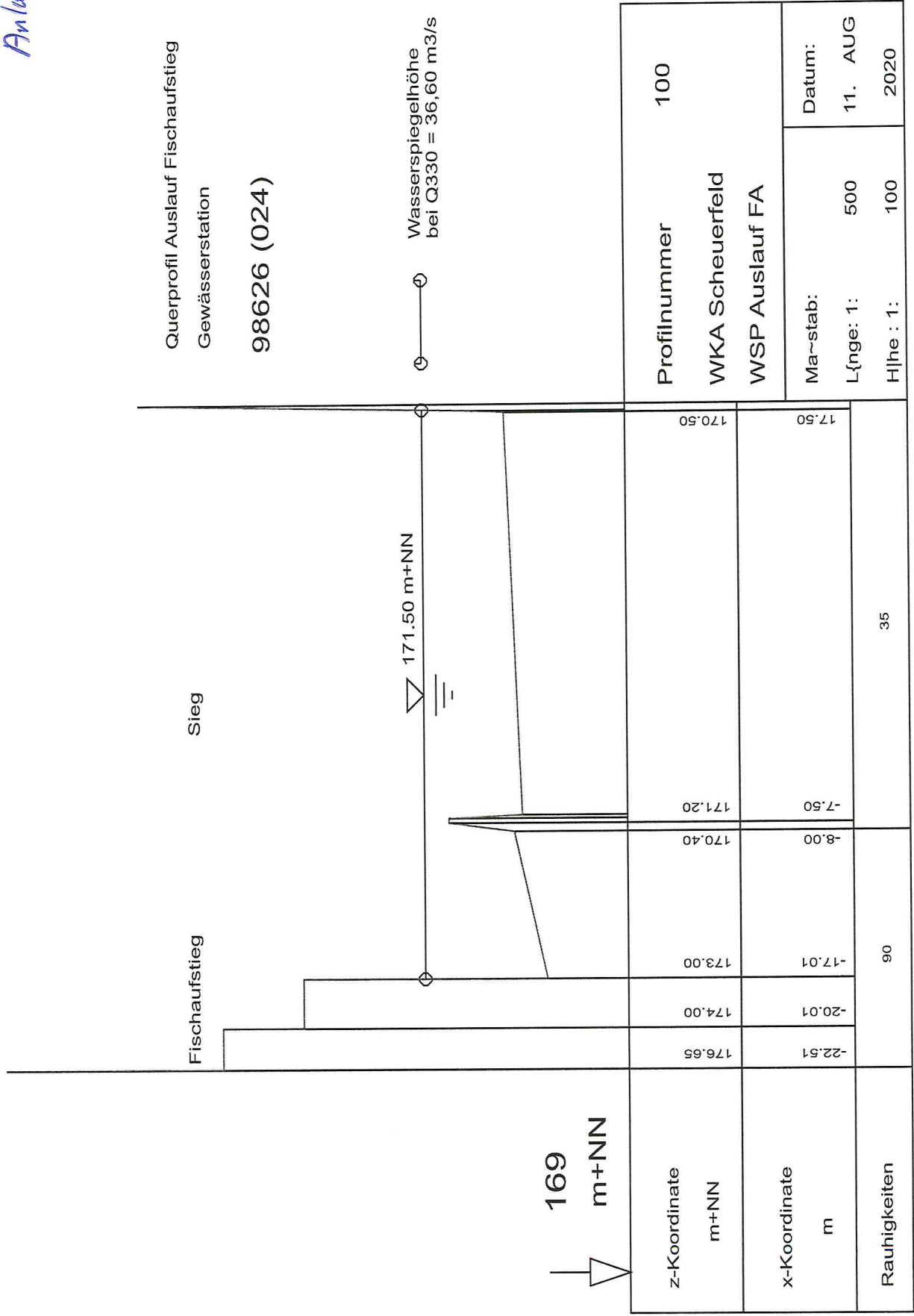
Profil: Nummer 100 WKA Scheuerfeld WSP Auslauf FA

I	H(I)	A(I)	AV(I)	U'(I)	R'(I)	Q(I)	LC(I)	V(I)
1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	.080	.072	.072	.002	32.673	.016	80.000	.072
3	.160	.288	.288	.004	65.347	.104	109.909	.288
4	.240	.648	.648	.007	98.020	.308	162.121	.648
5	.320	1.177	1.177	.009	126.881	.664	218.348	1.177
6	.400	2.414	2.414	.021	113.849	1.268	256.140	2.414
7	.480	4.510	4.510	.040	112.780	2.354	266.730	4.510
8	.560	7.176	7.176	.059	120.697	3.919	320.718	7.176
9	.640	9.874	9.874	.072	137.159	5.872	401.090	9.874
10	.720	12.579	12.579	.081	155.544	8.135	495.216	12.579
11	.800	15.290	15.290	.088	174.414	10.673	592.827	15.290
12	.880	18.009	18.009	.093	193.261	13.461	692.575	18.009
13	.960	20.734	20.734	.098	211.883	16.478	793.782	20.734
14	1.040	23.466	23.466	.102	230.187	19.708	896.268	23.466
15	1.120	26.203	26.203	.106	248.134	23.136	999.673	26.203
16	1.200	28.947	28.947	.109	265.712	26.752	1103.801	28.947
17	1.280	31.718	31.718	.145	219.244	25.787	.000	31.718
18	1.360	34.489	34.489	.145	237.611	29.586	1166.246	34.489
19	1.440	37.262	37.262	.146	255.861	33.580	1265.054	37.262
20	1.520	40.035	40.035	.146	273.995	37.764	1364.094	40.035
21	1.600	42.808	42.808	.147	292.014	42.132	1463.364	42.808
22	1.680	45.582	45.582	.147	309.920	46.678	1562.860	45.582
23	1.760	48.357	48.357	.148	327.712	51.397	1662.578	48.357
24	1.840	51.133	51.133	.148	345.394	56.285	1762.517	51.133
25	1.920	53.909	53.909	.149	362.965	61.337	1862.672	53.909
26	2.000	56.686	56.686	.149	380.427	66.549	1963.055	56.686

Gefaele IE : .0005 [-]
 max. Wasserstand HM : 2.000 [m]
 Profil 98626 (024)

Abflußschwellenwert QS1 : 36.701 [cbm/s] bei ca. 1,50 m

Ergebnisse fuer die Abschnitte:
 bis Hoehe H : 1.500 1.800 2.000 2.000



A_{E0} : 756 km²

PNP : NN + 176.56 m

Lage: 98.5 km oberhalb der Mündung, rechts

m³/s

Pegel : Betzdorf

Gewässer: Sieg

Gebiet : Sieg

Nr. 27200500

	Tag	2017		2018												
		Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Tageswerte	1.	8.21	38.2	60.2	39.2	5.11	19.6	5.01	7.94	1.17	1.17	1.21	1.21	2.06	2.06	
	2.	7.68	29.1	92.3	38.1	5.12	20.6	4.51	6.08	1.12	1.25	1.20	1.63	1.74	5.30	
	3.	7.50	23.7	142	35.8	5.06	25.0	4.92	4.11	1.12	1.37	1.20	1.89	1.60	24.3	
	4.	6.78	24.4	156	30.7	5.11	25.2	4.06	2.81	1.10	1.29	1.22	1.34	1.56	17.4	
	5.	13.4	31.4	106	26.3	5.62	25.1	3.74	2.19	1.70	1.28	1.58	1.39	1.48	9.89	
	6.	12.5	32.5	71.2	23.0	6.14	22.0	3.49	1.99	3.41	1.26	2.49	1.23	1.60	8.08	
	7.	10.4	32.7	49.8	20.7	7.32	19.8	3.35	1.85	1.46	1.28	3.01	1.20	1.51	8.25	
	8.	10.2	44.2	37.2	17.6	11.2	17.7	3.17	2.67	1.30	1.61	1.45	1.20	1.54	19.7	
	9.	9.65	37.0	29.8	15.1	17.3	15.8	3.07	3.74	1.10	2.38	1.21	1.39	1.52	59.1	
	10.	10.2	34.7	25.5	13.7	17.3	15.8	4.11	18.5	1.24	3.23	1.20	1.47	1.60	50.6	
	11.	11.5	45.4	21.6	13.6	16.1	29.5	4.49	6.35	3.60	1.36	1.20	1.43	2.14	37.3	
	12.	11.3	57.9	18.0	13.1	16.6	21.0	2.89	4.66	4.28	1.21	1.22	1.43	8.09	27.3	
	13.	14.2	60.7	14.2	11.0	24.3	19.7	3.29	3.50	1.84	1.89	1.20	1.44	4.53	20.6	
	14.	12.7	87.5	13.0	9.80	27.4	18.3	7.48	2.87	1.40	3.02	1.21	1.44	2.83	16.0	
	15.	12.6	85.8	12.4	9.41	27.1	18.2	3.51	2.88	1.29	1.61	1.20	1.43	2.39	12.4	
	16.	12.4	63.5	28.7	10.3	32.5	15.4	3.94	2.42	1.20	1.39	1.22	1.44	2.06	10.2	
	17.	12.2	47.9	28.3	9.11	29.8	13.4	3.17	2.56	1.94	1.28	1.22	1.43	1.82	10.1	
	18.	10.9	37.5	40.0	8.06	27.0	11.9	2.82	2.09	1.25	1.21	1.23	1.43	1.78	9.14	
	19.	14.9	31.4	54.9	7.67	24.1	10.7	2.68	1.94	1.14	1.23	1.42	1.43	1.80	7.81	
	20.	15.8	39.0	52.8	7.47	20.5	10.1	2.43	1.86	1.10	1.21	1.23	1.43	1.64	8.14	
	21.	34.5	46.4	44.8	7.15	17.2	9.43	2.19	1.74	1.39	1.22	1.22	1.43	1.79	22.8	
	22.	44.7	58.3	37.9	6.79	16.1	8.55	4.89	1.57	1.24	1.24	1.29	1.43	1.57	39.4	
	23.	39.4	60.0	36.3	6.38	16.2	8.24	6.68	1.58	1.10	1.24	1.24	1.43	1.56	42.4	
	24.	35.9	53.4	40.0	5.86	14.3	7.59	4.16	1.53	1.09	1.22	1.22	1.43	1.83	59.9	
	25.	29.6	43.9	52.8	5.51	12.5	7.44	3.40	1.50	1.04	1.33	2.17	1.94	2.74	45.3	
	26.	27.0	38.1	53.7	5.30	11.1	7.10	2.71	1.46	1.06	1.55	1.69	1.73	1.87	33.4	
	27.	34.3	31.9	44.0	5.12	10.2	6.25	2.54	1.46	1.06	1.20	1.53	1.56	1.66	25.1	
	28.	68.8	28.1	38.0	5.12	15.8	5.70	4.00	1.34	1.28	1.20	1.39	1.50	1.78	19.4	
	29.	68.1	23.1	32.0		19.0	5.41	2.55	1.15	1.93	1.22	1.24	1.43	2.02	15.8	
	30.	50.3	27.2	29.2		16.7	5.32	2.67	1.21	1.14	1.44	1.37	1.64	1.92	14.3	
	31.		45.0	29.9		17.5			12.1		1.08	1.25	4.56		13.3	
Hauptwerte	Tag	4.	29.	15.	27.+	3.	30.	21.	29.	25.	1.	2.+	7.+	5.	1.	
	NQ	6.78	23.1	12.4	5.12	5.06	5.32	2.19	1.15	1.04	1.17	1.20	1.20	1.48	2.06	
	MQ	21.9	43.2	48.1	14.5	16.0	14.9	4.00	3.25	1.52	1.47	1.86	1.58	2.13	22.4	
	HQ	76.4	93.6	174	47.1	35.5	45.7	56.1	37.3	9.50	6.50	26.9	6.80	13.9	73.3	
	Tag	28.	14.+	4.	1.	16.	11.	31.	10.	5.	9.	23.	31.	12.	24.	
	h _N	mm														
	h _A	mm	75	153	170	46	57	51	14	11	5	5	6	7	79	
	1951/2017		1952/2018													
			67 Jahre													
	Jahr	1951 +	1953	1964	1954	1963	1957	1953	1952	1952	1983	1953	1959	1953	1953	
	NQ	1.37	1.01	1.75	1.37	2.05	2.35	1.01	1.01	1.01	0.630	0.830	0.911	1.37	1.01	
	MNQ	5.19	8.23	8.87	8.71	7.89	6.28	3.88	2.93	2.96	2.67	2.82	3.48	5.19	8.06	
	MQ	17.1	27.8	28.9	25.0	23.0	15.1	9.16	7.26	7.63	7.02	7.27	10.4	16.8	27.8	
	MHQ	65.7	103	111	90.6	82.3	40.1	29.6	28.7	28.4	31.1	29.3	39.9	64.2	103	
	HQ	191	328	283	508	294	147	174	124	130	231	180	293	191	328	
	Jahr	2010	1986	2005	1984	1981	1986	2006	1968	1980	2007	1957	1998	2010	1986	
	1951/2017		1952/2018													
			67 Jahre													
	Mh _N	mm														
	Mh _A	mm	59	99	102	80	81	52	32	25	27	25	25	37	58	
	Dauertabelle	Abflussjahr (*)				Kalenderjahr				Unter		Unterschnittene Abflüsse m³/s				
		2018				2018				schreitungs		Abfluss-				
		Jahr				Jahr				dauer		jahr (*)				
		Datum				Datum				in Tagen		Kalender				
		Winter				Sommer						1952/2018				
												67 Kalenderjahre				
												Obere				
										Hüllwerte						
										Mittlere						
										Werte						
										Untere						
										Hüllwerte						
NQ		m³/s	1.04	am 25.07.2018	5.06	1.04	1.04	am 25.07.2018	(365)		156	156	273	152	51.6	
MQ		m³/s	14.4	am 04.01.2018	26.7	2.28	11.0	am 04.01.2018	364		142	142	246	128	48.5	
HQ		m³/s	174	am 04.01.2018 bei W= 279 cm	174	56.1	174	bei W= 279 cm	362		106	106	219	112	46.5	
Nq		l/(s km²)	1.38		6.69	1.38	1.38		361		92.3	92.3	199	104	46.4	
Mq		l/(s km²)	19.1		35.4	3.01	14.6		360		87.5	71.2	194	93.5	37.2	
Hq		l/(s km²)	230		230	74.2	230		359		85.8	60.2	191	87.5	36.8	
h _N		mm							358		71.2	59.9	176	83.0	35.5	
h _A		mm	601		553	48	459		357		68.8	59.1	155	78.0	30.4	
1952/2018 (*) 67 Jahre				1952/2018				356		68.1	54.9	155	74.1	29.3		
								350		57.9	45.3	115	58.3	23.1		
								340		45.4	37.9	80.6	44.4	19.6		
								330		39.2	29.9	61.3	36.6	16.7		
								320		36.3	26.3	53.7	31.2	13.0		
								300		29.1	19.7	41.5	24.1	7.76		
								270		18.5	13.7	32.0	17.1	5.31		
								240		13.0	8.14	27.1	13.0	4.22		
								210		8.24	5.30	24.1	10.3	2.49		
								183		5.41	3.41	21.3	8.31	2.05		
								150		3.23	2.09	17.8	6.49	1.75		
								130		2.42	1.80	13.7	5.56	1.65		
								120		1.94	1.66	13.7	5.14	1.56		
								110		1.69	1.58	13.7	4.75	1.56		
								100		1.55	1.51	10.6	4.35	1.51		
								90		1.45	1.45	10.0	3.99	1.45		
								80		1.44	1.44	7.42	3.65	1.44		
								70		1.39	1.39	6.78	3.29	1.39		
								60		1.29	1.29	6.52	2.95	1.29		
								50		1.25	1.25	6.13	2.70	1.25		
								40		1.23	1.23	5.94	2.42	1.18		
								30		1.22	1.22	5.78	2.13	1.11		
								25		1.21	1.21	5.64	2.02	1.11		
								20		1.21	1.21	5.39	1.86	1.11		
								15		1.20	1.20	5.14	1.69	1.04		
								10		1.14	1.14	4.81	1.52	1.04		
								9		1.12	1.12	4.76	1.49	1.04		
								8		1.12	1.12	4.74	1.44	1.03		
								7		1.12	1.12	4.69	1.40	0.970		
								6		1.12	1.12	4.63	1.38	0.970		
								5		1.10	1.10	4.55	1.37	0.970		
								4		1.09	1.09	4.48	1.29	0.910		
								3		1.08	1.08	4.45	1.21	0.901		
								2		1.08	1.08	4.32	1.14	0.858		
								1		1.06	1.06	4.28	1.05	0.820		
								0		1.04	1.04	4.19	0.630	0.630		
Extremwerte	Niedrigwasser				Hochwasser											
	m³/s				l/(s km²)				Datum				m³/s			
													l/(s km²)			
													cm			
													Datum			
	1	0.630	0.833	20.08.1983	508	672	510	07.02.1984								
	2	0.830	1.10	15.09.1953	328	434	405	30.12.1986								
	3	0.854	1.13	21.09.1959	294	389	382	10.03.1981								
	4	0.935	1.24	26.08.2003	293	388	376	28.10.1998								
	5	0.936	1.24	24.08.1995	283	374	368	21.01.2005								
6	1.34	24.08.1976	277	366	364	26.02.2002										
7	1.01	1.34	14.06.1952	268	354	357	31.12.2002									
8	1.02	1.35	02.09.1991	267	353	385	23.02.1970									
9	1.04	1.38	25.07.2018	265	350	361	20.01.1986									
10	1.06	1.40	15.08.1997	261	345	352	28.12.1984									

Landkreis Altenkirchen
Mainzer Erneuerbare Energien GmbH
**HERSTELLUNG DES GUTEN ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDES
AN DER WKA SCHEUERFELD**

Projekt 55118.003

Hydraulischer Nachweis Fischaufstieg als Schlitzpass (Vertical-Slot-Pass)
bei einem Abfluss von Q_{330} in der Sieg

Fließgewässerregion: Barbenregion
Leitfisch: Lachs

1. Wassertiefen am Ein- und Auslauf des Fischaufstieges

Es soll untersucht werden, welche Auswirkungen ein höherer Wasserstand sowohl im Ober- und Unterwasser bei einer Siegabfluss von $Q_{330} = 36,60 \text{ m}^3/\text{s}$ auf dem Fischaufstieg und auf der Leitströmung im Unterwasser hat.

Wasserspiegel im Oberwasser bei Q_{330} mit Wehrüberlauf beträgt

$$Wsp_{Wehr} = 173,60 \text{ mü NN}$$

$$Sohle_{,o} = 172,65 \text{ mü NN}$$

$$h_{Wsp,o} = 0,95 \text{ m}$$

Wasserspiegel im Unterwasser

$$Wsp_{,u} = 171,50 \text{ mü NN} \quad Q_{330} = 36,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Sohle_{,u} = 170,05 \text{ mü NN}$$

$$h_{Wsp,u} = 1,45 \text{ m}$$

Der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser beträgt in diesem Fall:

$$h_{ges} = 173,60 - 171,50 = 2,10 \text{ m}$$

Wasserspiegel im Unterwasser

$$Wsp_{,u} = 171,00 \text{ mü NN} \quad Q_{30} = 2,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Sohle_{,u} = 170,05 \text{ mü NN}$$

$$h_{Wsp,u} = 0,95 \text{ m}$$

Der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser beträgt in diesem Fall:

$$h_{\text{ges}} = 173,60 - 171,00 = 2,60 \text{ m}$$

Die Anzahl der Becken n (siehe Berechnung Dimensionierung Fischaufstieg)

$$n = 20 \text{ Becken} \Rightarrow 21 \text{ Schlitze}$$

Bei dieser Anzahl von Becken, ergibt sich eine rechnerische Wasserspiegeldifferenz von:

$$\Delta h = h_{\text{ges}} / n + 1 = 2,10 / 21 = 0,10 \text{ m}$$

Länge des Fischaufstieges

$$l_{\text{ges}} = 60,80 \text{ m (effektive Länge)}$$

Gefälle des Wasserspiegels Q330

$$J = h_{\text{ges}} / l_{\text{ges}} = 2,10 / 60,80 = 3,5 \% \Rightarrow 1 : 28,6 \text{ (rechnerisch)}$$

Gefälle des Fischaufstieges Q30

$$J = h_{\text{ges}} / l_{\text{ges}} = 2,60 / 60,80 = 4,3 \% \Rightarrow 1 : 23,3 \text{ (rechnerisch)}$$

Weil das Gefälle des Wasserspiegels bei Q₃₃₀ und Q₃₀ unterschiedlich ist, wird die Wasserspiegeldifferenz an den 21 Schwellen des Fischaufstieg unterschiedlich sein. Ebenfalls auch die Wassertiefe vor den Schwellen.

Schlitzweite (siehe Bemessungsberechnung)

$$s = 0,45 \text{ m}$$

Die Berechnung des Wasserspiegels erfolgt diesmal vom untere Becken 20 nach oben zu Becken 1

2. Berechnung des Wasserspiegels an der letzte Schwelle (21)

Die Wasserspiegeltiefe nach dem letzten Becken beträgt:

Wasserspiegel im Unterwasser

$$Wsp_{,u} = 171,50 \text{ mü NN} \quad \text{bei } Q_{330} = 36,60 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Sohle}_{,S21} = 170,05 \text{ mü NN}$$

$$h_{Wsp,u} = 1,45 \text{ m}$$

$$h_u = 1,45 \text{ m} \quad h_u > 0,67 \cdot h_o = 1,005 \text{ m}$$

Für die gewählte Wasserspiegeldifferenz zwischen den Ruhebecken von

$$\Delta h_{Wsp} = 0,05 \text{ m}$$

ergibt sich eine Oberwassertiefe von $h_o = h_u + \Delta h_{Wsp}$ von

$$h_o = 1,50 \text{ m}$$

Mit den berechneten Werten wird die Abflussmenge, die bei einem Abfluss Q_{330} in der Sieg, durch den Fischpass ermittelt

$$Q = \mu_v \cdot s \cdot \sqrt{g} \cdot h_o^{\frac{3}{2}}$$

μ_v für strömungsdissipierende Verhältnisse

$$\mu_v = 0,59 \cdot \left(1 - \left(\frac{h_u}{h_o}\right)^{4,5}\right)^{0,48} = 0,23 \quad h_u / h_o = 0,97$$

$$\mu = 0,23 [f(h_u/h_o)] \quad 5\% \text{ Erhöhung wegen ausgerundeten Schlitzkannten}$$

$$Q_{Ber} = 0,60 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Abflussmenge im Fischaufstieg bei } Q_{330} \text{ in der Sieg}$$

Bei einem Wasserstand im Unterwasser von: 171,50 m ü. NN beträgt die Wasserspiegeldifferenz an der letzte Schwelle nur 0,09m. Die Lockströmung soll nicht 1 m/s

unterschreiten. Bei dieser Schwelle beträgt die max Fließgeschwindigkeit:

$$v_{max} = (2g \times \Delta h)^{1/2} = (2 \times 9,81 \times 0,05)^{1/2} = 0,99 \text{ m/s} > \text{als } 1,00 \text{ m/s}$$

Die Beckengröße und die Wassertiefe sollte eine turbulenzarme Beckenströmung gewährleisten, so dass die aufsteigenden Fische genügend Unterstände und Ruhemöglichkeiten finden. Die Leistungsdichte bei der Energiedissipation wird nach folgender Formel berechnet:

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{b \cdot h_m \cdot L_{LB}}$$

Die Turbulenzverhältnisse in den Becken werden anhand der Leistungsdichte bei der Energiedissipation untersucht.

mit h_m mittlere Wassertiefe in den Becken

b mittlere Beckenbreite

L_{LB} lichte Beckenlänge, $L_{LB} \sim l_B - d$

d Trennwanddicke

$$h_m = h_u + \Delta h / 2 = 1,47 \text{ m}$$

Gewählt wird eine Beckenbreite von:

$$b = 2,35 \text{ m}$$

Lichte Becken

$$L_{LB} = 3,20 - 0,10 = 3,10 \text{ m}$$

$$E = 27,40 \text{ W / m}^3 < 250 \text{ W / m}^3$$

Lediglich die mittleren Fließgeschwindigkeiten in den Becken betragen:

$$v_{Bm} = Q / A = Q / b_{Sohle} \cdot h_m = 0,17 \text{ m/s}$$

Die geringe Leistungsdichte sichert eine relativ ruhige Strömung in den Becken mit ausreichenden Ruhezeiten für die aufsteigende Fische.

3. Berechnung des Wasserspiegels an der ersten Schwelle (1)

Die Wasserspiegeltiefe an der ersten Schwelle beträgt:

Wasserspiegel vor der ersten Schwelle

$$W_{sp,o} = 173,60 \text{ m ü NN} \quad \text{bei } Q_{330} = \dots \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Sohle_{s1} = 172,65 \text{ m ü NN}$$

$$h_{Wsp,s1} = 0,95 \text{ m}$$

ergibt sich eine Oberwassertiefe

$$h_o = 0,95 \text{ m}$$

Nach iterativen Berechnungen wurde die Wasserspiegeldifferenz Δh_{Wsp} an der ersten Schwelle ermittelt, so dass hier auch die berechnete Wassermenge, die durch die letzte Schwelle bei Q_{330} in der Sieg fließt, abfließen kann.

Die Wasserspiegeldifferenz an der ersten Schwelle beträgt damit

$$\Delta h_{Wsp} = 0,13 \text{ m}$$

und damit ergibt sich eine Unterwassertiefe von $h_u = h_o - \Delta h_{Wsp}$ von

$$h_u = 0,82 \text{ m} \quad h_u > 0,67 \cdot h_o = 0,636 \text{ m}$$

Mit den berechneten Werten wird die Abflussmenge, die bei einem Abfluss Q_{330} in der Sieg, durch den Fischpass ermittelt

$$Q = \mu_v \cdot s \cdot \sqrt{g} \cdot h_o^{\frac{3}{2}}$$

μ_v für strömungsdissipierende Verhältnisse

$$\mu_v = 0,59 \cdot \left(1 - \left(\frac{h_u}{h_o} \right)^{4,5} \right)^{0,48} = 0,45 \quad h_u / h_o = 0,86$$

$$\mu = 0,45 [f(h_U/h_O)] \quad 5\% \text{ Erhöhung wegen ausgerundeten Schlitzkannten}$$

$$Q_{\text{Ber}} = 0,60 \text{ m}^3/\text{s} \text{ Abflussmenge im Fischaufstieg bei } Q_{330} \text{ in der Sieg}$$

Bei der berechneten Wassertiefen und iterativ ermittelte Wasserspiegeldifferenz ergibt sich die gleiche Abflussmenge wie in den letzten Becken des Fischaufstieges.

Bei dieser Schwelle beträgt die max Fließgeschwindigkeit:

$$v_{\text{max}} = (2g \times \Delta h)^{1/2} = (2 \times 9,81 \times 0,13)^{1/2} = 1,60 \text{ m/s} < \text{als } 2,00 \text{ m/s}$$

Die Beckengröße und die Wassertiefe sollte eine turbulenzarme Beckenströmung gewährleisten, so dass die aufsteigenden Fische genügend Unterstände und Ruhemöglichkeiten finden. Die Leistungsdichte bei der Energiedissipation wird nach folgender Formel berechnet:

$$E = \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot Q}{b \cdot h_m \cdot L_{LB}}$$

Die Turbulenzverhältnisse in den Becken werden anhand der Leistungsdichte bei der Energiedissipation untersucht.

mit h_m mittlere Wassertiefe in den Becken

b mittlere Beckenbreite

L_{LB} lichte Beckenlänge, $L_{LB} \sim l_B - d$

d Trennwanddicke

$$h_m = h_u + \Delta h/2 = 0,88 \text{ m}$$

Gewählt wird eine Beckenbreite von:

$$b = 2,35 \text{ m}$$

Lichte Becken

$$L_{LB} = 3,30 - 0,10 = 3,20 \text{ m}$$

$$E = 115,00 \text{ W / m}^3 < 250 \text{ W / m}^3$$

Lediglich die mittleren Fließgeschwindigkeiten in den Becken betragen:

$$v_{Bm} = Q / A = Q / b_{\text{Sohle}} \cdot h_m = 0,29 \text{ m/s}$$

3. Berechnung des Wasserspiegels im gesamten Fischaufstieg

Bei erhöhtem Wasserspiegel im Ober- und Unterwasser wird bei Q_{330} in der Sieg über den Fischaufstieg eine Wassermenge von ca.: $Q_{FA} = 0,60 \text{ m}^3/\text{s}$ abfließen. Die Fließtiefe

im Fischaufstieg ändert sich dem entsprechen. Ebenfalls passt sich ein auch die

Wasserspiegeldifferenz an der Schwellen zwischen $\Delta h_{\text{Wsp. Schwelle 1}} = 0,18 \text{ m}$

und $\Delta h_{\text{Wsp. Schwelle 18}} = 0,05 \text{ m}$.

Die Berechnung des Wasserspiegels im Becken und die Wasserspiegeldifferenz zwischen den Becken für den Fall Q_{330} erfolgt tabellarisch.

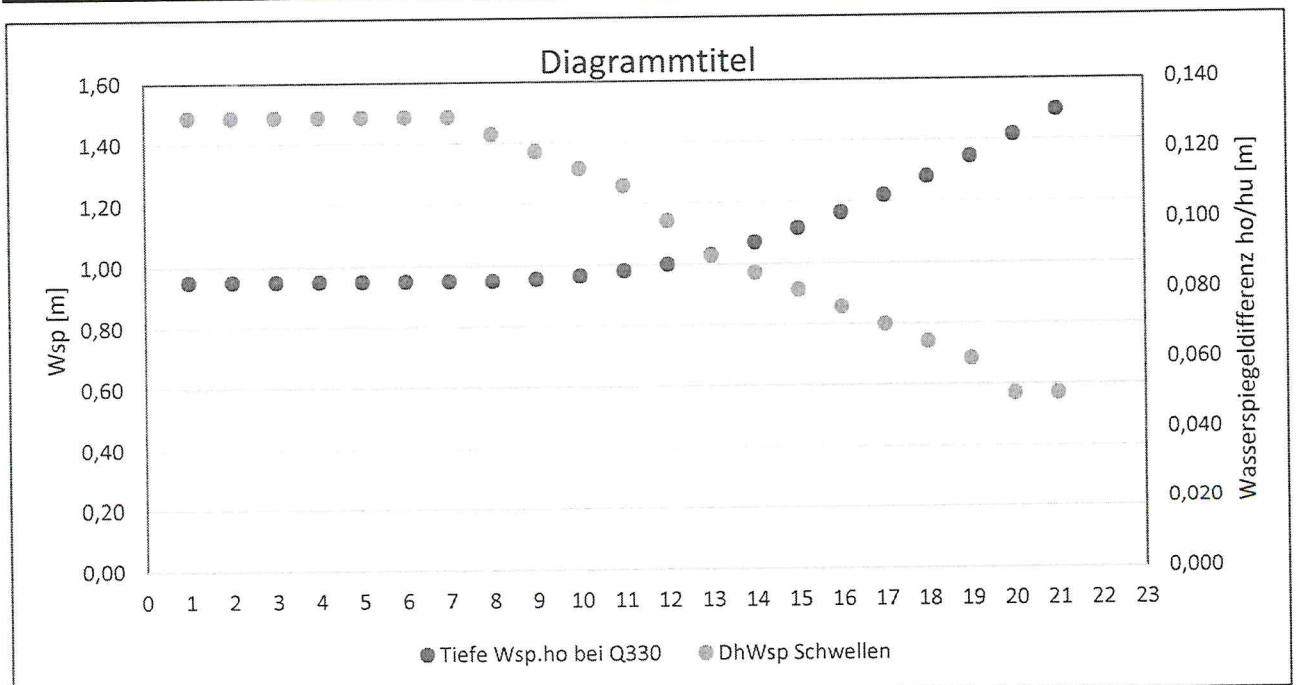
Bei Betriebsverhältnissen $q > Q_{30}$ d. h. bei erhöhtem Ober- und Unterwasserstand einschl. Ermittlung der Schwellenhöhe, muss die Abflussberechnung iterativ nach der erläuterten Algorithmus erfolgen. Das Ergebnis dieser Iteration für den Betriebszustand bei Q_{330} ist in den nachfolgende Tabelle aufgeführt.

Anlage 5.1.3 B

WKA Scheuerfeld

Berechnung Fischaufstieg Wasserstände beim Betriebszustand Q330

Schwelle	Wsp h_o bei Q_{Bem}	Sohle Schwelle	Δh_{Wsp} Schwellen bei Q330	Wsp vor Schw. bei Q330	Tiefe Wsp.ho bei Q330	Wandhöhe Schwelle
Nr.	m ü. NN	m ü. NN	m	m ü. NN	m	m
1	173,60	172,65	0,130	173,600	0,95	1,20
2	173,47	172,52	0,130	173,470	0,95	1,20
3	173,34	172,39	0,130	173,340	0,95	1,20
4	173,21	172,26	0,130	173,210	0,95	1,20
5	173,08	172,13	0,130	173,080	0,95	1,20
6	172,95	172,00	0,130	172,950	0,95	1,20
7	172,82	171,87	0,130	172,820	0,95	1,20
8	172,69	171,74	0,125	172,690	0,95	1,20
9	172,56	171,61	0,120	172,565	0,95	1,20
10	172,43	171,48	0,115	172,445	0,96	1,20
11	172,30	171,35	0,110	172,330	0,98	1,20
12	172,17	171,22	0,100	172,220	1,00	1,30
13	172,04	171,09	0,090	172,120	1,03	1,30
14	171,91	170,96	0,085	172,030	1,07	1,30
15	171,78	170,83	0,080	171,945	1,11	1,40
16	171,65	170,70	0,075	171,865	1,16	1,40
17	171,52	170,57	0,070	171,790	1,22	1,60
18	171,39	170,44	0,065	171,720	1,28	1,60
19	171,26	170,31	0,060	171,655	1,34	1,70
20	171,13	170,18	0,050	171,595	1,41	1,80
21	171,00	170,05	0,050	171,545	1,49	1,80
W _{Sp} Unterwasser	170,87			171,500		



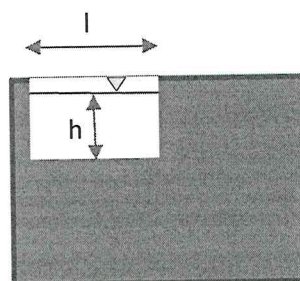
Mainzer Erneuerbare Energien GmbH

HERSTELLUNG DES GUTEN ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDES AN DER WKA SCHEUERFELD

Projekt 55118.003

Abflussberechnung für die obere Öffnung in der Klappe

Q	0,62 m³/s	benötigter Abfluss
OK_{Wehr}	173,65 m ü. NN	
Wsp	173,60 m ü. NN	
g	1,00	Schräganströmung
μ	0,64	Überfallbeiwert
l	1,30 m	Öffnungslänge
h	Öffnungshöhe in der Klappe [m] wird ermittelt	



$$Q = g \cdot \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot l \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} [m^3 / s]$$

Nach iterativen Berechnung ergibt sich eine Öffnungshöhe von

$$h = 0,40 \text{ m}$$

$$Q = 1,0 \times 2/3 \times 0,64 \times 1,30 \times 4,43 \times 0,40^{3/2} = 0,62 \text{ m}^3/\text{s}$$

Damit liegt die Unterkante der Öffnung Stauposition der Klappe auf:

OK_{Wehr}	173,65 m ü. NN
Wsp	173,60 m ü. NN
h	-0,40 m
UK_{Öff}	173,20 m ü. NN (bei hochgestellte Stauklappe)

Berechnung der Grenztiefe des Wasserstrahls in der Öffnung

$$t_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot l^2}}$$

$$t_{gr} = 0,29 \text{ m}$$

Mainzer Erneuerbare Energien GmbH

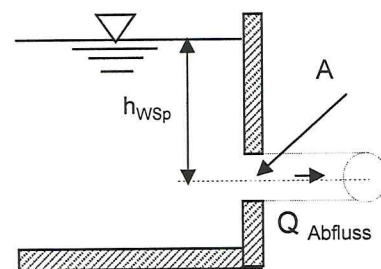
HERSTELLUNG DES GUTEN ÖKOLOGISCHEN ZUSTANDES AN DER WKA SCHEUERFELD

Projekt 55118.003

Berechnung des Abflusses für Aalabstieg / Lachsaufstieg

Eingesetzte Formel für die Berechnung ist "Freier Abfluss aus einer Öffnung"

$$Q_{\text{Abfluss}} = \alpha \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot h_{\text{Wsp}}} [m^3 / s]$$



DN	=	0,40 m	Öffnungsweite
A	=	0,1256 m ²	Ausflußquerschnitt
α	=	0,51	Abflußzahl
h_{Wsp}	=	1,80 m	lotrechte Wasserspiegelhöhe

Q_{Abfluss}	=	0,38 m ³ /s	
v_{Abfluss}	=	3,03 m/s	Austrittsgeschwindigkeit