

AUF Eberlein & Co. GmbH

91587 Adelshofen - Taubertal

Neubau einer Wasserkraftanlage Döhren / Leine

Anlage 2.9 – Hydraulische Berechnungen

Inhalt

- 2.9-1 Q - Dauertabelle
- 2.9-2 Hydraulische Berechnung des Fischpasses
 - Lastfall U=30 d
 - Lastfall U=330 d
 - Grafik
- 2.9-3 Hydraulische Berechnung des Klappenwehres
 - Lastfall 1, ohne (n-1)
 - Lastfall 2, mit (n-1)
- 2.9-4 Hydraulische Berechnung des Überfalls über das Krafthausdach
- 2.9-5 Abflussflächen am Wehr
- 2.9-6 Nachweis des Ausgleichs des Retentionsraumes

Q - Dauertabelle

Unterschreitungsdauer in Tagen	Unterschrittene Abflüsse m³/s			
	Pegel Herrenhausen A _E = 5304 km²			Standort Döhren A _E = 5148 km²
	1941/2005 65 Abflussjahre			
	Obere Hüllwerte	Mittlere Werte	Untere Hüllwerte	Mittlere Werte
365				
364	924	288	98,0	200,0
363	724	249	88,7	195,0
362	570	225	82,0	190,0
361	406	209	77,3	185,0
360	406	199	75,7	181,0
359	404	192	74,6	177,0
358	317	184	71,5	173,0
357	304	176	68,8	169,0
356	280	170	67,7	165,0
350	251	145	63,5	140,7
340	213	120	54,0	116,5
330	194	103	50,2	100,0
320	167	89,4	43,3	86,8
300	146	74,9	37,2	72,7
270	114	59,2	28,2	57,5
240	89,8	49,3	24,5	47,9
210	75,5	41,9	19,9	40,7
183	69,3	36,6	15,9	35,5
150	63,7	31,1	13,6	30,2
130	60,3	28,6	13,2	27,8
120	58,7	27,2	12,7	26,4
110	56,3	25,9	12,3	25,1
100	55,1	24,7	12,1	24,0
90	52,6	23,5	11,9	22,8
80	51,0	22,5	11,9	21,8
70	49,6	21,4	11,4	20,8
60	48,0	20,5	11,4	19,9
50	46,8	19,5	11,2	18,9
40	44,9	18,4	11,0	17,9
30	43,6	17,3	11,0	16,8
25	42,9	16,7	108,0	16,2
20	42,1	16,0	10,50	15,5
15	40,6	15,3	10,50	14,9
10	39	14,2	10,50	13,8
9	38,7	14,0	10,30	13,6
8	38	13,7	10,30	13,3
7	37,8	13,5	10,30	13,1
6	36,5	13,1	10,30	12,7
5	36,5	12,9	10,10	12,5
4	36,4	12,5	9,60	12,1
3	36,4	12,1	9,60	11,7
2	36,2	11,7	9,30	11,4
1	35,2	11	9,10	10,7
0	34,8	8,90	8,90	8,6

Die gelb markierten Werte wurden auf den Abflussanteil von 200 m³/s bei HQ₁₀₀ abgestimmt, da die Leine oberhalb von Döhren ausfuhrt

Hydraulische Bemessung eines Schlitzpasses



Projekt: Neubau Wasserkraftanlage Döhren
 Auftraggeber: AUF Eberlein & Co GmbH
 Variante: Schlitzpass neben Wasserkraftanlage
 19 Trennwände; U=30 d

Eingabe:

OW 54,28 mNHN
 UW 51,90 mNHN
 Trennwände 19,00 Stück
 Mindestwassertiefe 0,80 m
 Schlitzbreite 0,37 m
 Beckenlänge 3,05 m
 Beckenbreite 2,25 m
 Trennwanddicke 0,20 m

Berechnung:

mittl. Wsp-diff. je Schlitz: 0,125 m

Schlitz-Nr.	Sohlhöhe mNHN	W _o mNHN	h _o m	dh m	h _u m	h _u /h _o -	my -	Q m ³ /s	Q _{by} m ³ /s	Q _{ges} m ³ /s	h _m m	P _D W/m ³	v _{max} m/s	v _m m/s	h _{gr} m	h _u >h _{gr}
1	53,35	54,28	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568		0,513	erfüllt
2	53,23	54,15	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
3	53,10	54,03	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
4	52,98	53,90	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
5	52,85	53,78	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
6	52,73	53,65	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
7	52,60	53,53	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
8	52,48	53,40	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
9	52,35	53,28	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
10	52,23	53,15	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
11	52,10	53,03	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
12	51,98	52,90	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
13	51,85	52,78	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
14	51,73	52,65	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
15	51,60	52,53	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
16	51,48	52,40	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
17	51,35	52,28	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
18	51,23	52,15	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
19	51,10	52,03	0,93	0,125	0,80	0,86	0,41	0,428	0,00	0,428	0,863	88,8	1,568	0,221	0,513	erfüllt
	UW,berechnet=	51,90														
										Maximalwerte:		88,8	1,57	0,22		
Sohle,ist=	51,10															
	UW,ist=	51,90														

Hydraulische Bemessung eines Schlitzpasses

Projekt: Neubau Wasserkraftanlage Döhren
 Auftraggeber: AUF Eberlein & Co GmbH
 Variante: Schlitzpass neben Wasserkraftanlage
 19 Trennwände; U=330 d



Eingabe:

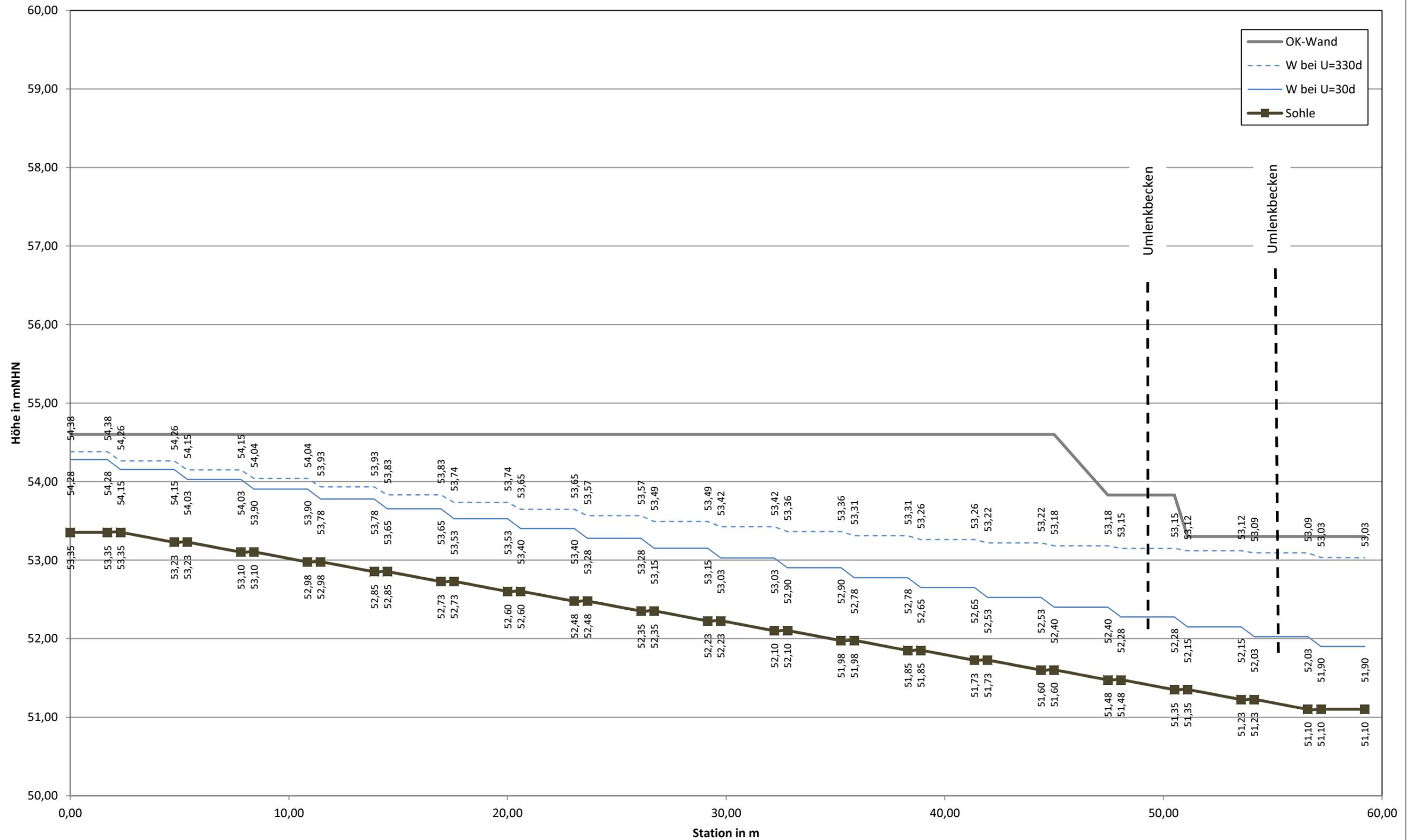
OW 54,38 mNHN
 UW 53,03 mNHN
 Trennwände 19,00 Stück
 Mindestwassertiefe 0,80 m
 Schlitzbreite 0,37 m
 Beckenlänge 3,05 m
 Beckenbreite 2,25 m
 Trennwanddicke 0,20 m

Berechnung:

mittl. Wsp.-diff. je Schlitz: 0,071 m

Schlitz-Nr.	Sohlhöhe mNHN	W _o mNHN	h _o m	dh m	h _u m	Startwert für Q: 0,4678 m ³ /s		Q m ³ /s	Q _{by} m ³ /s	Q _{ges} m ³ /s	h _m m	P _D W/m ³	v _{max} m/s	v _m m/s	h _{gr} m	h _u >h _{gr}
						h _u /h _o -	my -									
1	53,35	54,38	1,03	0,117	0,91	0,89	0,39	0,468	0,00	0,468	0,967	80,7	1,513		0,544	erfüllt
2	53,23	54,26	1,03	0,114	0,92	0,89	0,38	0,468	0,00	0,468	0,977	78,0	1,495	0,214	0,544	erfüllt
3	53,10	54,15	1,05	0,110	0,93	0,89	0,38	0,468	0,00	0,468	0,990	74,6	1,472	0,212	0,544	erfüllt
4	52,98	54,04	1,06	0,106	0,95	0,90	0,37	0,468	0,00	0,468	1,007	70,5	1,443	0,208	0,544	erfüllt
5	52,85	53,93	1,08	0,101	0,98	0,91	0,36	0,468	0,00	0,468	1,028	65,7	1,408	0,205	0,544	erfüllt
6	52,73	53,83	1,10	0,095	1,01	0,91	0,35	0,468	0,00	0,468	1,056	60,3	1,366	0,200	0,544	erfüllt
7	52,60	53,74	1,13	0,089	1,04	0,92	0,33	0,468	0,00	0,468	1,089	54,4	1,319	0,194	0,544	erfüllt
8	52,48	53,65	1,17	0,082	1,09	0,93	0,32	0,468	0,00	0,468	1,129	48,3	1,265	0,188	0,544	erfüllt
9	52,35	53,57	1,21	0,074	1,14	0,94	0,30	0,468	0,00	0,468	1,176	42,3	1,208	0,181	0,544	erfüllt
10	52,23	53,49	1,26	0,067	1,20	0,95	0,28	0,468	0,00	0,468	1,231	36,5	1,148	0,173	0,544	erfüllt
11	52,10	53,42	1,32	0,060	1,26	0,95	0,27	0,468	0,00	0,468	1,292	31,2	1,087	0,165	0,544	erfüllt
12	51,98	53,36	1,39	0,054	1,33	0,96	0,25	0,468	0,00	0,468	1,361	26,4	1,027	0,157	0,544	erfüllt
13	51,85	53,31	1,46	0,048	1,41	0,97	0,23	0,468	0,00	0,468	1,435	22,3	0,969	0,149	0,544	erfüllt
14	51,73	53,26	1,54	0,042	1,49	0,97	0,21	0,468	0,00	0,468	1,515	18,7	0,913	0,141	0,544	erfüllt
15	51,60	53,22	1,62	0,038	1,58	0,98	0,20	0,468	0,00	0,468	1,600	15,8	0,860	0,134	0,544	erfüllt
16	51,48	53,18	1,71	0,033	1,67	0,98	0,18	0,468	0,00	0,468	1,690	13,3	0,811	0,126	0,544	erfüllt
17	51,35	53,15	1,80	0,030	1,77	0,98	0,17	0,468	0,00	0,468	1,784	11,2	0,765	0,120	0,544	erfüllt
18	51,23	53,12	1,89	0,027	1,87	0,99	0,15	0,468	0,00	0,468	1,881	9,5	0,722	0,114	0,544	erfüllt
19	51,10	53,09	1,99	0,020	1,93	0,97	0,22	0,468	0,25	0,718	1,963	31,3	1,084	0,165	0,544	erfüllt
	UW,berechnet=	53,03														
										Maximalwerte:		80,7	1,51	0,21		
Sohle,ist=	51,10															
	UW,ist=	53,03														

Hydraulischer Längsschnitt der Fischaufstiegsanlage Wasserkraftanlage Döhren



Überfallberechnung für Wehranlagen

(Vollkommener / unvollkommener Überfall nach Poleni)

Projekt: Neubau Wasserkraftanlage Döhren
 Auftraggeber: AUF Eberlein
 Bauteil: Leinewehr "Döhrener Wolle"
 Variante: linkes Wehrfeld - Planung: mit 3-feldrigem Klappenwehr - Berechnung ohne (n-1); FAA mit B=2,65 m im Wehr
 Klappenbreite: 8,23 m

Eingabe:

	Einheit	
Wehrform	-	7
Breite der Wehrkrone	m	26,39
Höhe der Wehrklappe in Staustellung	mNN	54,23
Winkel der Wehrklappe in Staustellung α	°	30,00
Sohle Oberwasser	mNN	53,35
Summe der Pfeilerbreiten	m	1,70
Anzahl der Pfeiler	-	2
Einschnürungsbeiwert	-	0,07
B,hü	m	

Wehrform im HW-Fall 1,00

Kennziffern für die Wehrform:

- 1 Breitkronig, scharfkantig, waagrecht
- 2 Breitkronig, mit abgerundeten Kanten, waagrecht
- 3 breiter Überfall, vollständig ausgerundet (z.B. gelegte Klapp)
- 4 scharfkantig, mit belüftetem Strahl
- 5 Standardprofil, allgemein
- 6 Dachwehr mit abgerundeter Krone
- 7 Klappenwehr, gerade (nach SIAV, aus Bollrich, S. 415)
- 8 Klappenwehr, gekrümmt (noch nicht implementiert)

Formeln:

$$Q = s_{Pf} \cdot \frac{2}{3} \cdot c \cdot m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_u^{(3/2)} \quad \text{in m}^3/\text{s}$$

Berechnung:

Lastfall	OW	Wehrkrone	UW	h _ü	w	α	h _u	h _ü /w	μ	h _u /h _ü	c	s _{Pf}	σ_{st}	Q	Q _{soll}
-	mNN	mNN	mNN	m	m	°	m	-	-	-	-	-	.	m ³ /s	
plan. Stauziel	54,28	54,23	52,27	0,05	0,88	30,00	-1,96	0,06	0,68	-39,20	1,00	0,93	0,91	0,50	
Q=170	55,16	53,27	54,80	1,89	-0,08	94,29	1,53	-24,82	0,50	0,81	0,92	0,91	0,91	76,9	76,9
BHQ	55,34	53,31	54,95	2,03	-0,04	92,43	1,64	-47,28	0,50	0,81	0,90	0,91	0,91	84,1	84,1
BHQ	55,34	52,54	54,95	2,80	-0,81	142,86	2,41	-3,46	0,50	0,86	0,90	0,90	0,91	134,3	

Überfallberechnung für Wehranlagen

(Vollkommener / unvollkommener Überfall nach Poleni)

Projekt: Neubau Wasserkraftanlage Döhren

Auftraggeber: AUF Eberlein

Bauteil: Leinwehr "Döhrener Wolle"

Variante: linkes Wehrfeld - Planung: mit 3-feldrigem Klappenwehr - Berechnung mit (n-1); FAA mit B=2,65 m im Wehr

Klappenbreite: 8,23 m

Eingabe:

	Einheit	
Wehrform	-	7
Breite der Wehrkrone	m	17,26
Höhe der Wehrklappe in Staustellung	mNN	54,23
Winkel der Wehrklappe in Staustellung α	°	30,00
Sohle Oberwasser	mNN	53,35
Summe der Pfeilerbreiten	m	0,80
Anzahl der Pfeiler	-	1
Einschnürungsbeiwert	-	0,07
B, hü	m	

Wehrform im HW-Fall

1,00

Formeln:

$$Q = s_{Pf} \cdot \frac{2}{3} \cdot c \cdot m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_u^{(3/2)} \quad \text{in m}^3/\text{s}$$

Kennziffern für die Wehrform:

- 1 Breitkronig, scharfkantig, waagrecht
- 2 Breitkronig, mit abgerundeten Kanten, waagrecht
- 3 breiter Überfall, vollständig ausgerundet (z.B. gelegte Klapp)
- 4 scharfkantig, mit belüftetem Strahl
- 5 Standardprofil, allgemein
- 6 Dachwehr mit abgerundeter Krone
- 7 Klappenwehr, gerade (nach SIAV, aus Bollrich, S. 415)
- 8 Klappenwehr, gekrümmt (noch nicht implementiert)

Berechnung:

Lastfall	OW	Wehrkrone	UW	h _ü	w	α	h _u	h _ü /w	μ	h _u /h _ü	c	s _{Pf}	σ_{st}	Q	Q _{soll}
-	mNN	mNN	mNN	m	m	°	m	-	-	-	-	-	.	m ³ /s	
plan. Stauziel	54,28	54,23	52,27	0,05	0,88	30,00	-1,96	0,06	0,68	-39,20	1,00	0,95	0,91	0,34	
Q=170	55,16	52,68	54,80	2,48	-0,67	131,10	2,12	-3,71	0,50	0,85	0,92	0,92	0,91	76,9	76,9
BHQ	55,34	52,540	54,95	2,80	-0,81	142,86	2,41	-3,46	0,50	0,86	0,90	0,92	0,91	89,9	84,1

Überfallberechnung für Wehranlagen

(Vollkommener / unvollkommener Überfall nach Poleni)

Projekt: Neubau Wasserkraftanlage Döhren

Auftraggeber: AUF Eberlein

Bauteil: Leinwehr "Döhrener Wolle"

Variante: linkes Wehrfeld - Planung: mit 3-feldrigem Klappenwehr - Berechnung mit (n-1) für das Feld mit der gestellten Klappe

Klappenbreite: 8,23 m

Eingabe:

	Einheit	
Wehrform	-	7
Breite der Wehrkrone	m	8,23
Höhe der Wehrklappe in Staustellung	mNN	54,23
Winkel der Wehrklappe in Staustellung α	°	30,00
Sohle Oberwasser	mNN	53,35
Summe der Pfeilerbreiten	m	
Anzahl der Pfeiler	-	
Einschnürungsbeiwert	-	0,07
B,hü	m	

Wehrform im HW-Fall

1,00

Formeln:

$$Q = s_{Pf} * 2/3 * c * m * b * \sqrt{2g} * h_u^{(3/2)} \quad \text{in m}^3/\text{s}$$

Kennziffern für die Wehrform:

- 1 Breitkronig, scharfkantig, waagrecht
- 2 Breitkronig, mit abgerundeten Kanten, waagrecht
- 3 breiter Überfall, vollständig ausgerundet (z.B. gelegte Klappe)
- 4 scharfkantig, mit belüftetem Strahl
- 5 Standardprofil, allgemein
- 6 Dachwehr mit abgerundeter Krone
- 7 Klappenwehr, gerade (nach SIAV, aus Bollrich, S. 415)
- 8 Klappenwehr, gekrümmt (noch nicht implementiert)

Berechnung:

Lastfall	OW	Wehrkrone	UW	h _ü	w	α	h _u	h _ü /w	μ	h _u /h _ü	c	s _{Pf}	σ_{st}	Q	Q _{soll}
-	mNN	mNN	mNN	m	m	°	m	-	-	-	-	-	.	m ³ /s	
BHQ	55,34	54,60	54,95	0,74	1,25	#ZAHL!	0,35	0,59	0,50	0,47	0,90	0,99	0,91	6,3	

Überfallberechnung für Wehranlagen

(Vollkommener / unvollkommener Überfall nach Poleni)

Projekt: Neubau Wasserkraftanlage Döhren
 Auftraggeber: AUF Eberlein
 Bauteil: Leinewehr "Döhrener Wolle"
 Variante: Planung: überströmtes Krafthaus-Dach

Eingabe:

	Einheit	
Wehrform	-	1
Breite der Wehrkrone	m	15,51
max. Höhe der Wehrkrone	mNN	
Winkel obere Klappenstellung	°	
Sohle Oberwasser	mNN	53,88
Summe der Pfeilerbreiten	m	0,60
Anzahl der Pfeiler	-	1
Einschnürungsbeiwert	-	0,10
B,hü	m	

Kennziffern für die Wehrform:

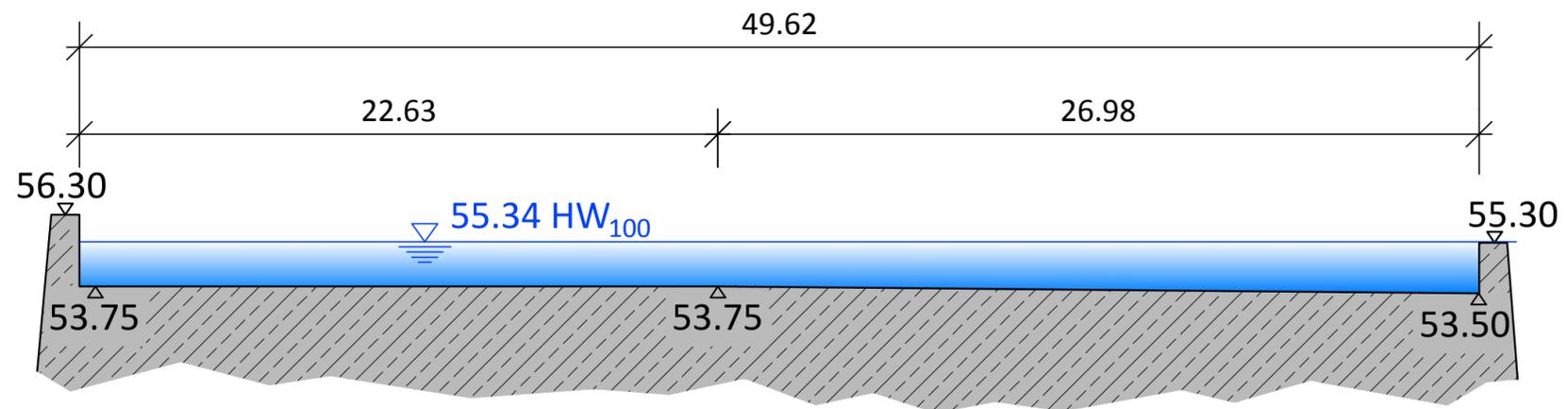
- 1 Breitkronig, scharfkantig, waagrecht
- 2 Breitkronig, mit abgerundeten Kanten, waagrecht
- 3 breiter Überfall, vollständig ausgerundet (z.B. gelegte Klappe)
- 4 scharfkantig, mit belüftetem Strahl
- 5 Standardprofil, allgemein
- 6 Dachwehr mit abgerundeter Krone
- 7 Klappenwehr, gerade (nach SIAV, aus Bollrich, S. 415)
- 8 Klappenwehr, gekrümmt (noch nicht implementiert)

Formeln:

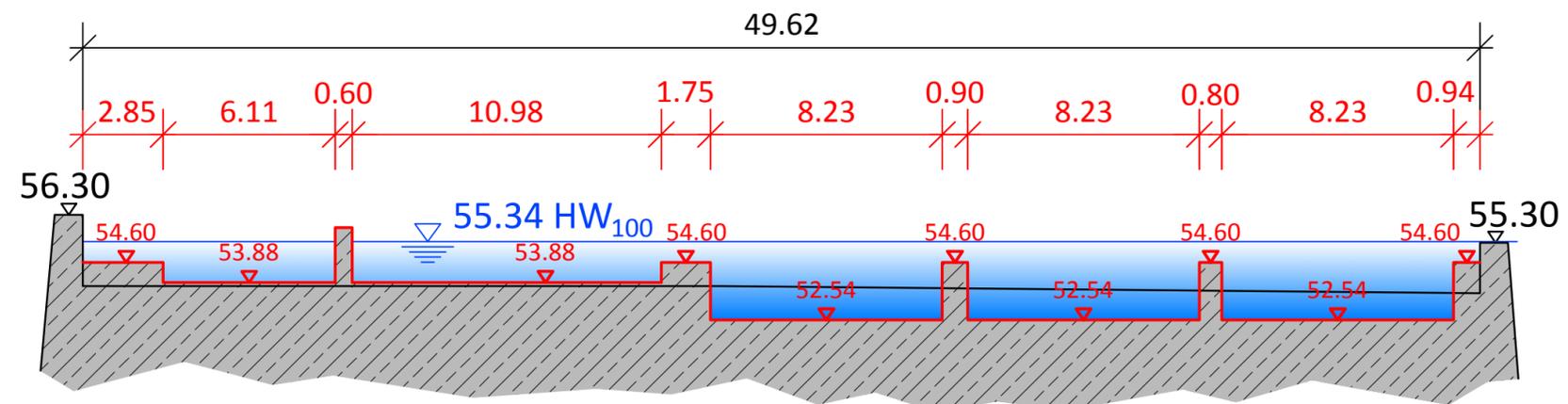
$$Q = s_{Pf} \cdot \frac{2}{3} \cdot c \cdot m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_u^{(3/2)} \quad \text{in m}^3/\text{s}$$

Berechnung:

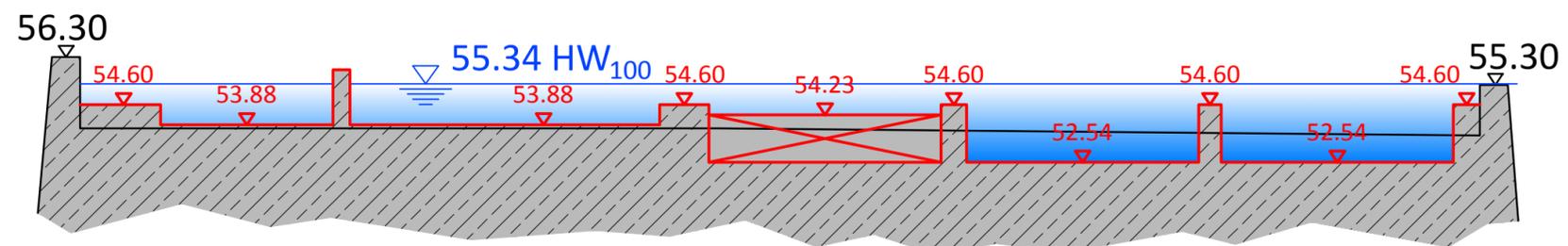
Lastfall	OW	Wehrkrone	UW	h _ü	w	α	h _u	h _ü /w	μ	h _u /h _ü	c	s _{Pf}	σ _{st}	Q	Q _{soll}
-	mNN	mNN	mNN	m	m	°	m	-	-	-	-	-	.	m ³ /s	
Q=170	55,16	53,88	54,80	1,28	0,00	0,00	0,92	#DIV/0!	0,50	0,72	1,00	0,94	1,00	31,0	
BHQ	55,34	53,88	54,95	1,46	0,00	0,00	1,07	#DIV/0!	0,50	0,73	1,00	0,93	1,00	37,6	



82.3 m²



99.4 m²



85.5 m²

Nr.	Änderung	Datum	gezeichnet
-----	----------	-------	------------

AUF Eberlein & Co. GmbH

Neubau Wasserkraftanlage
Döhren / Leine

Genehmigungsplanung
Abflussflächen am Wehr

aufgestellt:

AUF Eberlein & Co. GmbH

Ingenieurgesellschaft
Heidt + Peters mbH

Sprengerstraße 38 c
29223 Celle
Fon (0 51 41) 93 88-0
Fax (0 51 41) 93 88-88
info@heidt-peters.de



Celle, 24. November 2016

Maßstab: 1 : 200

bearbeitet: R. Schumacher

gezeichnet: A. Ballüer

Anlage: 2.9-5

Registrier-Nr.:

09099-10

UTM	GK3	GK4	lokal
Plotstiltabelle: ----			Grundplan: Stadtkarte

P:\2009\09099\40_LP_4_GP\20_AutoCAD\10_Abflussflaechen_Wehr_161124.dwg

Anlage 2.9-6

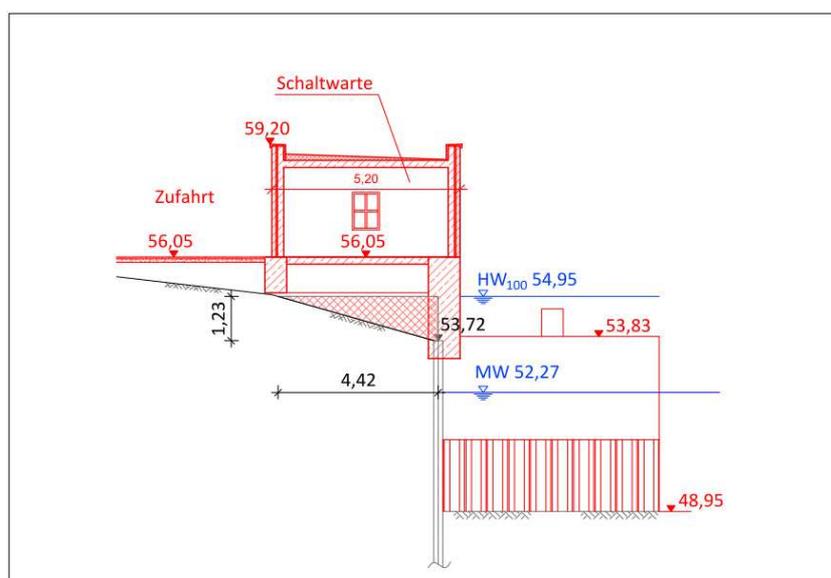
Nachweis des Ausgleichs des Retentionsraumverlustes

Projekt: Neubau Wasserkraftanlage Döhren

Auftraggeber: AUF Eberlein

Bauteil: Retentionsraumverlust am rechten Ufer im Unterwasser

1. Ermittlung des verbauten Retentionsraumes



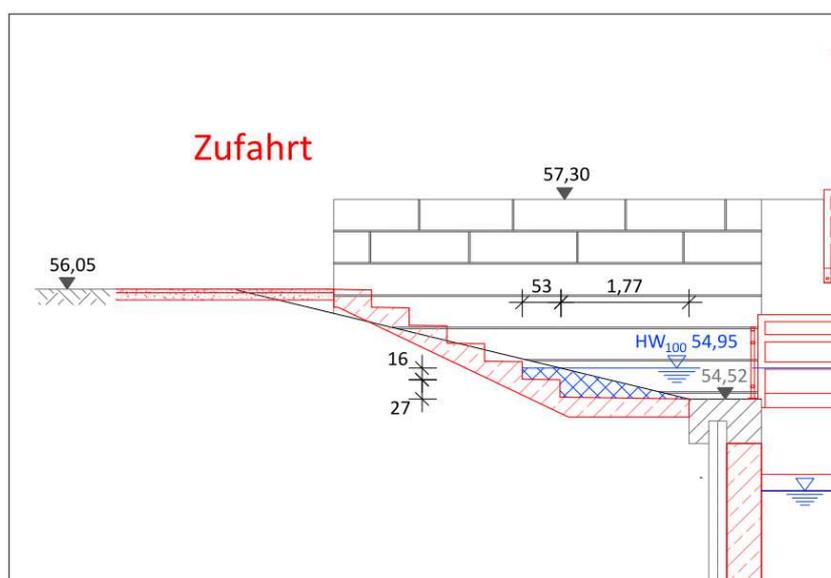
Querschnittsfläche: $A = 0,5 \times (54,95 - 53,72) \times 4,42 = 2,72 \text{ m}^2$

Länge: $L = 7,48 \text{ m}$ (siehe Anlage 2.3.2)

Volumen: $V_{\text{verbaut}} = 2,72 \times 7,48 = 20,3 \text{ m}^3$

2. Ermittlung des Ausgleichs des Retentionsraumverlustes

2.1 Ausgleich im Bereich der Sitztreppenanlage

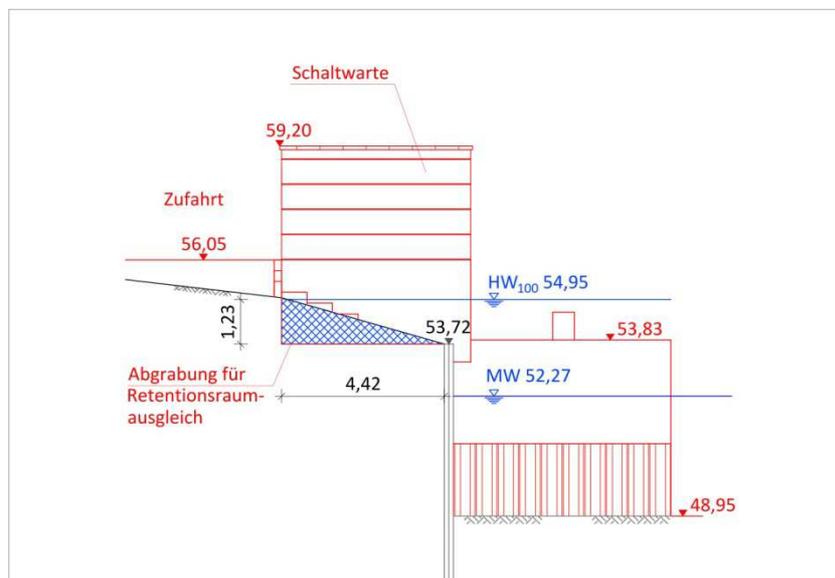


Querschnittsfläche: $A = 0,5 \times 1,77 \times (0,27 + 0,16) + 0,53 \times 0,16 = 0,46 \text{ m}^2$

Länge: $L = 29,31 + 8,22 = 37,53 \text{ m}$ (siehe Anlage 2.3.2)

Volumen: $V_{\text{ausgleich}} = 0,46 \times 37,53 = 17,3 \text{ m}^3$

2.2 Ausgleich an der Westseite des Betriebsgebäudes



Querschnittsfläche: $A = 0,5 \times (54,95 - 53,72) \times 4,42 = 2,72 \text{ m}^2$

Länge: $L = 3,00 \text{ m}$ (siehe Anlage 2.3.2)

Volumen: $V_{\text{ausgleich}} = 2,72 \times 3,00 = 8,2 \text{ m}^3$

3. Bilanzierung

Retentionsraumverlust:	- 20,3 m ³
Ausgleich im Bereich der Sitztreppenanlage:	+17,3 m ³
Ausgleich unterhalb des Betriebsgebäudes:	+ 8,2 m ³
Bilanz Retentionsraum:	+ 5,2 m³ => Nachweis erfüllt