

HYDRO-ENERGIE ROTH GMBH

Wasserkraftanlagen · Anlagentechnik · Wasserbau



WASSERKRAFTANLAGE FRIDINGEN AN DER DONAU

HYDRAULISCHE NACHWEISE

BEMESSUNG TOSBECKEN

INHALTSVERZEICHNIS

1. VERANLASSUNG.....	1
2. HYDRAULISCHE NACHWEISE – TOSBECKEN	2
2.1. BEMESSUNGSGRUNDLAGE.....	2
2.2. TOSBECKENGEOMETRIE	2

ANLAGENVERZEICHNIS

HB_TOSBECKEN_01_BEMESSUNGSTABELLE



1. VERANLASSUNG

Im Zuge der Genehmigungsplanung zum Weiterbetrieb der Wasserkraftanlage Fridingen an der Donau wurden von behördlicher Seite die hydraulischen Nachweise bzgl. der Bemessung des Tosbeckenbereiches nachgefordert.

2. HYDRAULISCHE NACHWEISE – TOSBECKEN

Durch das künstlich geschaffene Energiegefälle zwischen Ober und Unterwasser wird die Anordnung eines eingetieften Tosbeckens zur Energieumwandlung unterstrom des Wehres erforderlich. Durch Wirbelbildungen und Turbulenzen wird dabei die potentielle und kinetische Energie in Wärme- und Schallenergie umgewandelt.

Daher ist die Flusssohle in den Bereichen der Energieumwandlung durch ein Tosbecken zu sichern, dessen Bemessung sich zunächst auf die notwendige Eintiefung und Länge erstreckt.

2.1. BEMESSUNGSGRUNDLAGE

Grundlage der Bemessung ist die Ermittlung der Wassertiefe h_1 des Eingangsschussstrahles bei Eintritt in das Tosbecken und die sog. konjugierte Wassertiefe h_2 am Ausgang des Tosbeckens bzw. Wechselsprunges.

Die Eingangswassertiefe des Schussstrahls ergibt sich aus einem Vergleich der Energiehöhen vor dem Wehr und im Tosbecken. Aus dieser Tiefe lässt sich die Eingangs-Froudezahl berechnen, die als dimensionslose Größe die Qualität der Energieumwandlung kennzeichnet.

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

Nach empirischen Ergebnissen findet eine gute Energieumsetzung im Froudezahl-Bereich von 4,5 bis 9 statt, da sich hierbei ein stabiler, stationärer Wechselsprung ausbildet.

Damit der Wechselsprung ausschließlich im Tosbecken stattfindet und nicht nach unterstrom abwandert, ist eine ausreichende Stützkraft vom Unterwasser her erforderlich.

Die konjugierende Wassertiefe ergibt sich zu

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \cdot \left(\sqrt{1 + 8 \cdot Fr_1^2} - 1 \right)$$

Aus dem Vergleich der rechnerisch erforderlichen Unterwassertiefe h_2 mit der tatsächlich vorhandenen Tiefe h_u erhält man den sog. Einstaugrad

$$\varepsilon = \frac{h_u}{h_2}$$

Im Allgemeinen sollte der Einstaugrad ε einen Wert > 1 aufweisen. Dies bedeutet, dass sich ein Rückstau des Wechselsprunges vom Unterwasser her, verbunden mit einer etwas ungünstigeren Energieumwandlung ergibt. Dies erhöht jedoch die Sicherheit gegenüber einem Abwandern des Wechselsprunges ins Unterwasser.

2.2. TOSBECKENGEOMETRIE

Die Eintiefung des Tosbeckens wurde zu $\Delta h = 0,78$ m (OKS Tosbecken = 621,45 NHN) gewählt.

Für die berechneten Lastfälle 1 bis 9 können somit stets Einstaugrade $\varepsilon > 1,0$ erzielt werden.

Die Länge des Tosbeckens wurde durch Vergleich bzw. Mittelwertbildung unterschiedlicher empirischer Berechnungsansätze für den maßgebenden LF 5 zu 10,0 m ermittelt werden.

Bis zu diesem Betriebspunkt wird die Energieumwandlung innerhalb des Tosbeckens stattfinden, die Eingangs-Froudezahl liegt im Übergangsbereich bei ca. 2,5.

Bei den weiteren Lastfällen bzw. weiter ansteigenden Abflüssen wird die Energieumwandlung bei dann rückgestauten Abflüssen nicht mehr im Tosbecken stattfinden können. Einer Verlängerung des eingetieften Tosbeckens somit unwirksam.



WKA Fridingen / Donau
Bemessungstabelle Tosbecken

Bearbeiter: Dipl.-Ing. D. Maier
20.03.2017

Bezeichnung	Zeichen	Einheit	LF 1	LF 2	LF 3	LF 4	LF 5	LF 6	LF 7	LF 8	LF 9
Schützenwehranlage											
Breite		b m	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2
WSP _{OW}		OW NHN	624,73	624,73	624,73	624,73	624,73	624,73	624,94	625,22	625,49
Sohle OW		OKS _{OW} NHN	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23
Wassertiefe OW		h _o m	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,71	2,99	3,26
Schützöffnung		a m	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2	2,25	2,5
Abflussbeiwert		μ -	0,59	0,59	0,56	0,56	0,55	0,54	0,50	0,50	0,50
Abfluss		Q m ³ /s	21,9	43,5	62,4	83,1	102,1	120,3	154,6	182,7	211,9
spez. Abfluss		q m ³ /(s*m)	1,0	2,1	2,9	3,9	4,8	5,7	7,3	8,6	10,0
Unterwasser											
WSP _{UW}		UW NHN	623,01	623,44	623,73	624,00	624,21	624,38	624,67	624,86	625,02
Sohle UW		OKS _{UW} NHN	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23	622,23
Sohle Tosbecken		OKS _{TB} NHN	621,45	621,45	621,45	621,45	621,45	621,45	621,45	621,45	621,45
Wassertiefe UW		h _u m	0,78	1,21	1,50	1,77	1,98	2,15	2,44	2,63	2,79
Höhe Endschwelle		Δh m	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Wassertiefe Eingang Wechselsprung		h ₁ m	0,12	0,27	0,42	0,58	0,73	0,87	1,10	1,24	1,51
Geschwindigkeit Eingang Wechselsprung		v ₁ m/s	8,73	7,49	6,98	6,73	6,62	6,53	6,65	6,94	6,62
Froude-Zahl		Fr ₁ -	8,10	4,57	3,44	2,81	2,48	2,24	2,03	1,99	1,72
Berechnung h₂											
konjugierte Wassertiefe		h ₂ m	1,30	1,64	1,85	2,05	2,21	2,35	2,64	2,93	3,00
Geschwindigkeit Ausgang Wechselsprung		v ₂ m/s	0,80	1,25	1,59	1,92	2,18	2,42	2,76	2,94	3,34
Einstaugrad		ε = (h _u + Δh)/h ₂ -	1,20	1,21	1,24	1,25	1,25	1,25	1,22	1,17	1,19
Tosbeckenlänge L											
nach Smetana	= 6*(h ₂ -h ₁)	m	7,1	8,2	8,6	8,8	8,9	8,9	9,3	10,1	8,9
nach Safranez	= 6,26*0,32*q/h ₁ ^{1,5} *h ₁	m	6,0	7,9	9,1	10,3	11,3	12,2	13,9	15,5	16,3
nach Kozeny	= 9*h ₁ *(0,32*q/h ₁ ^{1,5} -1)	m	7,6	8,8	9,3	9,5	9,7	9,7	10,2	11,1	9,8
nach Berger	= 5*h ₂	m	6,5	8,2	9,2	10,2	11,1	11,7	13,2	14,6	15,0
Mittelwert			6,8	8,3	9,0	9,7	10,2	10,6	11,6	12,8	12,5