

* Hoch- u. Tiefbau * Industriebau * Wasserbau * Statik * Wasserkraftanlagen *

Ingenieurbüro Ederer, Hauptstraße 7, 92699 Bechtsrieth

03.12.2020/AZ_12.doc Seite: 1

Staatliches Bauamt Traunstein
z.Hd. Herrn Fenzl
Postfach 12 69

D-83262 Traunstein

Für den Bau und Betrieb einer Wasserkraftanlage in der Ramsauer Ache am Felsentor durch die Felsentunnel GmbH & Co. KG. Errichtung einer Aufstiegsanlage, Umbau der vorhandenen Sohlschwellen und Bau einer temporären Baustraße, Gemeinde Ramsau b. Berchtesgaden

Zusätzliche Erläuterungen laut Ihrer E-Mail vom 19.11.2020 und telefonischer Abstimmung vom 20.11.2020

Sehr geehrter Herr Fenzl,

anbei einige zusätzliche Erläuterungen und Unterlagen zum obigen Sachverhalt zur weiteren Verwendung.

1. Schwallverhalten der Anlage

Wie bereits bei der telefonischen Besprechung am 20.11.2020 erläutert, sind die insgesamt drei geplanten Stauklappen (Stauklappe über Turbinenzulauf/Rechenfeld und zwei aufgesetzte Stauklappen an den Segmentwehren) so geregelt, dass diese bei Strom- bzw. Netzausfall automatisch abgesenkt werden (Stromhalteventile mit entsprechender Hydraulikrücklaufleitung, Pufferspeichersysteme, Batterieanlagen zur Aufrechterhaltung der Regelfunktionen mit Notschwimmersystem). Damit werden die möglichen Schwallerscheinungen aufgefangen, da die Öffnungszeit der Stauklappen der Schließzeit der Turbine entspricht.

Nach den beiliegenden Ermittlungen werden mindestens zwei von drei Klappen (n-1) innerhalb eines Zeitraumes von ca. 5 Sekunden soweit abgesenkt, dass der Wasserstrom von maximal 6,5 m³/s (maximale Turbinenausbauwassermenge) abgeleitet wird.

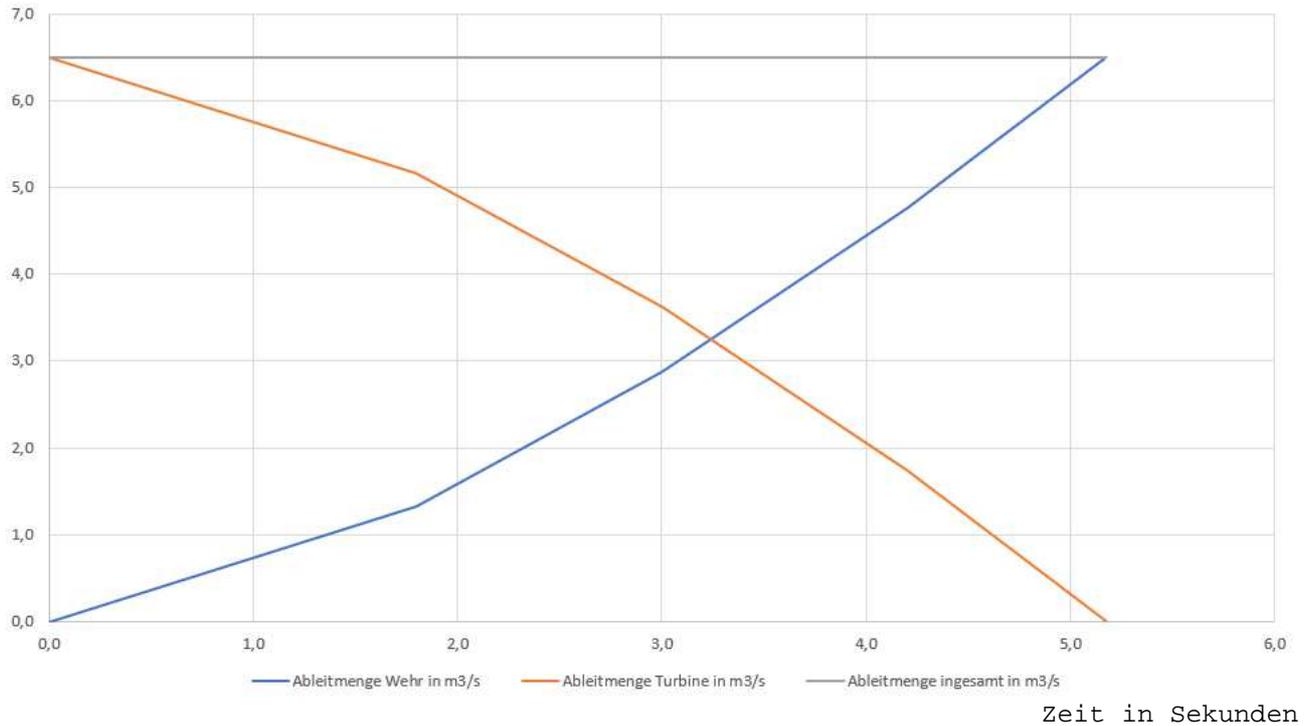
Der Turbinenschluss erfolgt ebenfalls innerhalb eines Zeitraumes von ca. 5 Sekunden, so dass keine Schwallerscheinungen im Oberwasser auftreten.

Siehe dazu Berechnungen in der Tabelle:

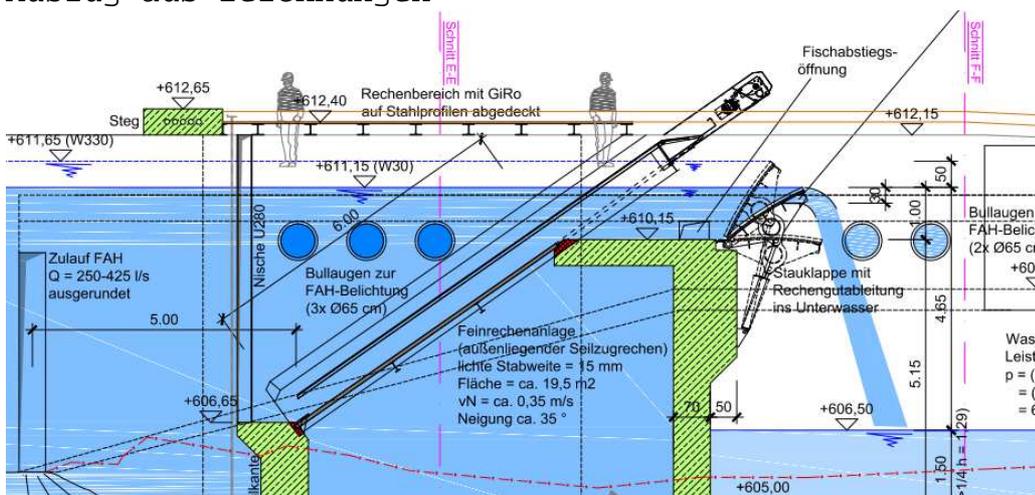
WKA Felsentunnel Wehrabsenkzeiten - Ableitungen:

Wassermenge
in m³/s

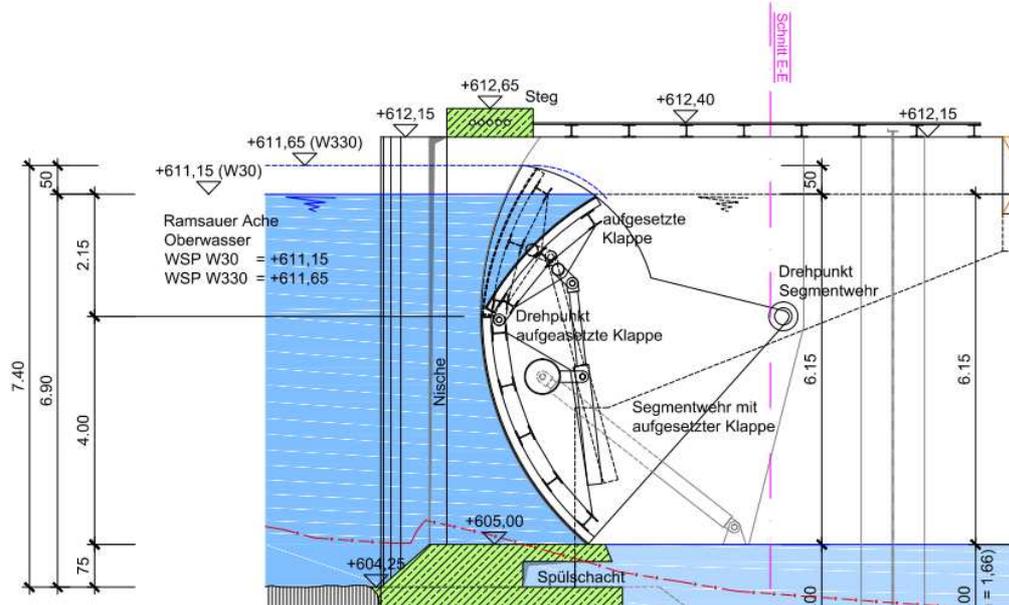
Absenk - Ableitdiagramm



Auszug aus Zeichnungen:



Spülklappe direkt oberhalb der Rechenanlage



aufgesetzte Klappen in den beiden Segmentwehren

Die beiliegende Schwallberechnung würde bei Ausfall aller Regelungsorgane (drei Stauklappen) eine maximale Schwallhöhe von 9 cm ergeben, siehe Anlage Schwallberechnung.

Hinweis dazu: Diese Berechnung dient der Information, da nach den obigen Anlagenregelungen kein Schwall auftreten kann.

2. Verkläuserungsszenario

In den Berechnungen der TU-München (TUM) wurden die einzelnen Ausfall-szenarien = Verkläuserungsmöglichkeiten untersucht und dargestellt (Wehrfelder geschlossen = Verkläuserung Wehrfeld).

Wegen der Verkläuserungsgefahr wurden entsprechende Empfehlungen von der TUM im Gutachten angegeben, die in der Planung umgesetzt wurden.

Die beiden Wehrfelder werden schon ab Hochwasserabflüssen über HQ 2 = 37 m³/s hochgefahren (Empfehlung TUM ab HQ 20 = 60 m³/s).

Zusätzlich ist eine Hebemöglichkeit in Form eines Hydraulikgreifers vorgesehen.

* Hoch- u. Tiefbau * Industriebau * Wasserbau * Statik * Wasserkraftanlagen *

Ingenieurbüro Ederer, Hauptstraße 7, 92699 Bechtsrieth

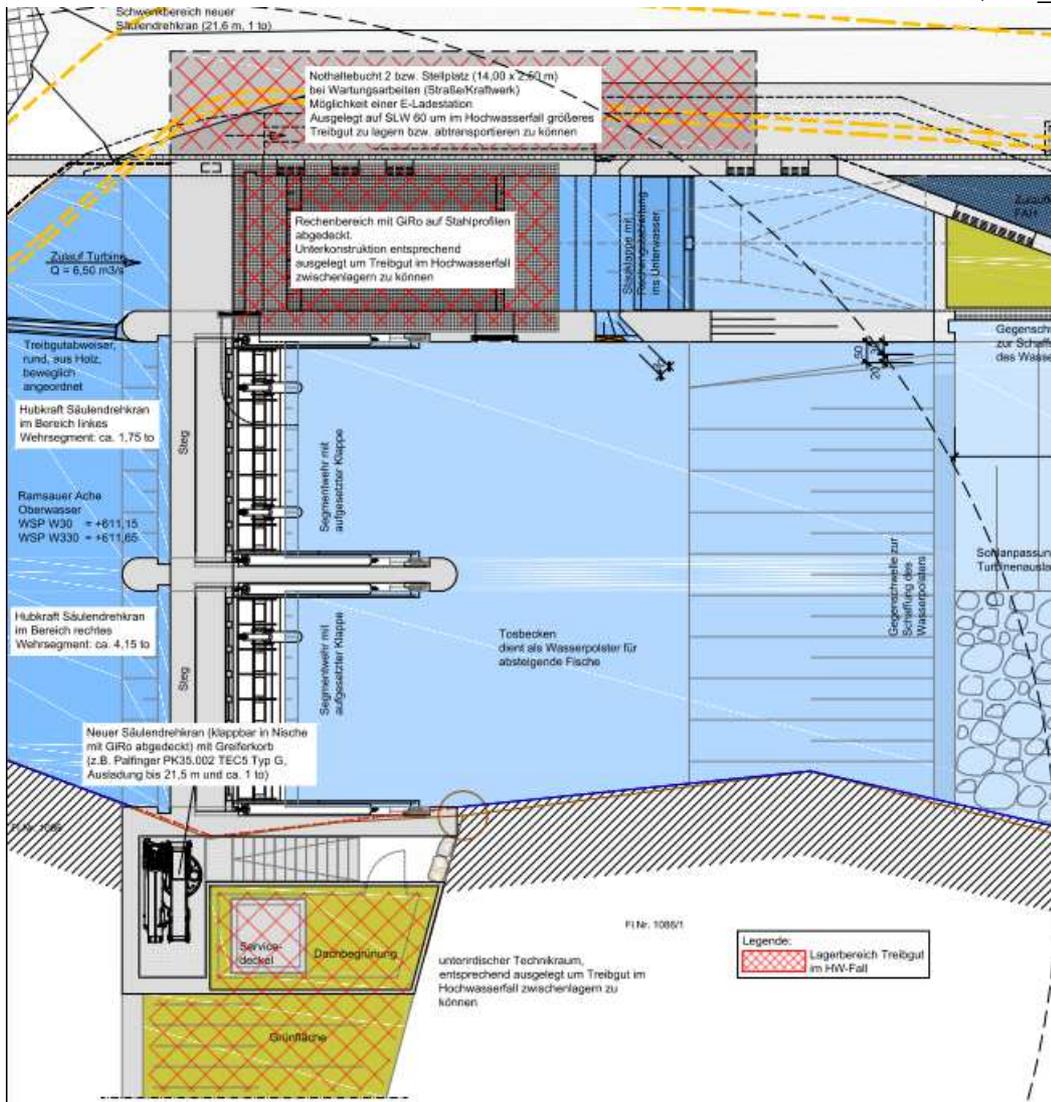
03.12.2020/AZ_12.doc Seite: 4

Bei Hochwasserabflüssen ist die Anlage besetzt bzw. zusätzlich überwacht (Kameras und entsprechende Meldungen der Wasserstände und Anlagenstörungen).

Zur Beseitigung des möglichen Treibgutes ist der Hydraulikgreifer entsprechend ausgelegt. Größeres Treibgut kann direkt aufgeladen und abgefahren bzw. auf den vorhandenen befestigten Flächen zwischengelagert bzw. entsprechend zerkleinert werden. Stellflächen zur Aufstellung von entsprechenden Ladefahrzeugen sind vorhanden.

Bei der Verklauselungsgefahr sehen wir eher eine Problematik im oberhalb liegenden sehr engen Abflussquerschnitten auf Höhe des Felsentores. Die Querschnittsbreite beträgt in der Engstelle, oberhalb der neuen Wehranlage, ca. 3-5 m.

Die Wehrfelder haben eine lichte Weiten von je 5,20 m, also eine Gesamtbreite von 10,40 m. Der freie Abflussquerschnitt beim neuen Wehrfeld ist somit deutlich größer als der natürliche Querschnitt in der Engstelle weiter oben. Daher ist es nicht verwunderlich, dass das Gutachten der TUM keine größeren Verklauselungsgefahren der neuen Wehranlage ergeben hat.



Auszug aus Plan E-3 vom 25.11.2020

3. Hochwasserstände

Dazu möchte ich die Aussage der TUM nochmals wiederholen:

- Bei großen Hochwasserabflüssen bildet sich am Absturz 2 (Fluss-km 6+102) ein Fließwechsel mit hydraulischer Entkopplung aus, d.h. die Wasserspiegel oberhalb sind nicht durch einen Aufstau am Wehr beeinflusst.

Fluss-km 6+102 = Absturz 2 im Gutachten TUM entspricht km 6+100 (Schwelle 3) im Längsschnitt IB Ederer.

* Hoch- u. Tiefbau * Industriebau * Wasserbau * Statik * Wasserkraftanlagen *

Ingenieurbüro Ederer, Hauptstraße 7, 92699 Bechtsrieth

03.12.2020/AZ_12.doc Seite: 6

Das bedeutet, dass das Vorhaben mit Wehrbauwerk keinen Einfluss auf die oberhalb liegenden Wasserstände im Hochwasserfall hat.

Die Hochwasserstände bei verschiedenen Betriebszuständen bei HQ 100 und HQ 1000 (n, n-1, n-a) ergeben sich am Wehrbauwerk wie folgt, Auszug Gutachten TUM, Seite 32 :

	n	n-1		n-a	
		links	rechts	links	rechts
HQ ₁₀₀	606,3	<u>609,3</u>	<u>609,4</u>	609,3	609,1
HQ _{1.000}	<u>606,6</u>	610,1	610,1	609,7	609,7

Diese Hochwasserstände sind im Längsschnitt nochmals eingetragen. Oberhalb liegende Hochwasserstände sind nicht maßgeblich für das neue Bauwerk und beeinflussen somit die bestehende Bundesstraße nicht.

- Ca. bei Fluss-km 6+133 tritt beim HQ₁₀₀ eine beginnende, beim HQ_{1.000} eine leichte Ausuferung zur B305 auf. Wie oben beschrieben, ist dies aufgrund der Entkopplung bei Absturz 2 nicht auf den Einfluss des geplanten Wehrbauwerks zurückzuführen, sondern würde bereits im IST-Zustand auftreten.
- Hingewiesen werden muss auf die große dynamische Beanspruchung des Absperrbauwerks und der Verschlüsse durch starke Pulsationen des Wasserspiegels.

5.4.11 Zusammenfassung der Betriebssituation „Stau gelegt“

Letztendlich ergeben sich für alle zehn oben bildlich dargestellten Situationen folgende Schlussfolgerungen:

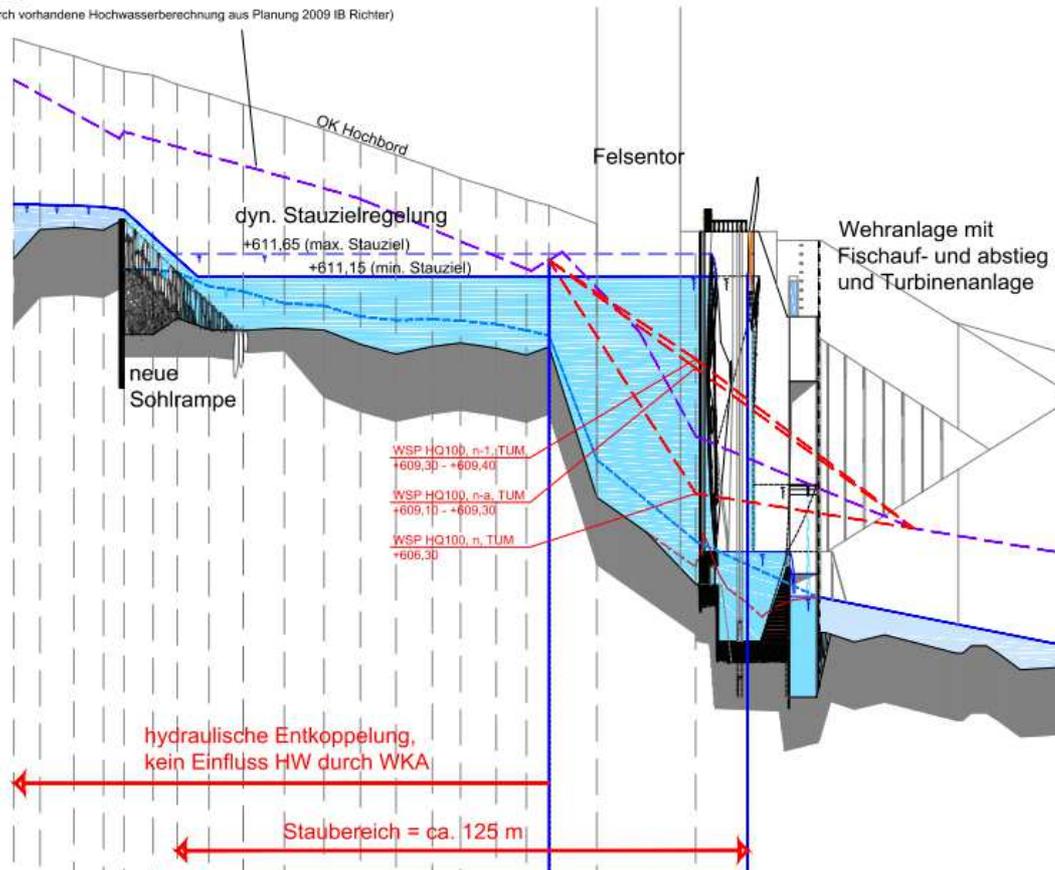
- Die für Bemessungsfall 1 und 2 nach DIN 19700 geforderte Leistungsfähigkeit der Wehranlage ist gegeben.
- Für den Bemessungsabfluss $BHQ_1 = HQ_{100}$ im (n-1)-Fall ergibt sich ein Oberwasserspiegel von etwa 609,4 m+NN (siehe Tabelle Tab. 5-2), der damit mehr als 2 m tiefer als das Stauziel Z_S liegt.
- Im Bemessungsfall 2 ($BHQ_1 = HQ_{1.000}$, (n)-Fall) liegt der Oberwasserspiegel nur etwa bei 606,6 m+NN (siehe Tabelle Tab. 5-2) und damit ca. 5 m unterhalb dem Stauziel Z_S .
- Anzumerken ist, dass auf Grund des sehr unruhigen Wasserspiegels an der Messstelle die Ergebnisse nur mit Dezimeter-Genauigkeit angegeben sind.

Tab. 5-2: Oberwasserspiegel in m+NN bei gelegtem Stau für alle zehn untersuchten Situationen (gemessen am Pegel OW-6). Unterstrichene Werte geben die Bemessungsfälle nach DIN 19700 an.

	n	n-1		n-a	
		links	rechts	links	rechts
HQ ₁₀₀	606,3	<u>609,3</u>	<u>609,4</u>	609,3	609,1
HQ _{1.000}	<u>606,6</u>	610,1	610,1	609,7	609,7

HQ100-Wasserstände, siehe Bilder
 Hochwasserabflußmodell TU München Obernach.
 Hochwasserlinie IST-Zustand und Neu-Zustand
 bleibt unverändert, siehe Gutachten TU München
 Obernach

(Abgleich durch vorhandene Hochwasserberechnung aus Planung 2009 IB Richter)

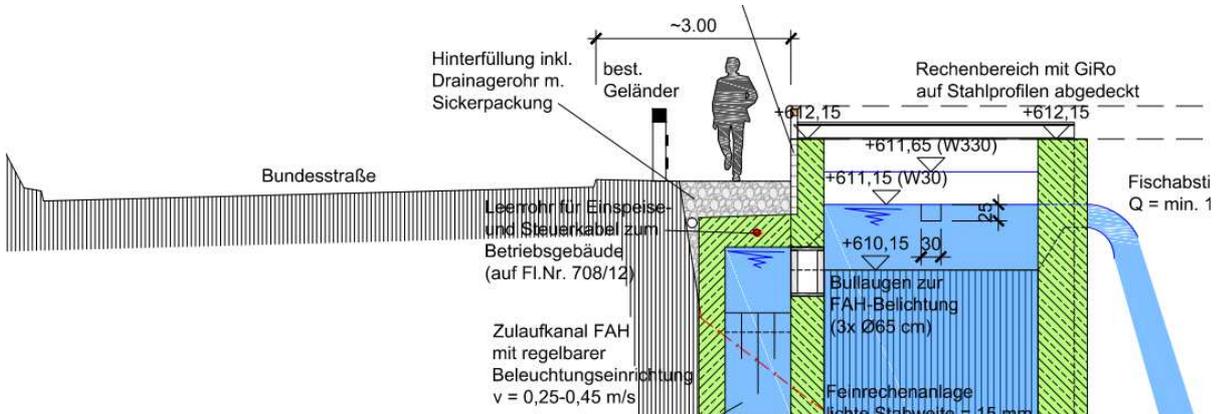


Die Stauwurzel bei Vollstau liegt ca. 125 m oberhalb der Wehranlage bei Profil 6+180.

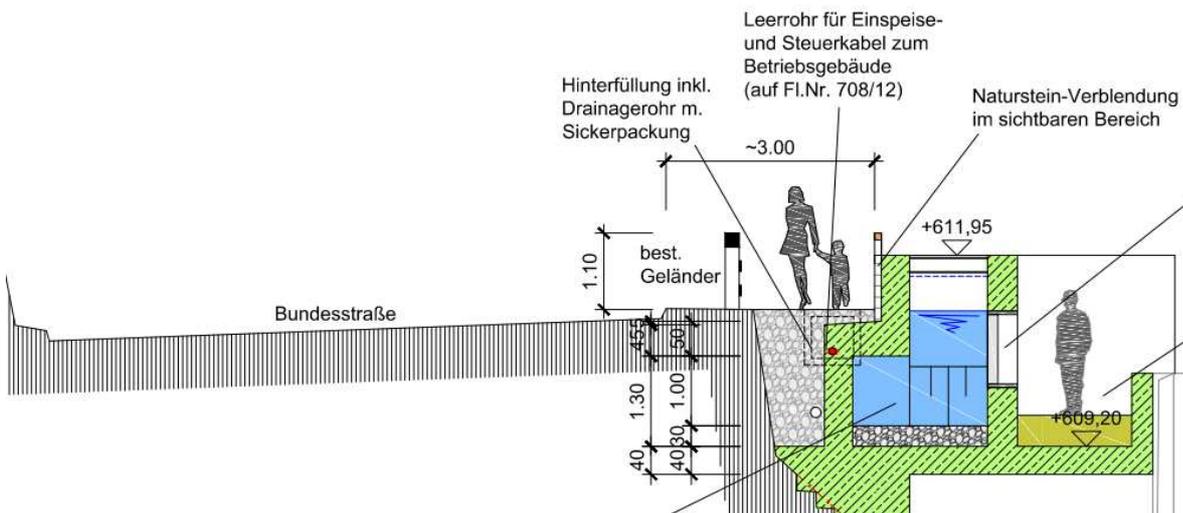
4. Freibord

Der Freibord zwischen Oberkante Hochbord Straße liegt bei $612,27 - 611,15 = 1,12$ m und bei $612,27 - 611,65 = 0,62$ m, je nach Abflusssituation (dynamische Stauregelung von 611,15 bis 611,65 m). Der Freibord liegt somit deutlich über 50 cm. Schwallerscheinungen sind nicht zu erwarten, siehe dazu Erläuterungen zu Pkt. 1.

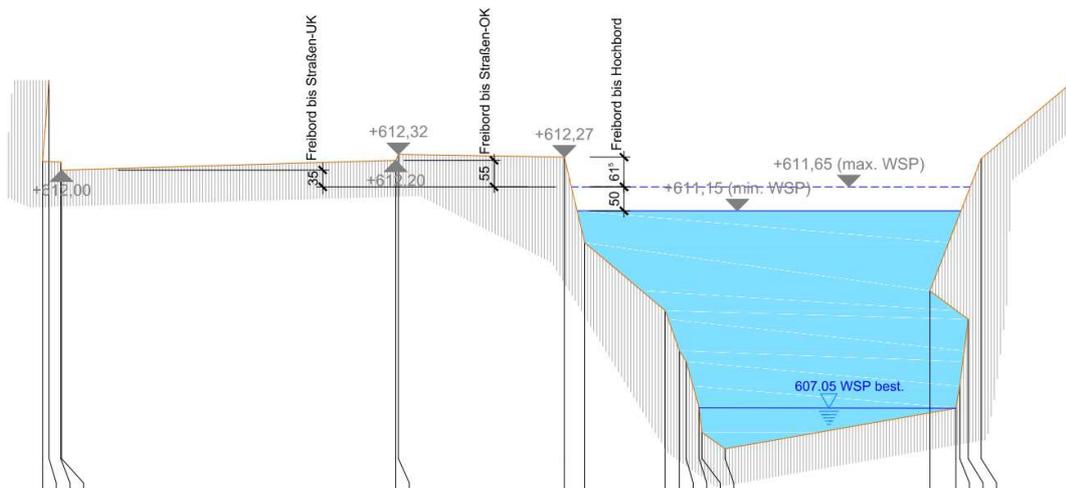
In den Plänen sind in den Schnitten die Höhenlagen der neuen Mauern eingetragen. Die Begrenzungswand zur Straße hat dabei eine Oberkante von 612,15 m bis 611,95 (Freibord 1,0/0,80 m bis 0,50/0,30 m).



Querprofil Nr. 20 = 6+058



Querprofil Nr. 22 = 6+045



Querprofil Nr. 18 = 6+090

* Hoch- u. Tiefbau * Industriebau * Wasserbau * Statik * Wasserkraftanlagen *

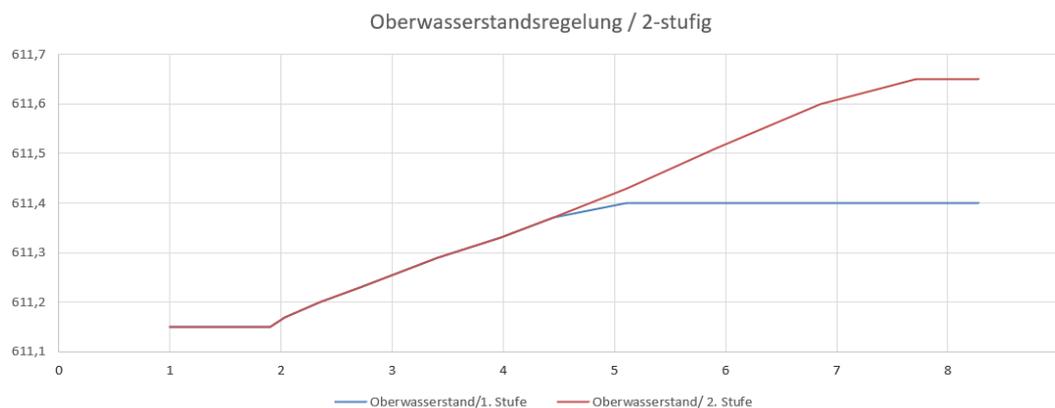
Ingenieurbüro Ederer, Hauptstraße 7, 92699 Bechtsrieth

03.12.2020/AZ_12.doc Seite: 10

Aus den Schnitten ist zudem zu erkennen, dass die Straßenentwässerung auf der gegenüberliegenden Seite des Bauwerkes liegt und somit kein Problem darstellt. Zusätzliche Entwässerungen können in dem Bereich zwischen best. Ufermauer und neuem Bauwerk geführt und unterhalb des neuen Bauwerkes in die Ache abgeleitet werden, wenn eine direkt Einleitung von unbehandeltem Straßenkörperwasser überhaupt zulässig ist. Zudem können diese Details noch im Zuge der Ausführungsplanung gemeinsam abgestimmt werden.

Bezüglich Erhöhung des Freibordes wäre es noch denkbar, die maximale Stauhöhe vorerst auf eine Höhe von 611,40 m (Antrag 611,65) zu begrenzen und die Dynamik von 611,15 bis 611,40 festzulegen. Der Endstau mit maximal 611,65 könnte dann nach Fertigstellung der Galerielösung umgesetzt werden. Bei der Galerielösung könnte dann der Endstau baulich besser berücksichtigt werden (höhere Straßenhochbordaufführung usw.).

Bezeichnung	Wassermenge	Oberwasserstand/1. Stufe	Oberwasserstand/ 2. Stufe
Q1	1,00	611,15	611,15
Q30	1,90	611,15	611,15
Q40	2,03	611,17	611,17
Q70	2,35	611,20	611,20
Q100	2,71	611,23	611,23
Q150	3,41	611,29	611,29
Q183	3,97	611,33	611,33
Q210	4,45	611,37	611,37
Q240	5,11	611,40	611,43
Q270	5,91	611,40	611,51
Q300	6,85	611,40	611,60
Q320	7,71	611,40	611,65
Q330	8,28	611,40	611,65



5. Unterhaltslasten

Diese Angabe findet sich im Erläuterungsbericht. Die genaue Festlegung zwischen Straßenbauamt und Anlagenbetreiber könnte im Zuge der weiteren Planungen (z.B. Ausführungsplanung) noch gemeinsam festgelegt und abgestimmt werden.

6. Alter Holzsteg

Dazu wurde im Protokoll vom 11.03.2020 festgehalten, dass der Antragsteller einen Fußweg erstellen wird. Das Protokoll vom 11.03.2020 liegt bei. Der alte Holzsteg ist aufgrund der Bau-fälligkeit und der Einsturzgefahr bereits seit mehreren Jahren gesperrt. Ein Ersatzbauwerk wäre somit bei Bedarf sowieso not-wendig, so dass der notwendige Freibord entsprechend der neuen Stausituation angepaßt werden könnte. Im Hochwasserfall liegt der Wasserstand bei maximal 609,40 (HW100 n-1), so dass genügend Frei-bord wegen hoher Treibgutfracht vorhanden ist.

Der Antragsteller ist derzeit für diesen Steg nicht unterhalts-pflichtig. Es wäre also durchaus im Interesse aller Beteiligten (z.B. Straßenbauamt, zuständige Gemeinde), dass der Bauherr der Wasserkraftanlage diesen neu erstellt und somit keine Kosten für die dafür zuständigen Behörden anfallen (Straßenbauamt/Gemeinde). Der Ersatzneubau des Steges kann bei Bedarf durchaus in einem eigenständigen Verfahren geklärt bzw. genehmigt werden.

7. Schreiben WWA vom 25.03.2020:

Dazu wurde nicht die Vollständigkeit der Antragsunterlagen ange-zweifelt, sondern die Abarbeitung der eingegangenen Einwendungen, unter anderem die des Straßenbauamtes, die ja in Arbeit ist.

Die Antragsunterlagen wurden öffentlich ausgelegt und somit die Vollständigkeit der Unterlagen bestätigt. Die Prüfung der Voll-ständigkeit wurde durch das Landratsamt bzw. WWA Traunstein veranlasst, ansonsten wäre keine öffentliche Auslegung erfolgt. Die entsprechenden Einwendungen zum Vorhaben liegen bereits vor und werden nunmehr in die vorliegende Planung eingeabeitet. Das WWA Traunstein bestätigt dieses Vorgehen mit Schreiben vom 25.03.2020.

8. Forderung einer 2D-hydrodynamischen Berechnung:

Das zuständige Wasserwirtschaftsamt Traunstein als Sachverständiger hat dazu keine zusätzlichen Forderungen erhoben, da durch das Gutachten der TU München (TUM) die offenen Fragen diesbezüglich geklärt wurden.

-Hochwassereinfluss auf oberhalb liegende Bauwerke ist ausgeschlossen.

-Schwallerscheinungen treten nicht auf, da das Ableitsystem mit drei absenkbaaren Stauklappen entsprechend ausgeführt wird, siehe Pkt. 1.

-Verklaeselungen wurden im Gutachten der TUM untersucht und dazu Empfehlungen gegeben, die in der Planung berücksichtigt wurden (anheben Segmentwehre ab Hochwasserabflüssen > HQ 1, Treibgutbagger in Form eines Hydraulikgreifers der auch bei Stromausfall in Funktion ist (Notstromversorgung). Besetzung der Anlage bei Hochwasserereignissen und entsprechender Anlagenüberwachung (Kameras, Störmeldungen usw.).

-Der Einfluss möglicher Verklaeselungen wurden mit den entsprechenden Lastfällen (n-1, n-a) untersucht.

-Alle möglichen Lastfälle (n, n-1, n-a) wurden untersucht und festgestellt, dass die Wehranlage die geforderte Leistungsfähigkeit nach DIN 19700 erfüllt.

Die von der TUM gemachten Modellergebnisse sollten laut Ihren Aussagen als Eichung für die 2D-hydrodynamische Berechnung dienen, wonach folglich das Ergebnis das gleiche ist.

Schwalluntersuchungen sind nicht erforderlich, da diese durch die Anlagenregelungen ausgeschlossen sind (Absenkezeiten Stauklappen, Schließzeiten Turbine).

Verklaeselungen durch Verschluss der Wehrfelder wurden im Modell untersucht.

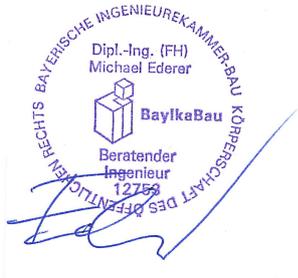
Bei Fragen zu den Unterlagen bitte ich um entsprechende Rückmeldung. Gerne können wir den Sachverhalt mit dem zuständigen Wasserwirtschaftsamt Traunstein noch besprechen und abstimmen.

* Hoch- u. Tiefbau * Industriebau * Wasserbau * Statik * Wasserkraftanlagen *

Ingenieurbüro Ederer, Hauptstraße 7, 92699 Bechtsrieth

03.12.2020/AZ_12.doc Seite: 13

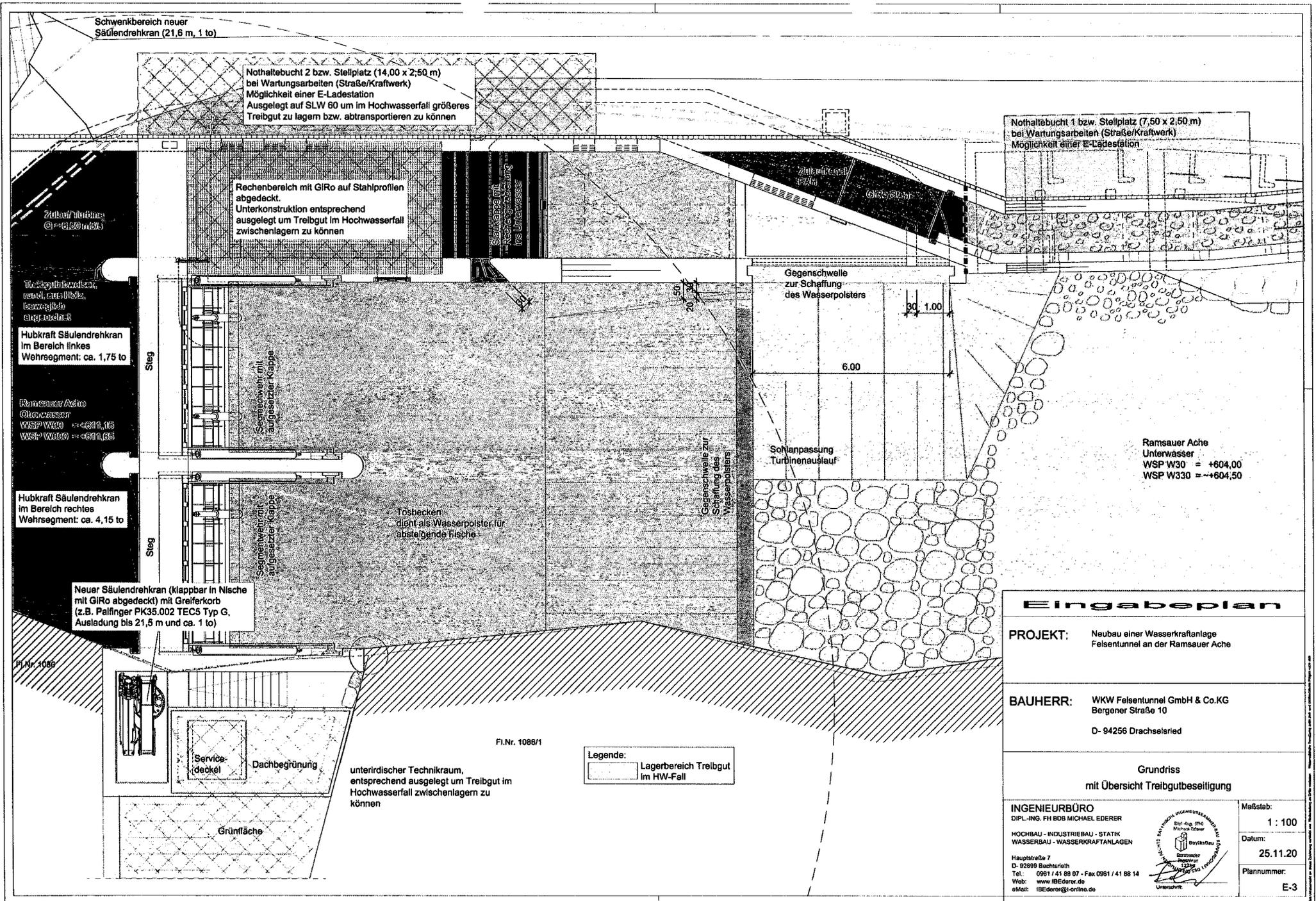
Mit freundlichen Grüßen



Dipl.-Ing. FH
Michael Ederer
Beratender Ingenieur

Anlagen:

Plan Längs-1, Längsschnitt vom 25.11.2020
Plan E-3, Grundriss Treibgutbeseitigung vom 25.11.2020
Plan QP-18
Ermittlung Wehrabsenkzeiten-Ableitmengen
Option Dynamik: 611,15 bis 611,40
Schwallberechnung



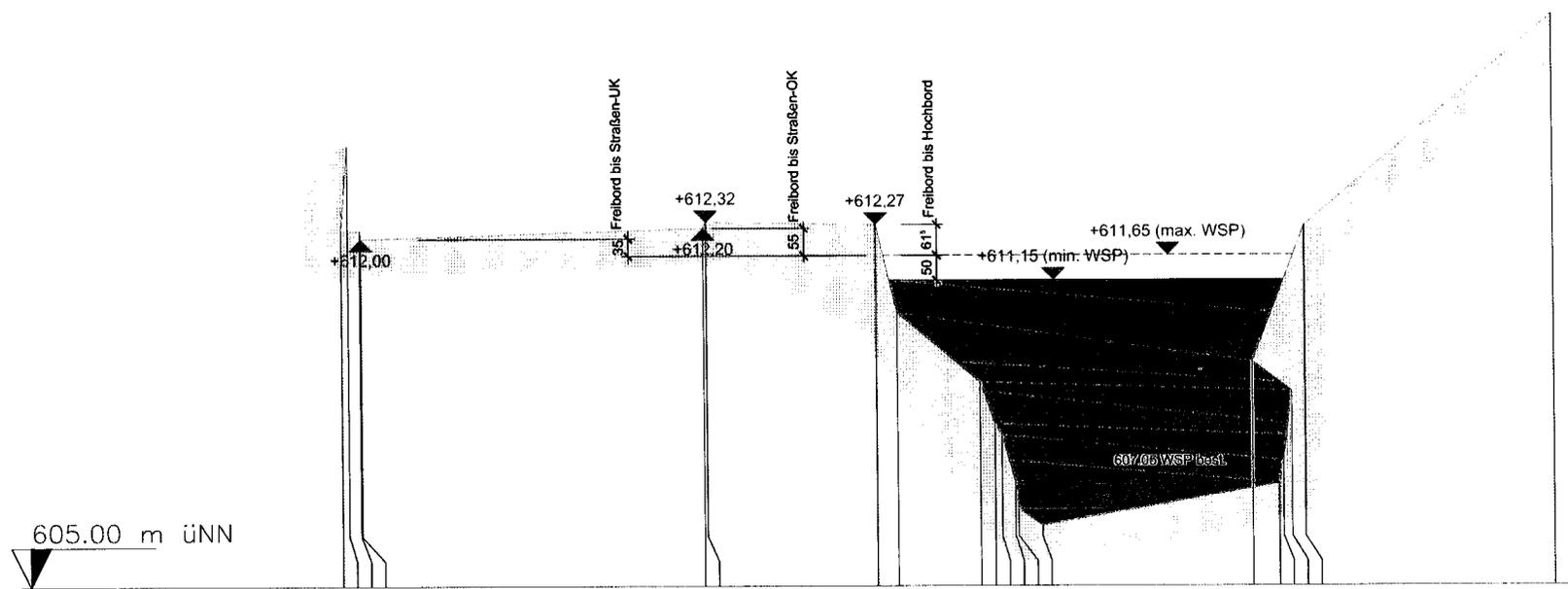
Eingabeplan

PROJEKT: Neubau einer Wasserkraftanlage
Felsentunnel an der Ramsauer Ache

BAUHERR: WKW Felsentunnel GmbH & Co.KG
Bergener Straße 10
D- 94256 Drachselsried

Grundriss mit Übersicht Treibgutbesetzung

INGENIEURBÜRO DIPL.-ING. FH BOB MICHAEL EDERER HOCHBAU - INDUSTRIEBAU - STATIK WASSERBAU - WASSERKRAFTANLAGEN Hauptstraße 7 D- 92609 Buchlerath Tel.: 0961 / 41 88 07 - Fax 0961 / 41 88 14 Web: www.IBEderer.de eMail: IBEderer@t-online.de		Maßstab:
		1 : 100
		Datum:
		25.11.20
		Plannummer:
		E-3



605.00 m üNN

Wehr beweglich									
Bauwerk Oberkante									
Bauwerk Unterkante									
Gelände [m üNN]	612.18 612.06 612.16 612.00		612.30 612.32		612.27 610.49	609.08 608.24 608.02 607.06 606.54 606.21		609.49 607.95 607.51 608.90 612.33	616.47
Station [m]	-0.13 0.00 0.04 0.16		7.15 7.20		10.62 11.04	12.70 12.99 13.13 13.40 13.46 13.93		18.16 18.69 18.97 18.94 19.21	24.21

Eingabeplan

PROJEKT: Neubau einer Wasserkraftanlage Felsentunnel an der Ramsauer Ache	Querprofil 18 6 + 090 m
BAUHERR: WKW Felsentunnel GmbH & Co.KG Bergener Straße 10 D- 84256 Drachselsried	INGENIEURBÜRO DIPL.-ING. FH BDB MICHAEL EDERER HOCHBAU - INDUSTRIEBAU - STATIK WASSERBAU - WASSERKRAFTANLAGEN
	Maßstab: 1 : 100 Datum: 01.12.20 Plannummer: QP-18
	<small>Hirzelstraße 7 D- 82899 Bechtlaroth Tel.: 0981 / 41 88 07 - Fax 0981 / 41 88 14 Web: www.IBEderer.de eMail: IBEderer@i-online.de</small>

WKA Felsentunnel: Wehrabsenkzeiten - Ableitungen

$Q = 2/3 \mu \cdot b \cdot v (2 \cdot g) \cdot h^{3/2}$ - Wehrabflussformel

Nr.	Klappenbreite in m	Überfallbeiwert	Absenkgeschwindigkeit Wehrklappen in m/min	Absenzeit in Minuten	Absenzeit in Sekunden	Absenkhöhe in m	Wassermenge Wehrfelder in m ³ /s	Wassermenge Turbine in m ³ /s
Klappe 1 - Spülklappe (*)	3,25	0,70	6,00	0,03	1,8	0,18	0,51	
Klappe 2 - Wehraufsatz 1 (**)	5,20	0,70	6,00	0,03	1,8	0,18	0,82	
Klappe 3 - Wehraufsatz 2 (n-1)	5,20	0,70	0,00	0,03	1,8	0,00	0,00	
SUMME							1,33	5,17

Nr.	Breite in m	Überfallbeiwert	Absenkgeschwindigkeit Wehrklappen in m/min	Absenzeit in Minuten	Absenzeit in Sekunden	Absenkhöhe in m	Wassermenge in m ³ /s	Wassermenge Turbine in m ³ /s
Klappe 1 - Spülklappe (*)	3,25	0,70	6,00	0,05	3	0,30	1,10	
Klappe 2 - Wehraufsatz 1 (**)	5,20	0,70	6,00	0,05	3	0,30	1,77	
Klappe 3 - Wehraufsatz 2 (n-1)	5,20	0,70	0,00	0,05	3	0,00	0,00	
SUMME							2,87	3,63

Nr.	Breite in m	Überfallbeiwert	Absenkgeschwindigkeit Wehrklappen in m/min	Absenzeit in Minuten	Absenzeit in Sekunden	Absenkhöhe in m	Wassermenge in m ³ /s	Wassermenge Turbine in m ³ /s
Klappe 1 - Spülklappe (*)	3,25	0,70	6,00	0,07	4,2	0,42	1,83	
Klappe 2 - Wehraufsatz 1 (**)	5,20	0,70	6,00	0,07	4,2	0,42	2,93	
Klappe 3 - Wehraufsatz 2 (n-1)	5,20	0,70	0,00	0,07	4,2	0,00	0,00	
SUMME							4,75	1,75

Nr.	Breite in m	Überfallbeiwert	Absenkgeschwindigkeit Wehrklappen in m/min	Absenzeit in Minuten	Absenzeit in Sekunden	Absenkhöhe in m	Wassermenge in m ³ /s	Wassermenge Turbine in m ³ /s
Klappe 1 - Spülklappe (*)	3,25	0,70	6,00	0,09	5	0,52	2,50	
Klappe 2 - Wehraufsatz 1 (**)	5,20	0,70	6,00	0,09	5	0,52	4,00	
Klappe 3 - Wehraufsatz 2 (n-1)	5,20	0,70	0,00	0,09	5	0,00	0,00	
SUMME							6,50	0,00

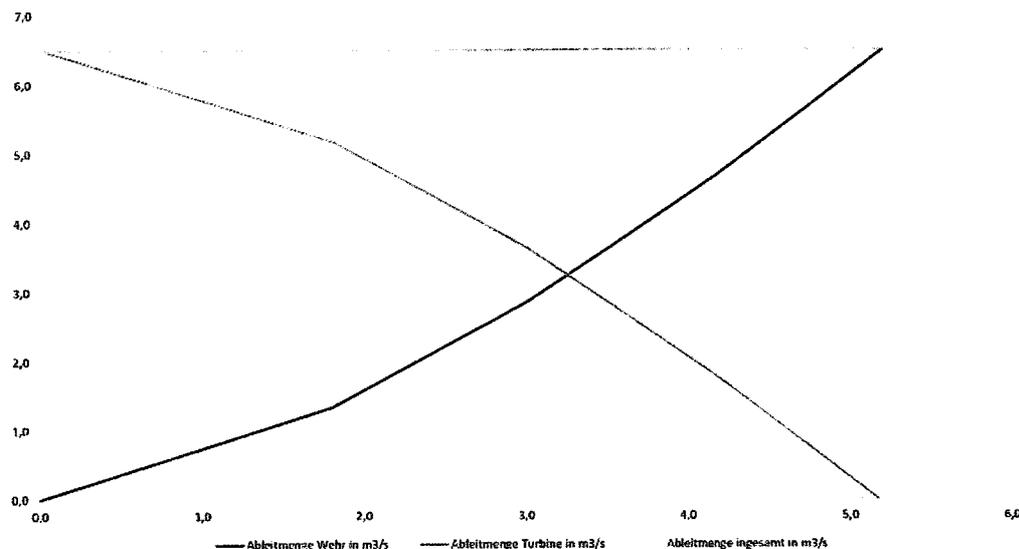
(*) Klappenabsenkung bei Störfall "über Stromhalteventil mit entsprechend dimensionierter Hydraulikrücklaufleitung" innerhalb 15 Sekunden bei Netzausfall, Klappenhöhe h = 1,5 m, v Absenkung = 1,5 m/0,25 Min. = 6 m/min.

(**) Klappenabsenkung wie Spülklappe, nur eine Wehraufsatzklappe betrachtet, 2. Wehrfeld Störfall, Redundant = zusätzlich bei Bedarf vorhanden

TABELLE: Absenkzeit - Ableitung

Nr.	Absenkzeit in Minuten	Absenkzeit in Sekunden	Ableitmenge Wehr in m ³ /s	Ableitmenge Turbine in m ³ /s	Ableitmenge insgesamt in m ³ /s	Bemerkung
Spül- + Aufsatzklappe 1 oder 2	0,00	0,0	0,0	6,5	6,5	Maximal Qa = 6,5 m ³ /s
Spül- + Aufsatzklappe 1 oder 2	0,03	1,8	1,3	5,2	6,5	"Segelstellung" Turbine
Spül- + Aufsatzklappe 1 oder 2	0,05	3,0	2,9	3,6	6,5	"Segelstellung" Turbine
Spül- + Aufsatzklappe 1 oder 2	0,07	4,2	4,8	1,7	6,5	"Segelstellung" Turbine
Spül- + Aufsatzklappe 1 oder 2	0,09	5,2	6,5	0,0	6,5	QA = 6,50 m ³ /s, Schließzeit der Turbine mind. 6 Sekunden

Absenk - Ableitdiagramm

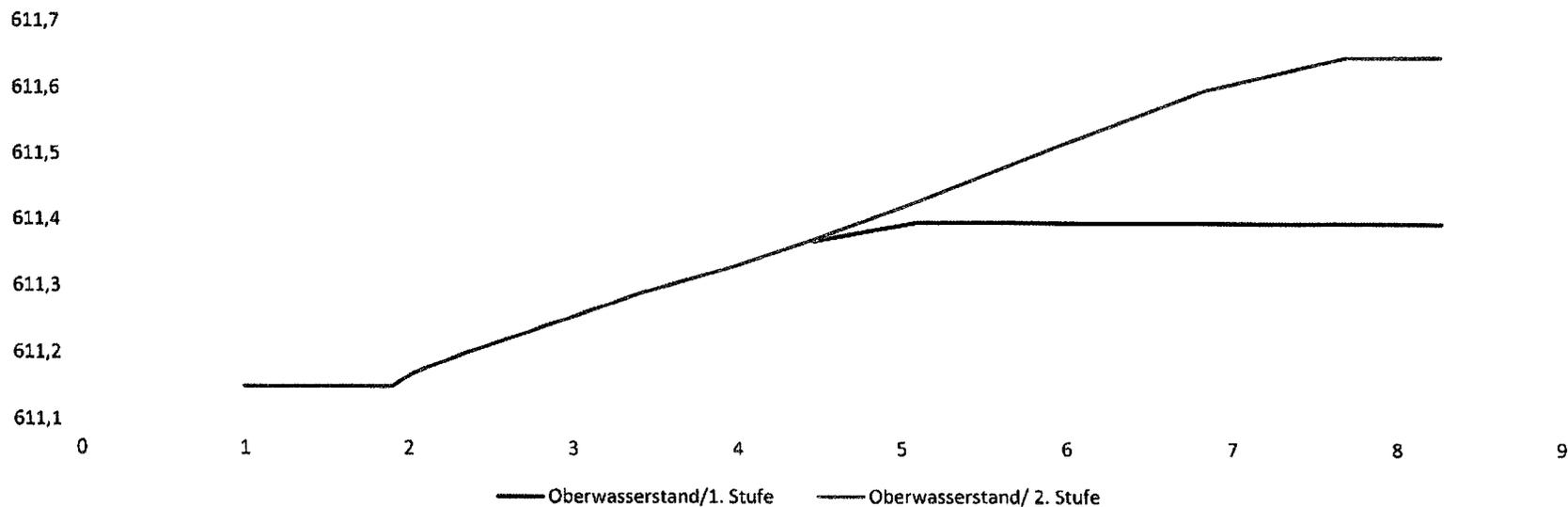


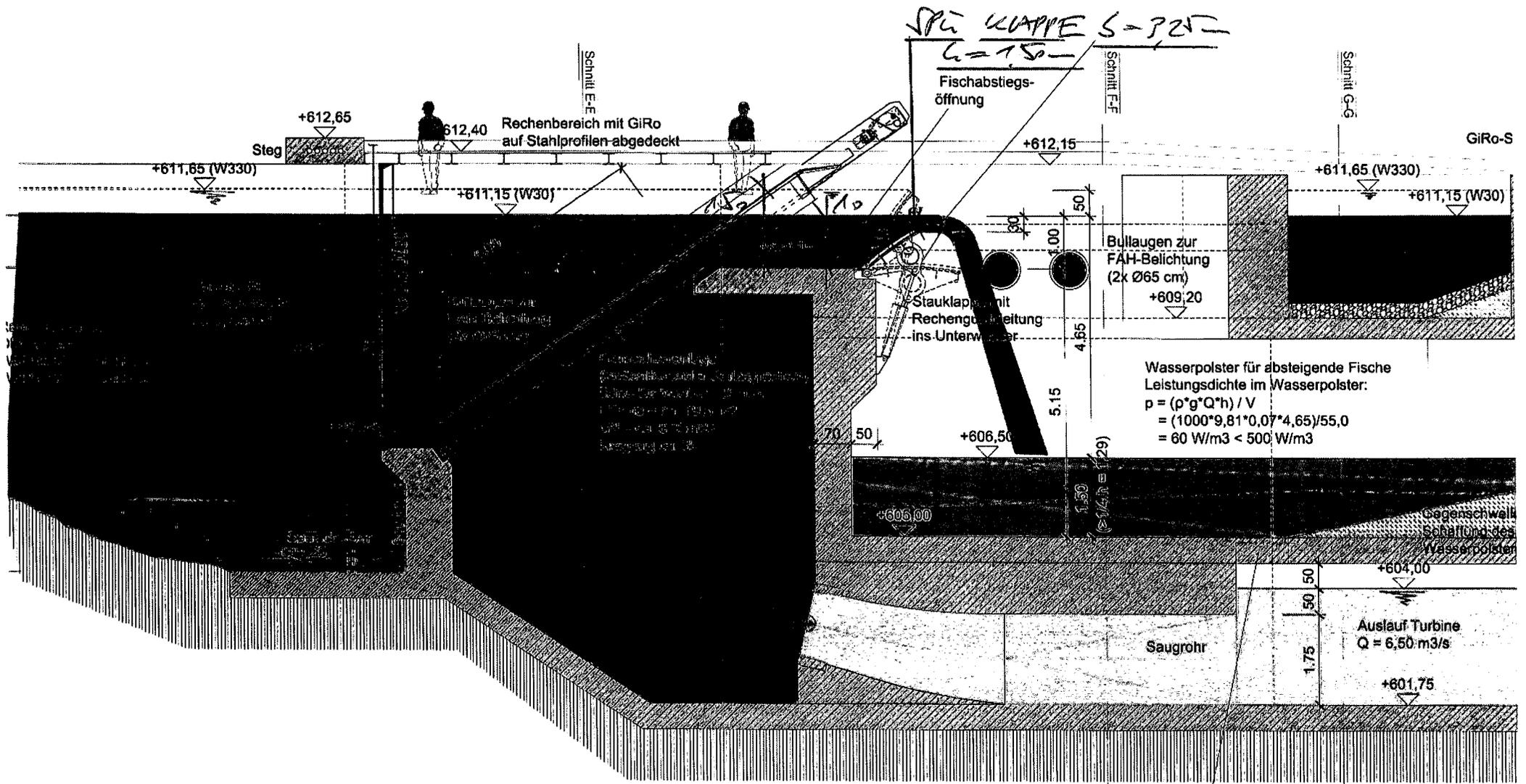
3/12/2020
 Dipl.-Ing. FH Michael Ederer
 Ingenieurbüro
 Hauptstraße 7
 92699 Bechtsrieth
 Tel. 0961 / 41 88 07 - Fax 41 88 14

WKA FELSENTUNNEL - OBERWASSERDYNAMIK - DYNAMISCHE STAUZIELREGELUNG - Stand 2020 / 2 Stufig

Bezeichnung	Wassermenge	Oberwasserstand/1. Stufe	Oberwasserstand/2. Stufe	Unterwasserstand	Fallhöhe-Standort	
					1. Stufe	2. Stufe
Q1	1,00	611,15	611,15	604,00	7,15	7,15
Q30	1,90	611,15	611,15	604,00	7,15	7,15
Q40	2,03	611,17	611,17	604,02	7,15	7,15
Q70	2,35	611,20	611,20	604,04	7,16	7,16
Q100	2,71	611,23	611,23	604,08	7,15	7,15
Q150	3,41	611,29	611,29	604,14	7,15	7,15
Q183	3,97	611,33	611,33	604,18	7,15	7,15
Q210	4,45	611,37	611,37	604,22	7,15	7,15
Q240	5,11	611,40	611,43	604,28	7,12	7,15
Q270	5,91	611,40	611,51	604,36	7,04	7,15
Q300	6,85	611,40	611,60	604,45	6,95	7,15
Q320	7,71	611,40	611,65	604,47	6,93	7,18
Q330	8,28	611,40	611,65	604,50	6,90	7,15

Oberwasserstandsregelung / 2-stufig

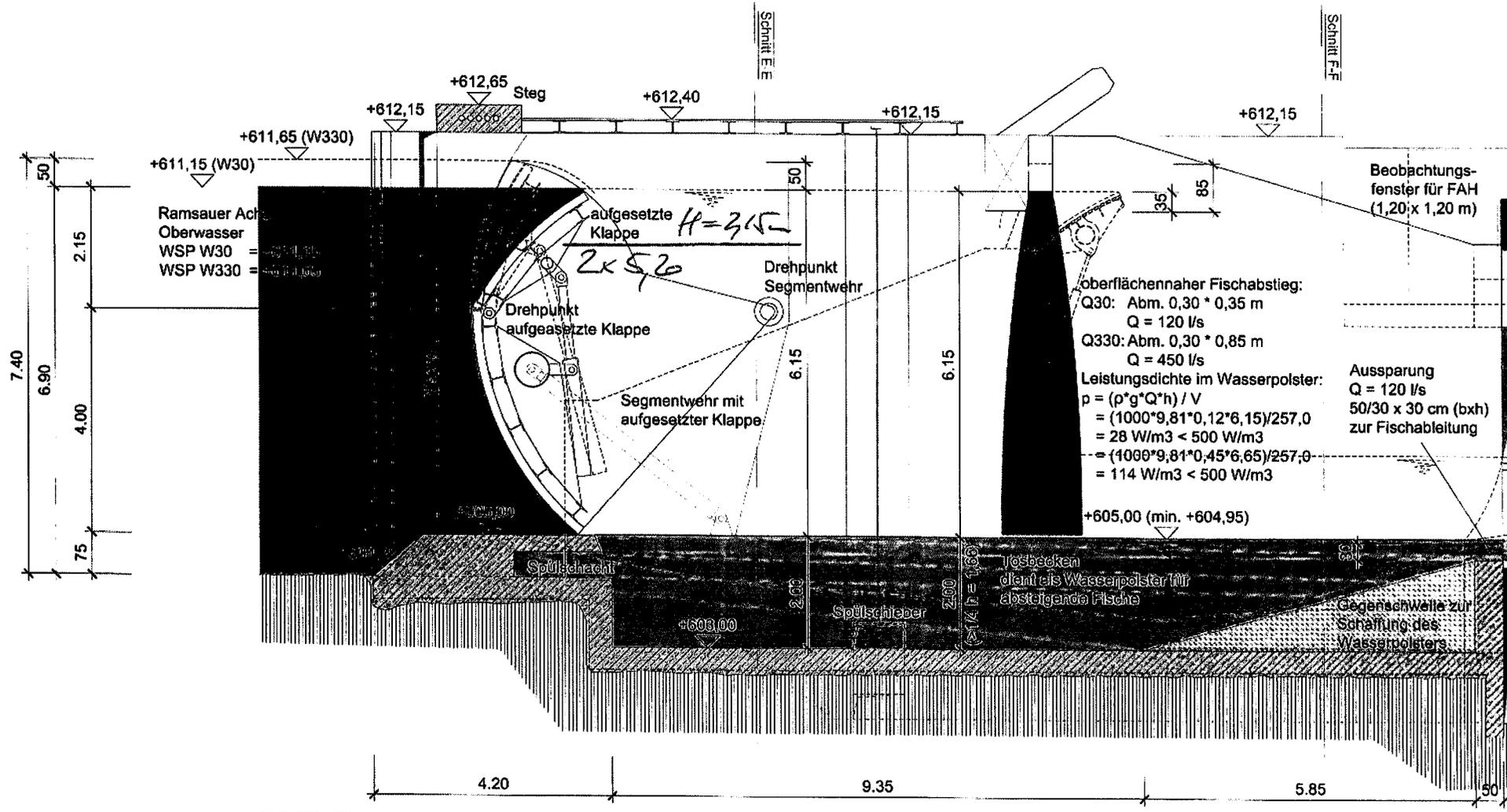




Technische Daten Turbine:

Turbinenart: doppelgeregelte Kaplan turbine
 Q_A : max. 6,50 m³/s
 Δh W 30: ca. 7,15 m (Bruttofallhöhe)
 Δh W330: ca. 7,15 m (Bruttofallhöhe)
 P_G W 30: ca. 80 kW
 P_G W330: ca. 380 kW

Einstieg in UW/Saugrohr,
Wasserdicht mit Revisionsablauf

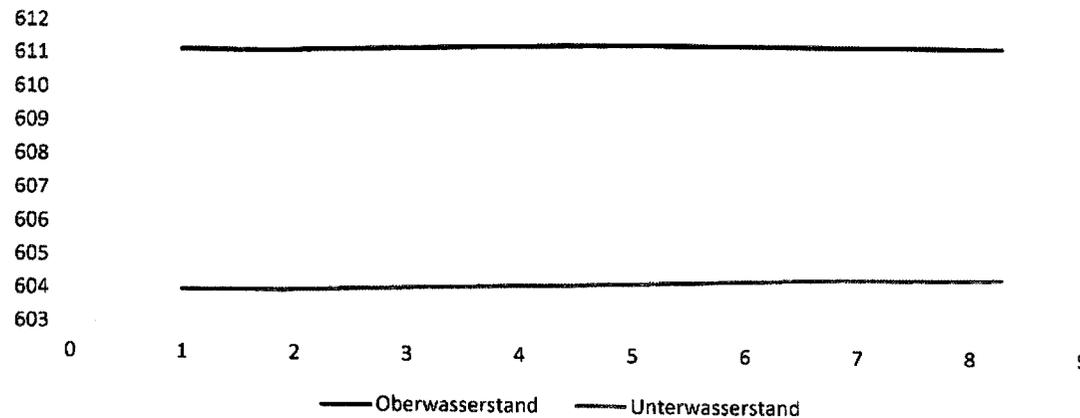


Schnitt A-A

WKA FELSENTUNNEL - OBERWASSERDYNAMIK - DYNAMISCHE STAUZIELREGELUNG - Stand 2020 - 1. AUSBAUSTUFE

Bezeichnung	Wassermenge	Oberwasserstand	Unterwasserstand	Fallhöhe-Standort
Q1	1,00	611,15	604,00	7,15
Q30	1,90	611,15	604,00	7,15
Q40	2,03	611,17	604,02	7,15
Q70	2,35	611,20	604,04	7,16
Q100	2,71	611,23	604,08	7,15
Q150	3,41	611,29	604,14	7,15
Q183	3,97	611,33	604,18	7,15
Q210	4,45	611,37	604,22	7,15
Q240	5,11	611,40	604,28	7,12
Q270	5,91	611,40	604,36	7,04
Q300	6,85	611,40	604,45	6,95
Q320	7,71	611,40	604,47	6,93
Q330	8,28	611,40	604,50	6,90

Fallhöhendigramm

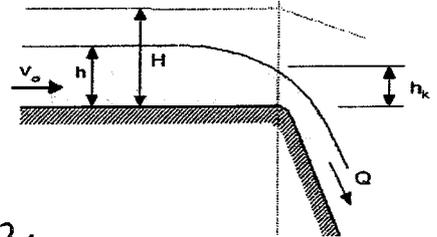


Dipl.-Ing. FH Michael Ederer
 Ingenieurbüro
 Hauptstraße 7
 92699 Bechtolsheim
 Tel. 0961 / 41 88 07 - Fax 41 88 14

3/12/20

Datum : 2008
 Objekt : Beispiel 1

VOLLKOMMENER ÜBERFALL *(Turbulenter Schwall)*



Eingaben :

Überfallbreite	$b = 3,50 \text{ m}$
Beiwert	$\mu = 0,700$
Anlaufgeschwindigkeit	$v_0 = 0,00 \text{ m/s}$
Abflussmenge	$Q = 6,500 \text{ m}^3/\text{s} \sim Q_A$

Resultate :

Überfallhöhe	$h_0 = 0,93 \text{ m} < 1,0 - 611,15$
Energiehöhe	$H = 0,93 \text{ m} < 1,25 - 611,40$
Kritische Höhe	$h_k = 0,71 \text{ m}$

VOLLKOMMENE ÜBERFALL BEI TURBULENTER SCHWALL
 $MAX Q_A = 6 \sqrt{H} - 3$

WKA FELSENTUNNEL - SCHWALLBERECHNUNG

Nr	Grunddaten:				Bemerkung
	Abfluss: Maximum	Q0	m3/s	6,5	
	Abfluss: Minimum	Q1	m3/s	0,0	
	Abflussveränderung	Delta Q	m3/s	6,5	
	Abflusstiefe	h0	m	5,00	Wassertiefe am Wehr
	Abflussbreite	y0	m	10,0	Profilbreite im Oberwasser am Wehr
	Abflussfläche	A0	m2	50,0	
	Abflussfläche	A1	m2	51,0	
	Ansatz z	z	m	0,10	
	Ansatz: Schwallgeschwindigkeit	c	m/s	-6,87	
	Ansatz: Schwallhöhe	z	m	0,09	
	Geschwindigkeit	v0	m/s	0,13	
	Geschwindigkeit	v1	m/s	0,00	
	Geschwindigkeitsänderung	Delta v	m/s	0,13	
	Berechnung Schwallhöhe	$((v0-v1)^2)/(2 \cdot 9,81)$		0,0009	
		z	m	0,09	Schwallhöhe
	Berechnung Schwallgeschwindigkeit:	c	m/s	6,97	Stromaufwanderung Schwall

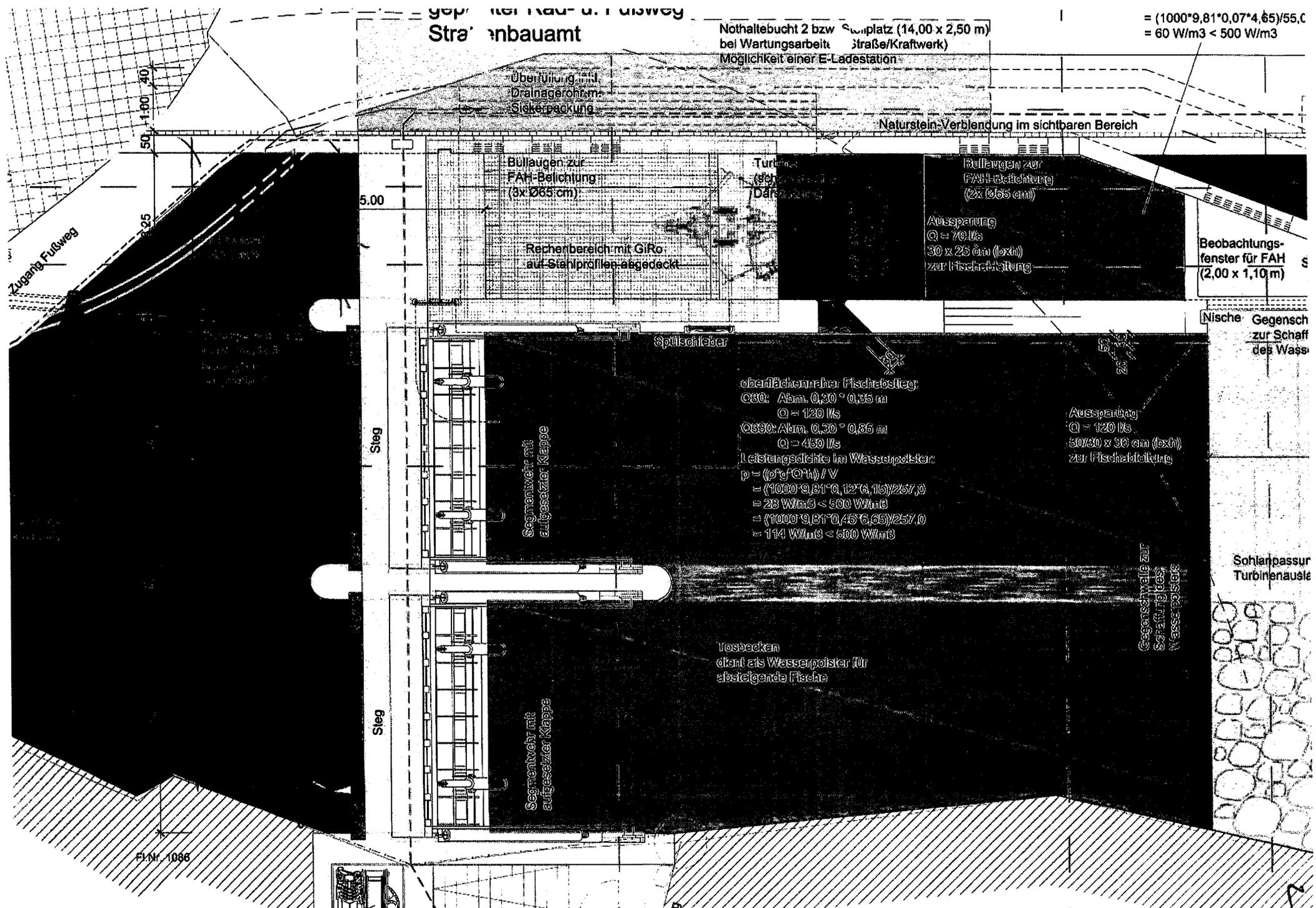
3/12/22

Dipl.-Ing. FH Michael Ederer
 Ingenieurbüro
 Hauptstraße 7
 92699 Bechtsrieth
 Tel. 0961 / 41 88 07 - Fax 41 88 14

gep. ... u. Fußweg
Strassenbauamt

Nothaltebucht 2 bzw. Stellplatz (14,00 x 2,50 m)
bei Wartungsarbeit Straße/Kraftwerk
Möglichkeit einer E-Ladestation

$= (1000 \cdot 9,81 \cdot 0,07 \cdot 4,65) / 55,0$
 $= 60 \text{ W/m}^3 < 500 \text{ W/m}^3$



Büllaugen zur FAH-Belichtung (Øx 265 cm)

Türne (siehe Detail)

Büllaugen zur FAH-Belichtung (2x Ø 265 cm)

Ausspannung
 $Q = 70 \text{ l/s}$
30 x 25 cm (lxh)
zur Fischableitung

Beobachtungsfenster für FAH (2,00 x 1,10 m)

Nische Gegensch zur Schaff des Wass

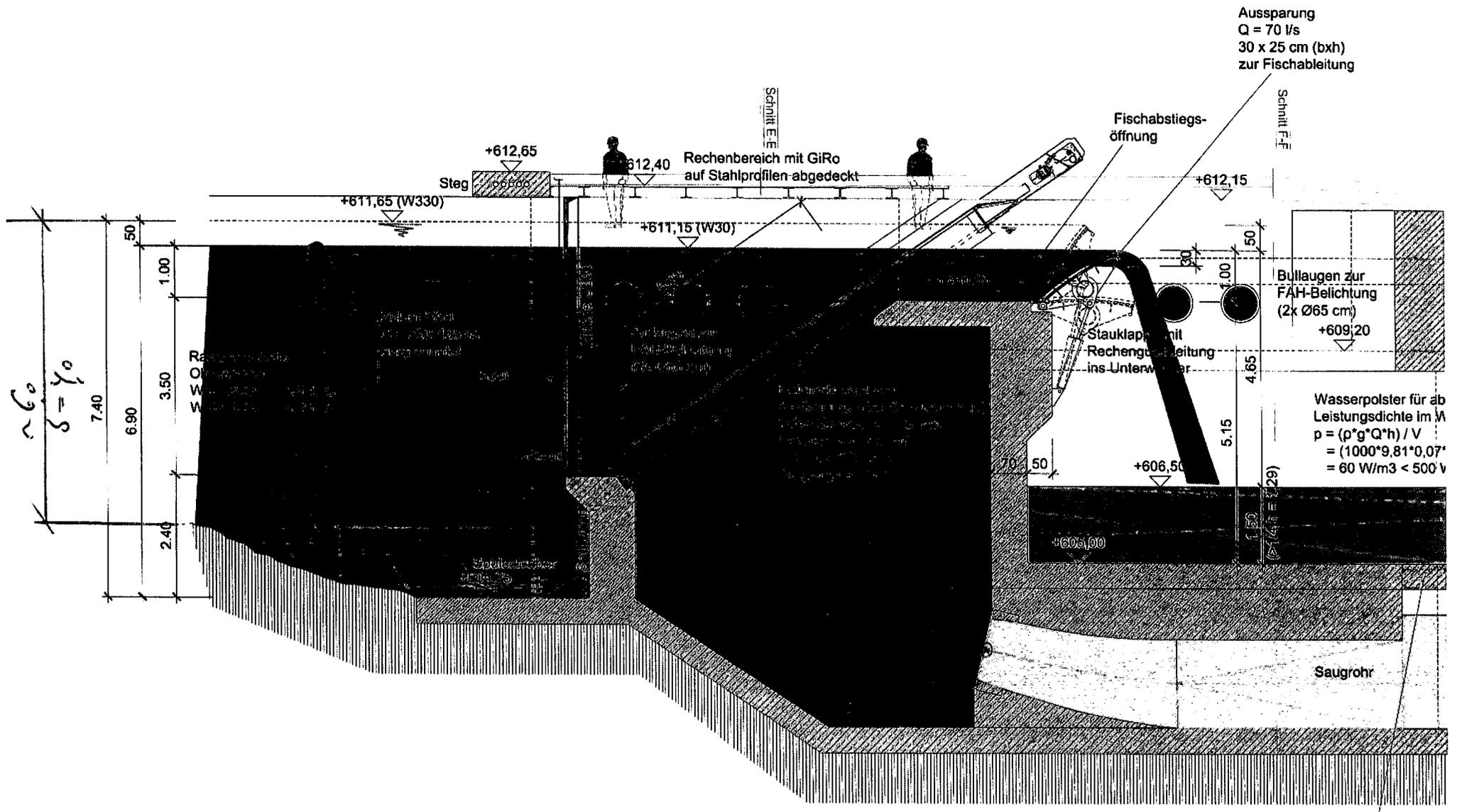
oberflächennaher Fischestieg:
O30: Abm. 0,30 x 0,85 m
 $Q = 120 \text{ l/s}$
O30: Abm. 0,30 x 0,85 m
 $Q = 450 \text{ l/s}$
Leistungsdichte im Wasserpolster:
 $p = (p \cdot g \cdot Q \cdot h) / V$
 $= (1000 \cdot 9,81 \cdot 0,12 \cdot 6,15) / 257,0$
 $= 28 \text{ W/m}^3 < 500 \text{ W/m}^3$
 $= (1000 \cdot 9,81 \cdot 0,45 \cdot 6,65) / 257,0$
 $= 114 \text{ W/m}^3 < 500 \text{ W/m}^3$

Ausspannung
 $Q = 120 \text{ l/s}$
50/30 x 30 cm (lxh)
zur Fischableitung

Sohlanpassur Turbinenauste

Testbecken dient als Wasserpolster für absteigende Fische

Gegenschwelle zur Schaffung des Wasserpolsters

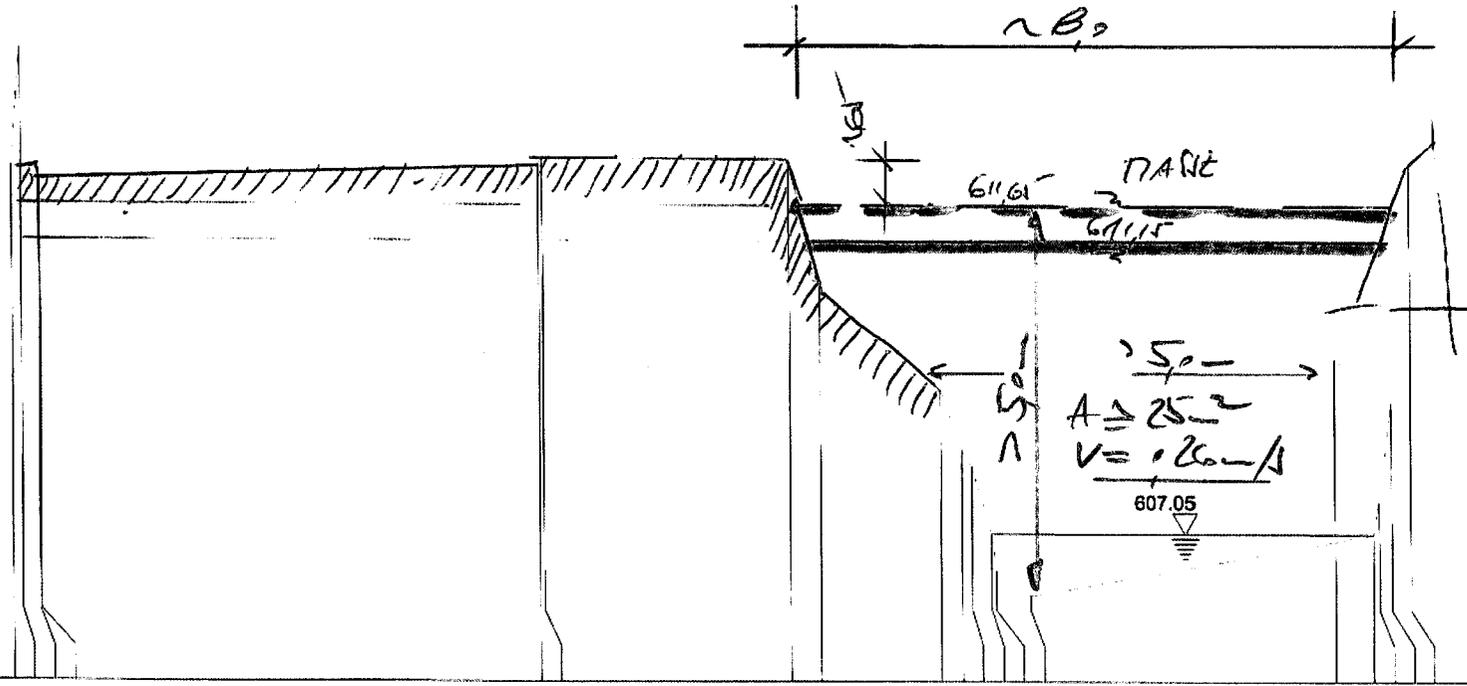


Technische Daten Turbine:

Einstieg in UW/Saug

3

30 m üNN



r beweglich

werk Oberkante

werk Unterkante

höhe [m üNN]	-0.13	612.18	0.00	613.86	0.24	612.16	0.26	612.00	7.15	612.20	7.20	612.32	10.62	612.27	11.04	610.49	12.70	609.08	12.99	608.24	13.13	608.02	13.40	607.06	13.46	606.54	13.93	606.21	18.16	609.49	18.69	607.05	18.77	607.51	18.94	608.90	19.21	612.23	
tiefe [m]																																							

2

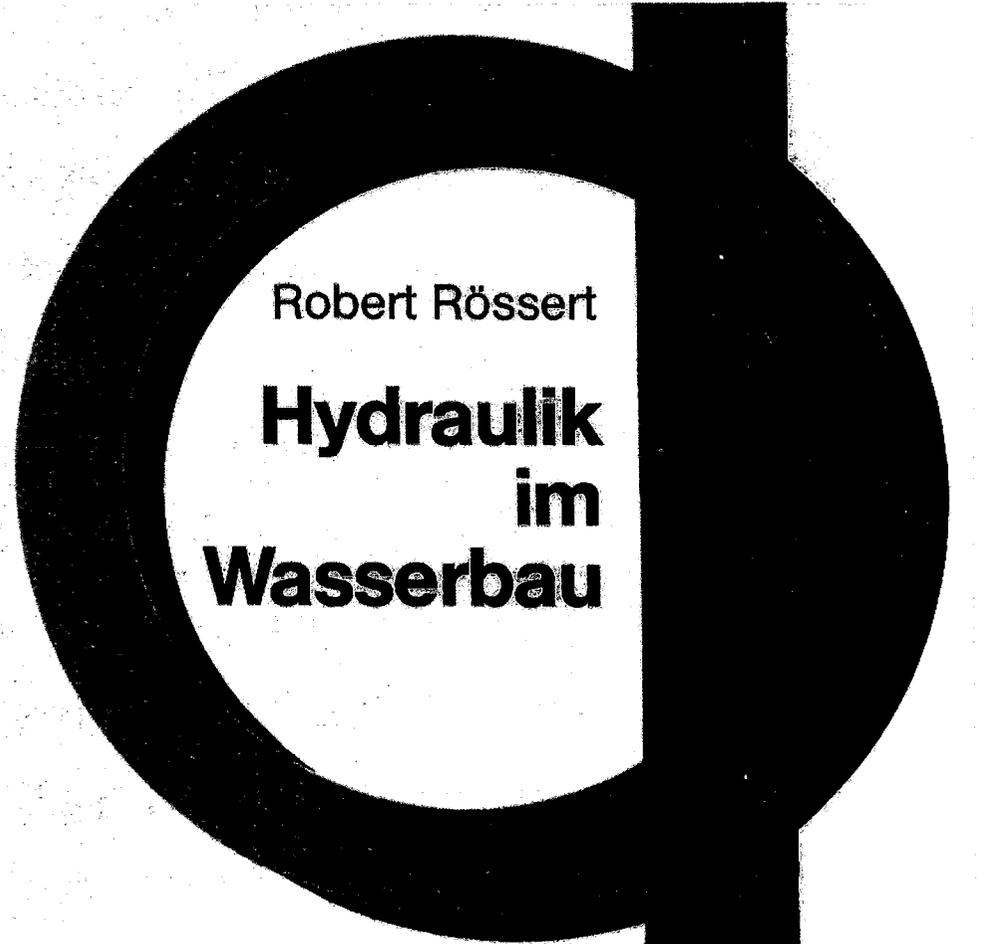


Oldenbourg Verlag

ISBN 3-486-23575-3



Rössert · Hydraulik im Wasserbau



Robert Rössert
**Hydraulik
im
Wasserbau**

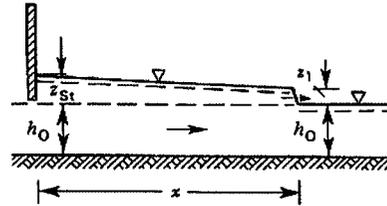
5. Auflage

Oldenbourg



7

Bild 88. Füllschwall am Entstehungsort und im Abstand x zur Zeit $t = x/w$.



3.4.4.2.1 Füllschwall

$$(112) \quad z_s = \frac{\Delta Q}{c y_s} \quad (\text{m}) \quad \text{Schwallhöhe am Entstehungsort sogleich nach der Entstehung;}$$

c = Schwallgeschwindigkeit nach Gl. 107 bzw. 108 (m/s).

$$(113) \quad x = \frac{f}{2\sqrt{I_0}} \left[\ln \frac{z_x + \frac{Q_0}{c y_s} + f\sqrt{I_0}}{z_x + \frac{Q_0}{c y_s} - f\sqrt{I_0}} - \ln \frac{z_s + \frac{Q_0}{c y_s} + f\sqrt{I_0}}{z_s + \frac{Q_0}{c y_s} - f\sqrt{I_0}} \right] \quad (\text{m})$$

Darin ist $f = \frac{k_{St} R_s^{2/3} A_s}{c y_s}$; (m) mit k_{St} = Geschwindigkeitsbeiwert nach Strickler; I = Gefälle (m/m);

$$(114) \quad z_v = \frac{1}{2g} \left[\left(\frac{Q_s}{A_s} \right)^2 - \left(\frac{Q_1}{A_1} \right)^2 \right] \quad (\text{m}) \quad \text{Schwallhöhe aus der Geschwindigkeitshöhendifferenz}$$

Mit $Q_s = Q_0 + c y_s z_s$ und $Q_1 = Q_0 + c y_1 z_1$.

$$(115) \quad z_1 = z_x + z_v \quad (\text{m}) \quad \text{Schwallhöhe im Abstand } x \text{ vom Entstehungsort mit } z_x \text{ aus Gl. 113}$$

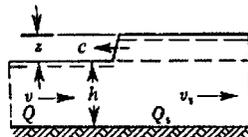
$$(116) \quad z_{st} = \frac{2\Delta Q}{c \left[b + \frac{m}{2} (z_s + z_1 + z_{st}) \right]} - z_1 \quad (\text{m})$$

Schwallhöhe am Entstehungsort zur Zeit $t = \frac{x}{c}$

3.4.4.2.2 Stauschwall (Bild 89)

$$(117) \quad c = -\frac{v+v_2}{2} + \sqrt{g \left(\frac{A}{y} + \frac{z}{2} \right) + \frac{(v-v_2)^2}{4}} \quad (\text{m/s}) \quad \text{Schwallgeschwindigkeit}$$

Bild 89. Stauschwall.



y = Spiegelbreite in der Schwallhöhe = $b_{Sp} + m z$; (m), mit m = Böschungsfaktor. Bei plötzlichem, vollständigem Abschluß ist $v_s = 0$.

$$(118) \quad z = \frac{(v - v_s)^2}{2g} + \sqrt{\left(\frac{(v - v_s)^2}{2g} \right)^2 + \frac{2A}{y} \frac{(v - v_s)^2}{2g}} \quad (\text{m}) \quad \text{Schwallhöhe.}$$

3.4.4.2.3 Sunk

$$(119) \quad z = \frac{\Delta Q}{c y} \quad (\text{m}) \quad \text{Sunktiefe am Entstehungsort sofort nach der Entstehung.}$$

c = Sunkgeschwindigkeit (m/s), aus Gl. 107 bzw. 109, y gemäß Seite 98.

Anmerkung:

Die theoretischen Schwallhöhen bzw. Sunktiefen treten meist nicht in voller Größe auf, weil die Abflußänderung in vielen Fällen nicht plötzlich erfolgt.

3.4.4.2.4 Berechnungsbeispiele

Beispiel 1

Der UW-Kanal eines Kraftwerks hat 8 m Sohlbreite und 1 : 2 Böschungsneigung. Bei stationär-gleichförmigem Normalabfluß führt er $Q_0 = 120 \text{ m}^3/\text{s}$, wobei $h_0 = 4,10 \text{ m}$, $k_{St} = 52$, $I = 0,37\%$ beträgt. Durch plötzliches Öffnen der Turbinen steigt der Abfluß auf $150 \text{ m}^3/\text{s}$.

Fragen: Wie groß ist die Höhe des Füllschwalls a) zur Zeit der Entstehung, b) nach 2 Minuten?

Lösung: a) mittlere Tiefe $h = \frac{A_0}{b_{Sp}} = \frac{66,40}{24,40} = 2,72 \text{ m}$;

1. Näherung: $z_s = 0$

$$c = v + \sqrt{g h} = \frac{120}{66,40} + \sqrt{9,81 \cdot 2,72} = 1,81 + 5,17 = 6,98 \text{ m/s};$$

$$z_s = \frac{\Delta Q}{c y_s} = \frac{150 - 120}{6,98 \cdot (24,40 + 2 z_s)} = \frac{30}{170,3 + 13,96 z_s};$$

$$z_s^2 + 12,2 z_s - 2,15 = 0;$$

$$z_s = -6,1 + \sqrt{37,21 + 2,15} = -6,1 + 6,27 = 0,17 \text{ m.}$$

2. Näherung: $z_s = 0,17 \text{ m}$

$$c = v + \sqrt{g \left(h + \frac{3}{2} z_s \right)} = 1,81 + \sqrt{9,81 \cdot 2,98} = 7,21 \text{ m/s};$$

$$z_s = \frac{30}{7,21 (24,40 + 2 z_s)}; z_s^2 + 12,20 z_s - 2,08 = 0; z_s = 0,17 \text{ m.}$$

b)

$$A_S = (8,00 + 2 \cdot 4,27) \cdot 4,27 = 70,7 \text{ m}^2$$

$$U_S = 8,00 + 2 \cdot 9,55 = 27,10 \text{ m};$$

$$R_S^{2/3} = \left(\frac{70,7}{27,10} \right)^{2/3} = 1,895;$$

$$y_S = 24,40 + 2 \cdot 0,17 = 24,74 \text{ m};$$

$$f = \frac{k_{St} R_S^{2/3} A_S}{c y_S} = \frac{52 \cdot 1,895 \cdot 70,7}{7,21 \cdot 24,74} = 39,06 \text{ m};$$

$$f \sqrt{I_0} = 39,06 \cdot \sqrt{0,00037} = 39,06 \cdot 0,0192 = 0,751;$$

$$\frac{f}{\sqrt{I_0}} = \frac{39,06}{0,0192} = 2034.$$

$$\frac{Q_0}{c y_S} = \frac{120}{7,21 \cdot 24,74} = 0,673; \text{ in 2 Minuten legt der Füllschwall}$$

die Strecke $x = t c = 120 \cdot 7,21 = 865 \text{ m}$ zurück.

Mit $\ln x = 2,303 \cdot \lg x$ ergibt Gl. 113:

$$865 = \frac{39,06}{2 \cdot 0,0192} \cdot 2,303 \cdot \left[\lg \frac{z_x + 0,673 + 0,751}{z_x + 0,673 - 0,751} - \lg \frac{0,17 + 0,673 + 0,751}{0,17 + 0,673 - 0,751} \right];$$

$$865 = 2343 \left[\lg \frac{z_x + 1,424}{z_x - 0,078} - 1,24 \right]; 1,609 = \lg \frac{z_x + 1,424}{z_x - 0,078}; \text{ delog. :}$$

$$40,66 (z_x - 0,078) = z_x + 1,424; z_x = 0,116 \text{ m}; \text{ dazu kommt } z_v.$$

1. Näherung: $z_v = 0; y_1 = 24,40 + 2 \cdot 0,116 = 24,63 \text{ m};$

$$Q_1 = 120 + 7,21 \cdot 24,63 \cdot 0,116 = 140,6 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$A_1 = (8,00 + 2 \cdot 4,21) \cdot 4,21 = 69,1 \text{ m}^2;$$

$$z_v = \frac{1}{19,62} \left[\left(\frac{150}{70,7} \right)^2 - \left(\frac{140,6}{69,1} \right)^2 \right] = \frac{1}{19,62} \cdot [4,5 - 4,1] = 0,0204 \text{ m};$$

Bei dieser geringen Größe von z_v ist keine 2. Näherung erforderlich. Nach 2 Minuten beträgt die Schwallhöhe in 865 m Abstand vom Kraftwerk $z_1 = z_x + z_v = 0,116 + 0,02 \approx 0,14 \text{ m}$.

Schwallhöhe am Kraftwerk nach Gl. 116:

$$z_{St} = \frac{2 \cdot 30}{7,21 \left[24,40 + \frac{2}{2} (0,17 + 0,14 + z_{St}) \right]} - 0,14 =$$

$$= \frac{60}{178,16 + 7,21 z_{St}} - 0,14;$$

$$178,16 z_{St} + 7,21 z_{St}^2 = 60 - 0,14 \cdot 178,16 - 0,14 \cdot 7,21 z_{St};$$

$$z_{St}^2 + 24,85 z_{St} - 4,86 = 0; z_{St} = 0,20 \text{ m}.$$

Zur Zeit 2 Minuten beträgt die Schwallhöhe am Kraftwerk $z_{St} = 0,20 \text{ m}$.

Beispiel 2

Gegeben: Ausgangsverhältnisse im OW und UW eines Kanalkraftwerks wie im Beispiel 1. Plötzliche Drosselung der Turbinenbeaufschlagung von 120 auf 80 m³/s.

Gesucht: a) Höhe und Geschwindigkeit des Stauschwalls im OW-Kanal, b) Tiefe und Geschwindigkeit des Absperrsunks im UW-Kanal.

Lösung: a) Annahme: $z = 0,40 \text{ m}; y = 24,40 + 2 \cdot 0,40 = 25,20 \text{ m};$

$$v_S = \frac{80}{66,40 + 25,20 \cdot 0,40} = 1,05 \text{ m/s}; \frac{(v - v_S)^2}{2g} =$$

$$= \frac{(1,81 - 1,05)^2}{19,62} = 0,029 \text{ m}.$$

$$\text{Nach Gl. 118: } z = 0,029 + \sqrt{0,0009 + 2 \cdot \frac{66,40}{25,20} \cdot 0,029} = 0,42 \text{ m}.$$

Die Übereinstimmung ist ausreichend genau.

$$\text{Nach Gl. 117: } c = - \frac{1,81 + 1,05}{2} +$$

$$+ \sqrt{9,81 \left(\frac{66,40}{25,20} + 0,21 \right) + \frac{(1,81 - 1,05)^2}{4}} = -1,43 +$$

$$+ \sqrt{28 + 0,144} = -1,43 + 5,30 = 3,87 \text{ m/s}.$$

Der 0,42 m hohe Schwall wandert mit 3,87 m/s stromauf.

b)

1. Näherung: $z = 0$; nach Gl. 107: $c = 1,81 + \sqrt{9,81 \cdot 4,10} =$

$$1,81 + 6,34 = 8,15 \text{ m/s}. \text{ Nach Gl. 119: } z = \frac{40}{8,15 \cdot 24,40} = 0,20 \text{ m}.$$

2. Näherung: $z = 0,22 \text{ m};$ nach Gl. 109:

$$c = 1,81 + \sqrt{9,81 (4,10 - 0,33)} = 1,81 + 6,08 = 7,89 \text{ m/s};$$

$$y = 24,40 - 2 \cdot 0,22 = 23,96 \text{ m}; z = \frac{40}{7,89 \cdot 23,96} = 0,213 \approx 0,21 \text{ m};$$

die Übereinstimmung ist genügend genau.

3.4.4.3 Seerückhalt (Seeretention)

Nach DIN 4044 ist der Seerückhalt die ausgleichende Wirkung auf den Abfluß durch Seen oder seeartige Erweiterungen (Bild 90).

7