

# BERECHNUNG DER ABFLUSSLEISTUNG

---

## DER WEHRANLAGE HALS AN DER ILZ

---

1. Vorbemerkungen
2. Geometrische Verhaeltnisse
  - 2.1 Oberwasser
  - 2.2 Wehranlage
    - 2.2.1 Festes Wehr mit aufgesetzter Fischbauchklappe
    - 2.2.2 Schuetzenwehr und Stauklappe
    - 2.2.3 Fischtreppe
    - 2.2.4 Vereinfachung der Wehrform zur Berechnung
  - 2.3 Unterwasser
3. Berechnung
  - 3.1 Festes Wehr
  - 3.2 Schuetzenwehr und Stauklappe
4. Vergleich der Rechenergebnisse: Ing.-Buero Buhmann,  
Ing.-Buero Fentzloff.
5. Zusammenfassung

## 1. Vorbemerkungen

Die Stadtwerke Passau betreiben das Wasserkraftwerk Hals an der Ilz, in der Ortschaft Hals. Um das erforderliche Triebwasser fuer die Kraftanlage bereitzustellen, wurde die Ilz an der oberen Schleife bei Hals durch eine Wehranlage aufgestaut.

Im nachfolgenden soll die Leistungsfaehtigkeit dieser Wehranlage berechnet werden, sie muss das HQ - 100 von 330 m<sup>3</sup>/s gefahrlos abfuehren koennen.

Die drei hauptsaechlichen Abflusselemente der Wehranlage sind:

- Festes Wehr mit aufgesetzter Fischbauchklappe
- Schuetzenwehr
- Stauklappe

Weitere Einbauten sind eine Fischtreppe und eine Turbine, die die geforderte Restwassermenge von 1 m<sup>3</sup>/s unterwasserseitig an die Ilz abgibt.

Der nachfolgenden Berechnung wurden die aus vorhandenen Zeichnungen und Konstruktionsskizzen, sowie nach einer eingehenden Bestandsaufnahme erstellten Bestandsplaene zugrunde gelegt.

### Erlaeuterung zur Berechnung:

Die Wehranlage stellt mit ihren 3 verschiedenen Abflusselementen eine gemischte Bauweise dar. Um die Berechnung durchfuehren zu koennen, wurde der Wehrkoerper in 2 getrennte Abflusssysteme aufgeteilt:

- Fester Wehrruecken mit aufgesetzten Fischbauchklappen.
- Schuetzenwehr zusammen mit der Stauklappe.

Die Anstroemung wurde ueber die gesamte Breite als gleichmaessig angenommen, der gekruemmte Flusslauf jeweils durch ein kurzes, gerades Gerinnestueck ersetzt.

Ingenieurbuero

-----  
Dipl.-Ing. E. Fentzloff

Karwendelstr. 21  
8027 Neuried  
089/ 75 20 47/48

Bei der Betrachtung der Rechenergebnisse muessen folgende besondere oertliche Gegebenheiten beachtet werden. Die Rechnung kann deshalb die tatsaechlichen Abflussverhaeltnisse nur annaeherd wiedergeben:

- Die Wehranlage liegt im Eckpunkt einer ca. 100 grd Richtungsaenderung der Ilz und wird unter einem Winkel von etwa 40 grd schraeg angestromt. Dies ist besonders fuer das Schuetz/Stauklappenwehr nachteilig, da diese in der Aussenkurve und damit im Bereich hoeherer Stroemungsgeschwindigkeit liegen. Folge - vermehrte Verluste. Dem gegenueber steht eine Aufweitung des Fliessquerschnittes durch den Kraftwerkseinlauf, wodurch Schuetzen- und Stauklappenwehr im Anstroemwinkel wieder beguenstigt werden koennen.
- Zwischen beiden Abflussteilen - Schuetz/ Stauklappe und festes Wehr - variieren die Abflussmengen und -geschwindigkeiten betraechtlich:

Schuetz/ Stauklappe  
 $Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $v = 5 \text{ m/s}$

Festes Wehr  
 $Q = 80 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $v = 2,6 \text{ m/s}$

Die gegenseitige Beeinflussung der Abfluesse verursacht wiederum Verluste.

- Der UW - Stand wurde durch eine Wasserspiegelberechnung ermittelt und haengt somit sehr von dem angenommenen  $k_s$  - Wert ab:  
Fuer den Flusslauch -  $k_s = 30$ ,  
"Natuerliche Flussbetten mit Geroell und Unregelmassigkeiten".  
Fuer die Vorlaender -  $k_s = 20$ ,  
"unebenes, bewachsenes Vorland"  
[ Schneider Bautabellen, 4.Auflage 1979, S.13.19]

Es wurde in der Berechnung versucht, die geschilderten unguenstigen Umstaende durch Rechnung auf der "sicheren Seite" zu erfassen.

- Der errechnete Abfluss: Q-Wehr wurde um 10% erniedrigt.
- Der Eintrittsverlust OW zum Schuetz/Stauklappenwehr wurde mit einem sehr hohen Beiwert  $c = 0,50$  angesetzt und
- danach die errechnete Verlusthoehe von 0,43 m um 16% auf 0,5 m erhoehrt.
- Der Abfluss durch die Fischtreppe, die Turbine und durch die Turbinen des Kraftwerkes Hals wurde nicht beruecksichtigt.
- Nach der (n-1) - Regel wurde ein Verschlussorgan als geschlossen angesetzt; es war dies eine der drei aufgesetzten Fischbauchklappen. Dies bedeutet eine Verminderung des max. moeglichen Abflusses um ca.  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  entsprechend ca. 8%.

Fuer die Rechnung wurde der maximal zulaessige Oberwasserstand vorgegeben; der Unterwasserstand bei  $330 \text{ m}^3/\text{s}$  mit dem Programm "Fluss" des Ing.-Bueros Rehm ermittelt.

Danach wurde geprueft, ob unter diesen Wasserstaenden die geforderte Wassermenge von  $330 \text{ m}^3/\text{s}$  von der Wehranlage abgefuehrt werden kann.

Ingenieurbuero

-----  
Dipl.-Ing. E. Fentzloff

Karwendelstr. 21  
8027 Neuried  
089/ 75 20 47/48

## 2. Geometrische Verhaeltnisse

### 2.1 Oberwasser

Sohle Oberwasser: 298,00 m ueber NN  
Zulaufbreite : ca. 65 m

Als Obergrenze fuer das Berechnungshochwasser HQ-100 = 330 m<sup>3</sup>/s wurde die niedrigste Gelaendekote bei dem Bauernhof an der Wehranlage angenommen.

Maximal zulaessige Kote Oberwasser : ca. 302 m ueber NN

Daraus ergeben sich folgende weiteren Werte:

Oberwassertiefe:  $h_o = 302,00 - 298,00 = 4,00 \text{ m}$   
Durchflossener Querschnitt:  $A_o = 4,00\text{m} \cdot 65\text{m} = 260,00 \text{ m}^2$

Zuflussgeschwindigkeit:  $v_o = \frac{330 \text{ m}^3/\text{s}}{260 \text{ m}^2} = 1,27 \text{ m/s}$

### 2.2 Wehranlage

#### 2.2.1 Festes Wehr mit aufgesetzter Fischbauchklappe (siehe Plan 1 und 2)

Kote Oberkante Wehrkrone: 300,70 m ueber NN

[maximal zulaessige Stauhoehe = Unterkante Bruecke: 302,45 m ueber NN]

Breite der einzelnen Wehrfelder:

$b_1 = 11,70 \text{ m}$   
 $b_2 = 13,80 \text{ m}$        $b_{\text{gesamt}} = 37,50 \text{ m}$   
 $b_3 = 12,00 \text{ m}$

Pfeilerbreite je 0,75 m

Form des Wehrrueckens : gerundet; als Abflussbeiwert wird daher

$\mu = 0,70$  gewaehlt.

Ingenieurbuero

-----  
Dipl.-Ing. E. Fentzloff

Karwendelstr. 21  
8027 Neuried  
089/ 75 20 47/48

### 2.2.2 Schuetzenwehr und Stauklappe

Kote Sohle Schuetzenwehr : 298,30 m ueber NN  
Breite b = 15,00 m  
Kote Sohle Stauklappenwehr : 297,10 m ueber NN  
Breite b = 4,10 m

Zur Vereinfachung der Rechnung wird eine mittlere Sohlentiefe errechnet:

$$\frac{4,10}{297,10} + \frac{15,00}{298,30} = \frac{19,10}{x}; \quad x = \underline{\underline{298,04 \text{ m ueber NN}}}$$

Die beiden Oeffnungen werden gemeinsam, wie ein einheitlicher, durch Pfeiler verbauter Querschnitt berechnet.

Durchflussbreite - Wehr : b wehr = 19,10 m  
Durchflussbreite - Oberstrom : b oberstrom = 21,25 m  
Durchflussbreite - Unterstrom : b unterstrom = 21,25 m  
Breite des Trempfeilers : b Pfeiler = 1,50 m

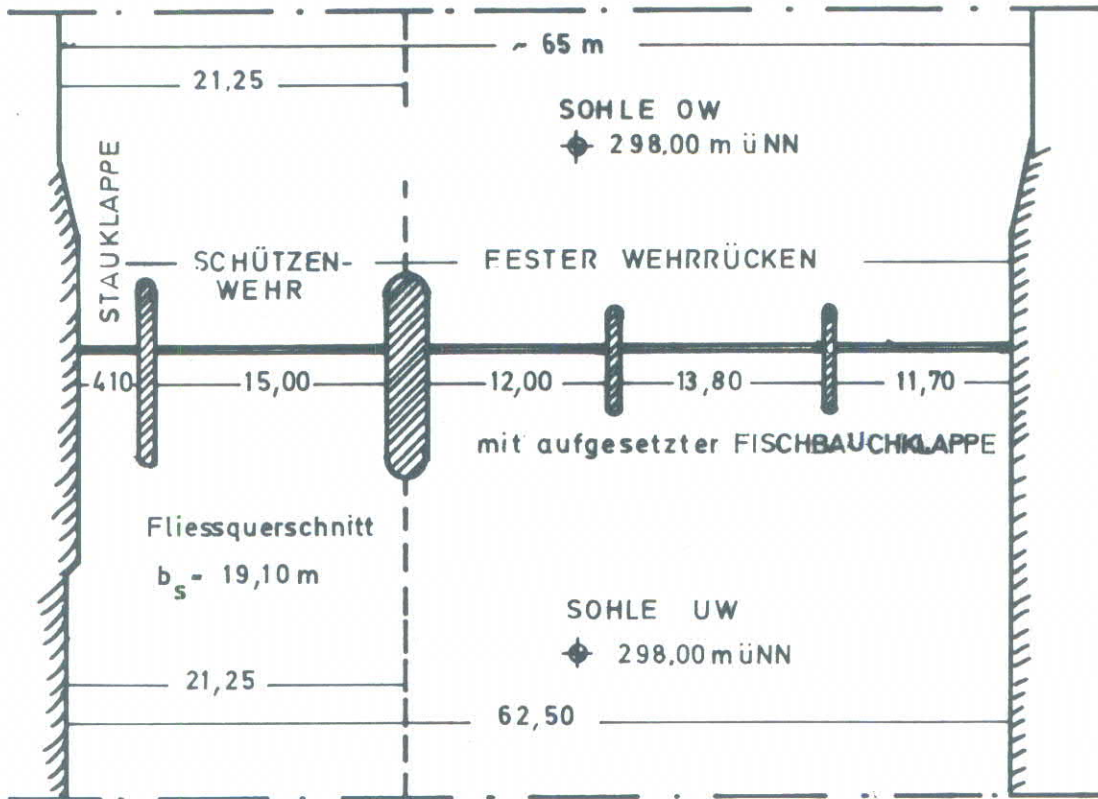
Das Schuetzenwehr kann vollkommen aus der Stroemung gezogen werden, der Querschnitt ist von oben her nicht eingengt.

### 2.2.3 Fischtreppe

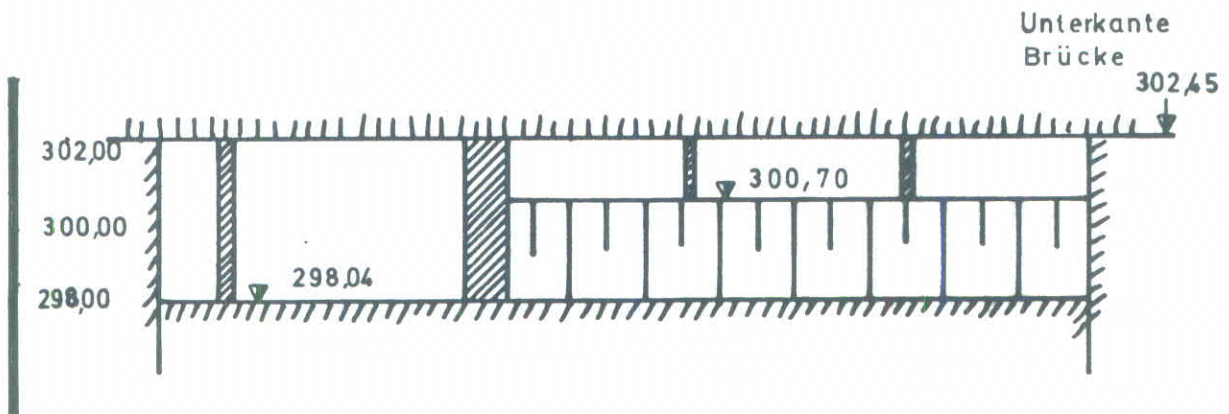
Die Fischtreppe wird fuer die Abflussberechnung nicht beruecksichtigt.

2.2.4 Vereinfachung der Wehrform zur Berechnung

GRUNDRISS M 1: 500



ANSICHT VON UNTERWASSER M 1: 25/500



### 2.3 Unterwasser

---

Kote Sohle Unterwasser : 298,00 m ueber NN  
Ablaufbreite b = ca.65 m

Der Unterwasserstand wurde durch eine gesonderte Berechnung gewonnen.  
(Siehe: Berechnung des Wasserspiegels der Ilz, Hals)

Bei einem Abfluss von HQ-100 = 330 m<sup>3</sup>/s  
ergibt sich ein Unterwasserstand von: Kote UW ca. 301 m ueber NN

### 3. Berechnung

---

Die ( n - 1 ) - Regel wird mit dem Verschluss einer der drei aufgesetzten Fischbauchklappen beruecksichtigt. Daraus ergibt sich eine verminderte verfuegbare Ueberfallbreite am Wehr von

$$b' = 25,50 \text{ m}$$

Die Berechnung wird in 2 Schritten durchgefuehrt:

- Abflussleistung: Fester Ueberfall bei zwei voellig umgelegten Wehrklappen und Ueberfall ueber die aufgerichtete Fischbauchklappe; ((n-1)-Regel).
- Abflussleistung: Schuetzenwehr zusammen mit dem Stauklappenwehr. Da sich im Wehrbereich schiessender Abfluss einstellt, erfolgt die Oberwasserberechnung mit dem Extremalprinzip.

Ingenieurbuero

-----  
Dipl.-Ing. E. Fentzloff

Karwendelstr. 21  
8027 Neuried  
089/ 75 20 47/48

3.1 Festes Wehr

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot c \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{1.5}$$

Ueberfall am festen Wehrruecken bei 2 umgelegten Fischbauchklappen:

Ueberfallbeiwert		$\mu = 0,70 -$
Abminderung fuer Ueberfallform	- keine,	
Abminderung fuer Unterwassereinfluss	- keine	$c = 1,00 -$
Breite	= 37,50 - 12,00 = 25,50 m	$b = 25,50 \text{ m}$
h ueberfall	= 302,00 - 300,70 = 1,30 m	$h = 1,30 \text{ m}$

$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0,70 \cdot 1,00 \cdot 25,50 \cdot \sqrt{2g} \cdot 1,3^{1.5} \text{ m}^3/\text{s} = 78 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ueberfall an der feststehenden Klappe:

Ueberfallbeiwert		$\mu = 0,64 -$
Keine Abminderungen	>	$c = 1,00 -$
Breite		$b = 12,00 \text{ m}$
h ueberfall	= 302,00 - 301,40 = 0,60 m	$h = 0,60 \text{ m}$

$$Q = \frac{2}{3} \cdot 0,64 \cdot 1,00 \cdot 12,00 \cdot \sqrt{2g} \cdot 0,60^{1.5} \text{ m}^3/\text{s} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Gesamtabfluss } Q_g = ( 78 + 11 ) \text{ m}^3/\text{s} = 89 \text{ m}^3/\text{s}$$

Durch die Pfeilereinbauten treten Verluste auf; der errechnete Abfluss ueber den Wehrruecken wird um ca. 10% erniedrigt:

\*\*\*\*\*  $Q \text{ Wehr} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$  \*\*\*\*\*

### 3.2 Schuetzenwehr und Stauklappe

Abzufuehrende Wassermenge :

$$Q \text{ Schuetz/Stauklappe} = (330 - 80) \text{ m}^3/\text{s} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$$

Es wird nachgerechnet, ob diese Wassermenge durch das Schuetzen- und Stauklappenwehr abgefuehrt werden kann.

Kontrolle, ob im Wehrbereich Fluesswechsel auftritt:

$$\text{Bedingung : } H_{gr} > H_u$$

	3	.	$\sqrt[3]{\frac{Q^2}{b u^2 \cdot g}}$	>	$\frac{Q^2}{2g \cdot b u \cdot h u^2} + h u$	
	-	.	$\sqrt[3]{\frac{Q^2}{b u^2 \cdot g}}$	>	$\frac{Q^2}{2g \cdot b u \cdot h u^2} + h u$	
	2	.	$\sqrt[3]{\frac{Q^2}{b u^2 \cdot g}}$	>	$\frac{Q^2}{2g \cdot b u \cdot h u^2} + h u$	

$Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $b_s = 19,10 \text{ m}$   
 $b_u = 21,25 \text{ m}$  (Abmessungen siehe Abschnitt 2.2.4)  
 $h_u = 301 - 298 = 3,00 \text{ m}$

$$\frac{3}{2} \sqrt[3]{\frac{250^2}{19,1^2 \cdot g}} \text{ m} > \frac{250^2}{2g \cdot 21,25^2 \cdot 3,00^2} \text{ m} + 3,00 \text{ m}$$

$$H_{gr} = 3,89 > 3,78 = H_u$$

Im Wehrbereich tritt somit Fluesswechsel auf.

Grenztiefe:

	$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b u^2 \cdot g}}$	
--	--	--

Grenzgeschwindigkeit:

	$v_{gr} = \sqrt{g \cdot h_{gr}}$	
--	----------------------------------	--

$$h_{gr} = \sqrt[3]{\frac{250^2}{19,1^2 \cdot g}} = 2,59 \text{ m}$$

$$v_{gr} = \sqrt{g \cdot h_{gr}} = 5,04 \text{ m/s}$$

Die Kote Oberwasserspiegel wird durch Energiehoehenvergleich erhalten:

$$\underline{\underline{H \text{ oberwasser} \gg H \text{ grenz} + h \text{ verluste}}}$$

Bestimmung der Verlusthoehe  $h_v$ :

$$\underline{\underline{h_v = c \cdot \frac{[v_o^2 - v_{gr}^2]}{2g}}}$$

(Ansatz der Verluste fuer Querschnittsaenderungen)

$$c = 0,50$$

$$v_o = \frac{250 \text{ m}^3/\text{s}}{21,25 \text{ m} \cdot 4 \text{ m}} = 2,94 \text{ m/s}$$

$$v_{gr} = 5,04 \text{ m/s}$$

$$h_v = 0,50 \cdot \frac{[2,94^2 - 5,04^2]}{2g} =$$

$$h_v = 0,43 \text{ m}$$

Als Gesamtverluste werden ca. 20% mehr, naemlich 0,50 m angesetzt.

Damit ergibt sich die Energiehoehe im Oberwasser zu:

$$H \text{ oberwasser} \gg 3,89 \text{ m} + 0,50 \text{ m} = 4,39 \text{ m}$$

Die Wassertiefe im Oberwasser errechnet sich wie folgt:

$$\underline{\underline{h_o = H_o - \frac{v_o^2}{2g}}}$$

$$h_o = 4,39 \text{ m} - \frac{2,94^2}{2g} = 3,95 \text{ m} = 4,0 \text{ m}$$

Damit ergibt sich der Oberwasserstand zu rund

Kote - OW : 302,00 m ueber NN  
-----

( Die Annahme des OW-Standes von 302 m ueber NN war zutreffend )

Durch das Schuetzen/Stauklappenwehr koennen also zusammen  
ca. 250 m<sup>3</sup>/s abgefuehrt werden.

\*\*\*\*\* Q Schuetzenw./ Stauklappe = 250 m<sup>3</sup>/s \*\*\*\*\*

#### 4. Vergleich der Rechenergebnisse

	Ing.- Buero Buhmann	Ing.- Buero Fentzloff	
Kote Oberwasser	301,70	302,00 m ueber NN	
Kote Unterwasser	300,60	ca. 301 m ueber NN	
Q Wehr	76	80 m <sup>3</sup> /s	
Q Schuetzenw./Stauklappe	224	250 m <sup>3</sup> /s	
Q Turbinen	16	- m <sup>3</sup> /s	
-----			
Q gesamt	316	330 m <sup>3</sup> /s	
-----			

Hoehendifferenz:

Kote OW - OK Wehrruecken	1,00	1,30 m
Kote OW - Kote UW	1,10	1,00 m

Ingenieurbuero

Dipl.-Ing. E. Fentzloff

Karwendelstr. 21  
8027 Neuried  
089/ 75 20 47/48

5. Zusammenfassung

Unter Beruecksichtigung der unguenstigen Stroemungsverhaeltnisse und der ( n-1 ) - Regel wurde der rechnerische Nachweis gefuehrt, dass die Wehranlage Hals/Ilz die Wassermenge

$$HQ-100 = 330 \text{ m}^3/\text{s}$$

abfuehren kann. Das Gelaende des am linken Ufer liegenden Bauernhofes wird dabei nicht ueberflutet.

Auch andere Gebaeude und Einrichtungen im Bereich der Wehranlage werden nicht durch Uebertreten der Ilz gefaehrdet.

Muenchen/Neuried, den 6. Februar 1984,



i.A. Dipl.-Ing. W. Krick

Ingenieurbuero

-----  
Dipl.-Ing. E. Fentzloff

Karwendelstr. 21  
8027 Neuried  
089/ 75 20 47/48