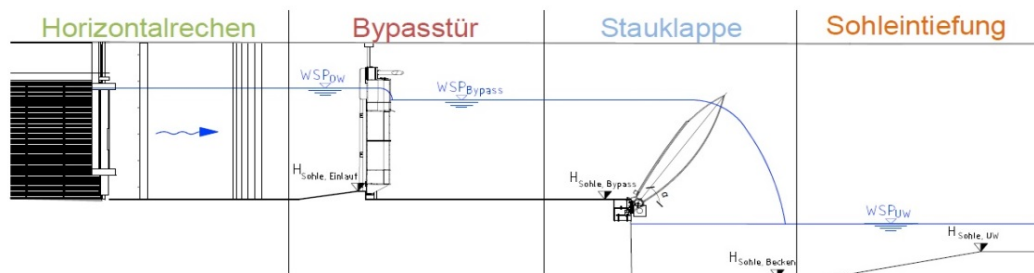


## Hydraulische Berechnung Bypass-System



### Eingangswerte

$WSP_{OW}$	190,49	m+NN	Wasserspiegel im Oberwasser (mittlerer OW-Stand)
$H_{Sohle, Einlauf}$	187,40	m+NN	Sohlhöhe Bypass Einlauf
$WSP_{UW}$	184,97	m+NN	Wasserstand im UW bei $Q = 10,00 \text{ m}^3/\text{s}$ (Mindestwasserstudie Land BW)
$Q_{BYPASS}$	0,38	$\text{m}^3/\text{s}$	Bemessungsabfluss $Q_{BYPASS} = Q_{oben} + Q_{unten}$
$H_{Sohle, Bypass}$	187,30	m+NN	Sohlhöhe in der Bypasskammer
$B_{BYPASS}$	3,00	m	Breite der Bypasskammer
$L_{BYPASS}$	5,00	m	Länge der Bypasskammer

### Bypassstür

#### Aussparung oben

$Q_{oben}$	0,260	$\text{m}^3/\text{s}$	Überfallabfluss obere Aussparung
$WSP_{Bypass}$	190,34	m+NN	Wasserspiegelhöhe im Bypass
$b_{oben}$	0,4	m	Öffnungsbreite der oberen Aussparung
$\mu_A$	0,64	-	Überfallbeiwert

Symbol	Werte	Einheit	Beschreibung
$Q_{oben}$	0,26	$\text{m}^3/\text{s}$	Abfluss obere Aussparung
$\mu_A$	0,69	-	Überfallbeiwert
$\sigma_{UV}$	0,61	-	Abminderungsfaktor
$h_{gr}$	0,35	m	Grenztiefe
$h$	0,65	m	Überfallhöhe
$v_{oben}$	0,89	m/s	Fließgeschwindigkeit in der Aussparung
$H_{Aussparung}$	189,84	m	Höhe der Überlaufschwelle der Aussparung
$h_U$	0,50	m	Wassertiefe über der Aussparungshöhe im UW
$\Delta h_{Kammer}$	0,15	m	Wasserspiegeldifferenz, Absturzhöhe

### Aussparung unten

$Q_{\text{unten}}$	0,116 m <sup>3</sup> /s	Ausfluss Sohlaussparung
$b_{\text{unten}}$	0,30 m	Öffnungsbreite
$a_{\text{unten}}$	0,30 m	Öffnungshöhe

Symbol	Werte	Einheit	Beschreibung
$Q_{\text{unten}}$	0,12	m <sup>3</sup> /s	Abfluss untere Aussparung
$\mu_A$	0,62	-	Abflussbeiwert
$\chi$	0,27	-	Rückstaubeiwert
$v_{\text{unten}}$	1,29	m/s	Fließgeschwindigkeit in der Aussparung

### Stauklappe

$WSP_{\text{Becken}}$	184,97	m+NN	Wasserspiegelhöhe im Wasserbecken
$H_{\text{Sohle,Becken}}$	182,80	m+NN	Sohlhöhe Tosbecken
$b_{\text{ges}}$	3,00	m	Gesamtüberfallbreite Stauklappe
$b_{K1,ab}$	0,40	m	Kronenbreite abgesenkter Bereich
$B_{\text{TOS}}$	3,00	m	Breite der Tosbeckenkammer (i.d.R. = $B_{\text{BYPASS}}$ )
$L_{\text{TOS}}$	13,00	m	Länge der Tosbeckenkammer

Symbol	Wert	Einheit	Beschreibung
$Q$	0,38	m <sup>3</sup> /s	Abfluss über Aussparung Klappe
$b_{K1,ab}$	0,40	m	Kronenbreite abgesenkter Bereich
$h_{\text{ü,Klappe}}$	0,59	m	Überfallhöhe
$\Delta h_{\text{TOS}}$	5,37	m	Wasserspiegeldifferenz, Absturzhöhe
$v_{\text{Klappe}}$	1,59	m/s	Fließgeschwindigkeit

### Sohleintiefung

$WSP_{\text{Becken}}$	184,97		Wasserspiegelhöhe im Wasserbecken = Unterwasserstand
$H_{\text{Sohle,UW}}$	184,10	m+NN	Sohlhöhe im Unterwasser
$H_{\text{Sohle,Becken}}$	182,80	m+NN	Sohlhöhe Eintiefung

### Bemessung des Horizontalrechens

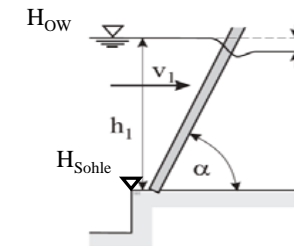
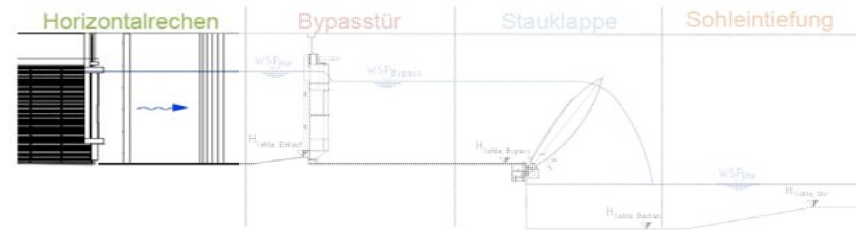


Abb. Neigungswinkel nach Mosonyi/Giesecke

#### Vorgabe hydraulische Bemessungswerte

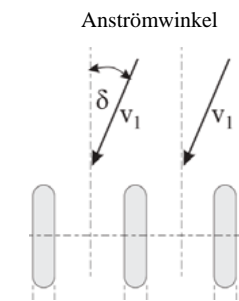
$Q_A$	20,00 m <sup>3</sup> /s	Ausbauwassermenge
$H_{OW}$	190,49 m+NN	mittlerer OW-Stand
$H_{Sohle, Bypass}$	187,30 m+NN	Sohle am Recheneinlauf
$h_{Sohleitwand}$	0,80 m	Höhe der Sohleitwand
$H_{Sohle, OW}$	188,10 m+NN	Sohle am Recheneinlauf
$\delta$	10,00 °	Anströmwinkel*

#### Angaben zur Rechengeometrie

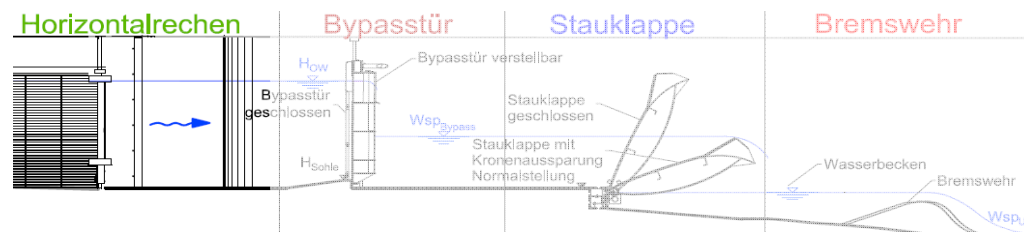
$b_{Re}$	21,00 m	Rechenbreite
$D_3$	1,770 m	Laufraddurchmesser der Turbine
$C_e$	0,025	Beiwert für lichten Stababstand (aus Abschnitt Formel 5.21)
$s$	0,008 m	Rechenstabbreite
$\alpha$	90,00 °	Neigungswinkel der Rechenstäbe
$\beta$	1,04 -	Formbeiwert des Rechens (aus Abb. 5.21)
$P(A_{VA})$	10,00 %	Verbauungsflächenanteil für Abstandhalter, Rechenträger etc.
$V_{re}$	0,05 -	Verlegungsgrad (Im Normalbetrieb ist ein mittlere Verlegungsgrad

zwischen 5-10% anzutreffen)

\* (zwischen Anströmvektor und Stabfläche; bei Horizontalrechen eigentlich 0; bietet jedoch zusätzl. Bemessungssicherheit)



### Bemessung des Horizontalrechens



#### Gewählter Stababstand der Rechenstäbe

$e$  0,015 m

#### Plan Horizontalrechen mit Stababstand 15 mm

Ausbauwassermenge	$Q_A$	20,00	19,00	18,00	17,00	16,00	15,00	14,00	13,00 m <sup>3</sup> /s
Stauziel	$H_{OW}$	190,490	190,490	190,490	190,490	190,490	190,490	190,490	190,490 m+NN
Sohle am Recheneinlauf	$H_{Sohle, OW}$	188,100	188,100	188,100	188,100	188,100	188,100	188,100	188,100 m+NN
Rechenhöhe	$h_1$	2,390	2,390	2,390	2,390	2,390	2,390	2,390	2,390 m
Rechenbreite	$b_{Re}$	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000 m
Laufraddurchmesser	$D_3$	1,770	1,770	1,770	1,770	1,770	1,770	1,770	1,770 m
Beiwert für lichten Stababstand	$C_e$	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Lichter Höchststababstand der Rechenstäbe	$e \leq$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044 m
Gewählter Stababstand der Rechenstäbe	$e$	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015 m
Rechenstabbreite	$s$	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008 m
Erforderliche Stabanzahl	$n$	103,000	103,000	103,000	103,000	103,000	103,000	103,000	103,000 Stück
Neigungswinkel der Rechenstäbe	$\alpha$	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000	90,000
Formbeiwert des Rechens (aus Abb. 5.21)	$\beta$	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040	1,040
Anströmwinkel	$\delta$	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Verbauungsfläche der Rechenstäbe	$A_{VS}$	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969	1,969 m <sup>2</sup>
Verbauungsfläche der Abstandhalter, Rechenträger etc.	$A_{VA}$	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100 m <sup>2</sup>
Rechenfeldfläche (Bruttofläche)	$A_{RE}$	50,190	50,190	50,190	50,190	50,190	50,190	50,190	50,190 m <sup>2</sup>
Rechenfeldfläche (Nettofläche)	$A_{RE, net}$	46,121	46,121	46,121	46,121	46,121	46,121	46,121	46,121 m <sup>2</sup>

Verbauungsgrad des Rechens	$P_{re}$	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081	0,081 -
Fließgeschwindigkeit im Rechenquerschnitt o. Rechenstäbe	$v_1$	0,398	0,379	0,359	0,339	0,319	0,299	0,279	0,259 m/s
Fließgeschwindigkeit im Rechenquerschnitt zw. Rechenstäben	$v_{Fisch}$	0,434	0,412	0,390	0,369	0,347	0,325	0,304	0,282 m/s
Verlegungsgrad (aus Abb. 5.22)	$V_{re}$	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050 -
Verlegungsfaktor eines Rechens der Gruppe 1	$k_{V,1}$	226,240	226,240	226,240	226,240	226,240	226,240	226,240	226,240 -
Verlegungsfaktor eines Rechens der Gruppe 2	$k_{V,2}$	37,722	37,722	37,722	37,722	37,722	37,722	37,722	37,722 -
Rechenverlust, bei Verlegungen der Gruppe 1	$h_{v,re,1}$	0,082	0,074	0,067	0,060	0,053	0,046	0,040	0,035 m
Rechenverlust, bei Verlegungen der Gruppe 2	$h_{v,re,2}$	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006 m

### Bemessung des Horizontalrechens

Verwendete Formeln für die Berechnung eines Feinrechens nach Mosonyi/Giesecke

$$b_{re} = \left(\frac{b}{e} - 1\right) \cdot s + b \quad [m] \quad (5.21)$$

- $b$  Gerinnebreite [m]
- $b_{re}$  Breite des Rechenquerschnittes [m]
- $e$  lichter Abstand der Rechenstäbe:  $e \leq C_e \cdot D_3$   
 $C_e = 0,025$  für  $D_3 = 1.000-5.000$  mm  
 $C_e = 0,025-0,021$  für  $D_3 = 5.000-8.500$  mm  
 $C_e = 0,021$  für  $D_3 \geq 8.500$  mm
- $s$  Rechenstabbreite [m]

und die notwendige **Stabanzahl**  $n$  des Rechens zu:

$$n = \frac{b_{re} - e}{e + s} \quad [-] \quad (5.22)$$

- $n$  Stabanzahl [-]

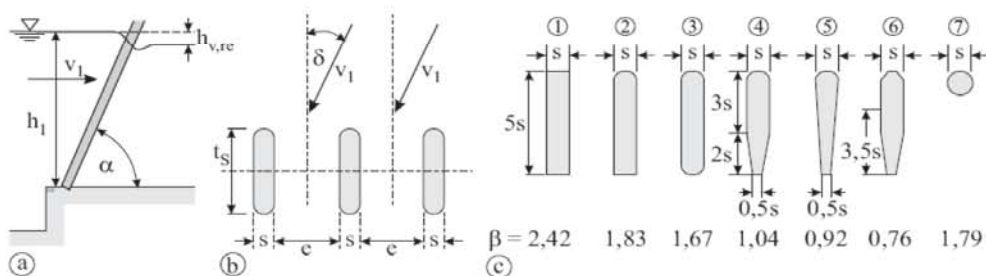
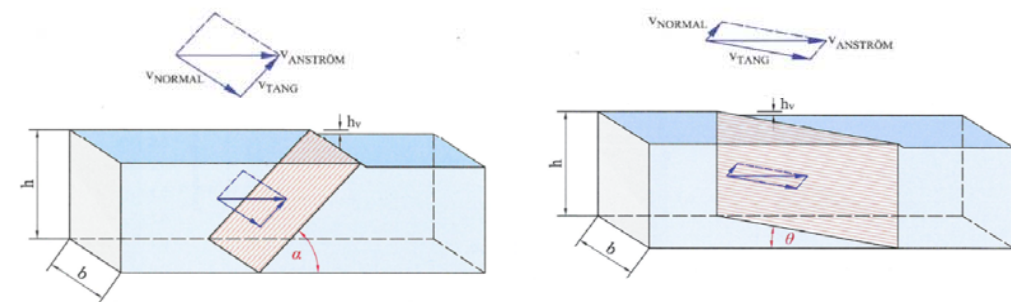


Abb. 5.21: Definitionsskizzen zur Rechenverlustberechnung: a) Rechenquerschnitt, b) Horizontalschnitt (Anströmwinkel  $\delta$ ), c) Formbeiwerte  $\beta$



Abbildungen aus EBEL "Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen"

$$h_{v,re} = \beta \cdot \left(\frac{P_{re}}{1 - P_{re}}\right)^{1,5} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{90^\circ}\right) \cdot P_{re}^{-1,4 \tan \delta} \cdot k_{V,i} \cdot \sin \alpha \cdot \frac{v_1^2}{2g} \quad [m] \quad (5.23)$$

mit dem Verbauungsgrad  $P_{re}$ :

$$P_{re} = (A_{VS} + A_{VA}) / A_{RE} \quad [-] \quad (5.24)$$

- $h_{v,re}$  Rechenverlust [m]
- $\beta$  Formbeiwert des Rechenstabes s. Abb. 5.21c [-]
- $\delta$  Anströmwinkel [°]
- $P_{re}$  Verbauungsgrad des Rechens [-]
- $A_{VS}$  Verbauungsfläche der Rechenstäbe [m<sup>2</sup>]
- $A_{VA}$  Verbauungsfläche der Abstandhalter, Rechenräger etc. [m<sup>2</sup>]
- $A_{RE}$  Rechenfeldfläche (Bruttofläche) [m<sup>2</sup>]
- $t_s$  Rechenstabtiefe [m]
- $\alpha$  Neigungswinkel der Rechenstäbe [°]
- $v_1$  Fließgeschwindigkeit vor dem Rechen bzw. im Rechenquerschnitt ohne Rechenstäbe:  $v_1 = Q/A_1 = Q/(b \cdot h_1)$  (s. Abb. 5.21a), optimal gemäß (5.1a):  $v_1 = 0,8-1,2$  m/s [m/s]

Hinzu kommt der Verlegungsgrad  $V_{re}$ :

$$V_{re} = A_{VT} / A_{RE} \quad [-] \quad (5.25a)$$

- $V_{re}$  Verlegungsgrad des Rechens [-]
- $A_{VT}$  verlegte Fläche infolge Treibgut, Algen, Muscheln etc. [m<sup>2</sup>]

$$k_{V,1} = 1 + 5,2 \cdot P_{re}^{-1,5} \cdot \left(\frac{V_{re}}{1 - V_{re}}\right)^2 \quad [-] \quad (5.25b)$$

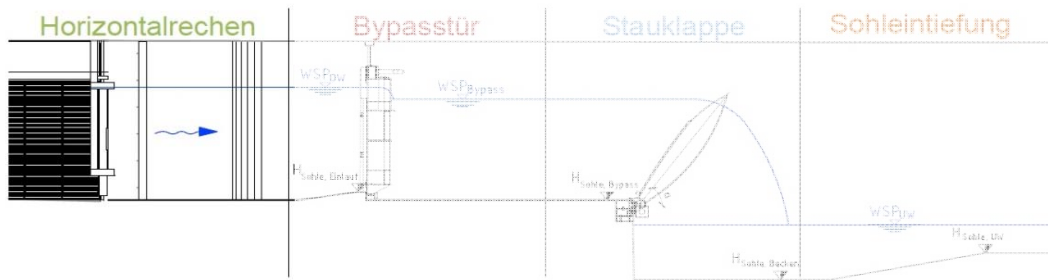
$$k_{V,2} = 1 + 1,8 \cdot P_{re}^{-1,2} \cdot \left(\frac{V_{re}}{1 - V_{re}}\right)^{1,2} \quad [-] \quad (5.25c)$$

- $k_{V,i}$  Verlegungsfaktor eines Rechens der Gruppe 1 oder 2 gemäß Abb. 5.22 [-]

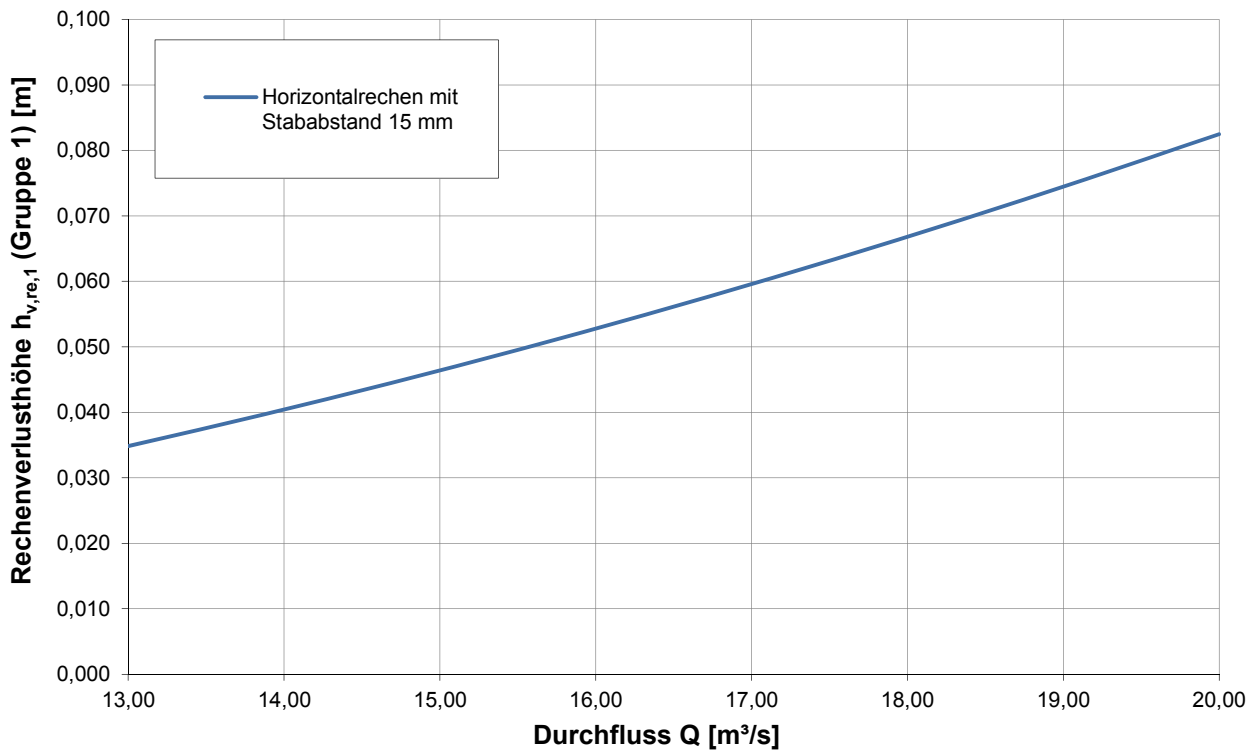
Gruppe 1	Gruppe 2						
$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,125$	$V_{re} = 0,125$	$V_{re} = 0,25$
$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,125$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,25$	$V_{re} = 0,125$

Abb. 5.22: Schematische Darstellung der Verlegungsarten und Verlegungsgrade der Gruppen 1 und 2 [nach 5.22]

## Bemessung des Horizontalrechens



**Rechenverlusthöhen nach Giesecke/Mosonyi**



## Bemessung des Horizontalrechens Nachweis der zulässigen Anströmgeschwindigkeit

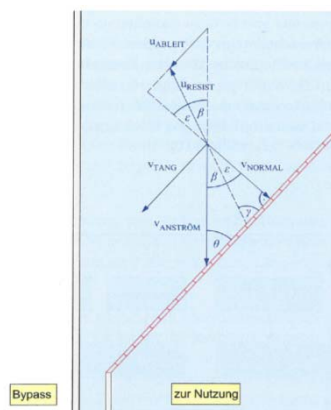
Anwendung des Modells von O'KEEFEE & TURNPENNY (2005)

Ziel: Die resultierende Normalgeschwindigkeit darf die maximale Dauerschwimmgeschwindigkeit der Zielarten nicht übersteigen

$$v_{NORMAL} \leq u_{OPT}$$

### Bestimmung der maximalen Dauerschwimmgeschwindigkeit $u_{OPT}$

t	200 min	Schwimmdauer
TL	0,1 m	Totallänge des Fisches
T	5 °C	Temperatur
Fischtyp	Rheophil	
$u_{OPT, maßgebend}$	0,38 m/s	Dauerschwimmgeschwindigkeit



Abbildungen aus EBEL

### Bestimmung der Normalgeschwindigkeit

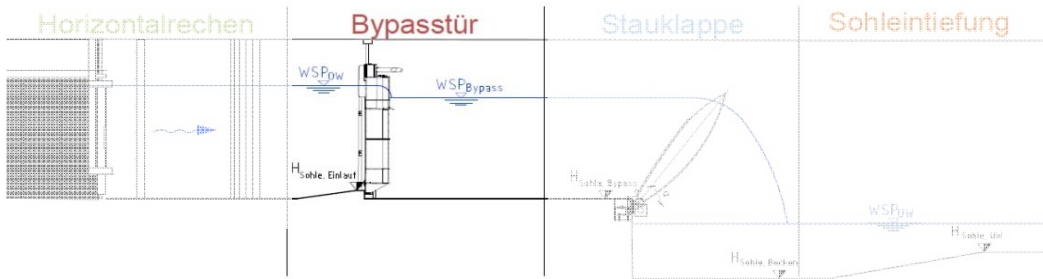
$\Theta$	40 °	horizontaler Winkel zwischen Vektor der Anströmgeschwindigkeit und Barriere
$v_{ANSTRÖM} = v_1$	0,39 m/s	Anströmgeschwindigkeit (in Abhängigkeit des Abflusses und Rechenbruttofläche)
$v_{NORMAL}$	0,25 m/s	Normalgeschwindigkeit $v_{NORMAL} = \sin \theta \cdot v_{ANSTRÖM}$

### Nachweis

$$v_{NORMAL} \quad 0,25 \quad \leq \quad 0,38 \quad u_{OPT}$$

Nachweis erfüllt

## Bemessung Bypassstür - Aussparung oben



Verwendete Formel für vollkommenen Überfall:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_A \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

$Q_{\text{oben}}$	0,260 m <sup>3</sup> /s	Überfallabfluss obere Aussparung
$b_{\text{oben}}$	0,40 m	Öffnungsbreite der oberen Aussparung
$\mu_A$	0,69 -	Überfallbeiwert (aus Abb. wählen)
$B_{\text{BYPASS}}$	3,00 m	Breite der Bypasskammer
$L_{\text{BYPASS}}$	5,00 m	Länge der Bypasskammer

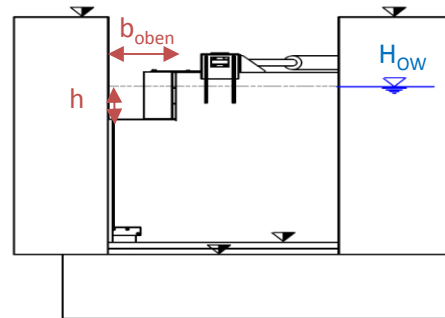
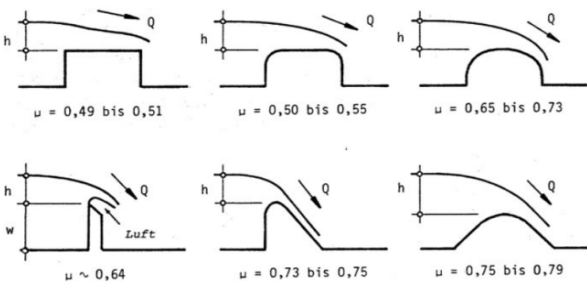


Abb. Überfallbeiwert nach Ulrich C. E. Zanke

Abb. Tür mit Fischdurchlass oben

Symbol	Werte	Einheit	Beschreibung
$Q_{\text{oben}}$	0,26 m <sup>3</sup> /s		Überfallabfluss obere Aussparung
$b_{\text{oben}}$	0,40 m		Öffnungsbreite der oberen Aussparung
$\mu_A$	0,69 -		Überfallbeiwert
$h_{\text{gr}}$	0,35 m		Grenztiefe
$h$	0,47 m		Überfallhöhe
$v_{\text{oben}}$	1,39 m/s		Fließgeschwindigkeit in der oberen Aussparung

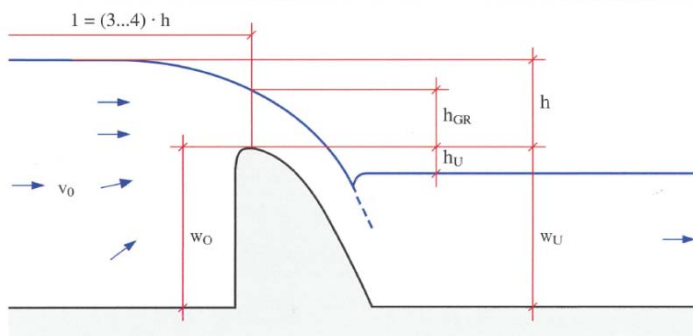


Abb.: Prinzipskizze

## Bemessung Bypassstür - Aussparung oben

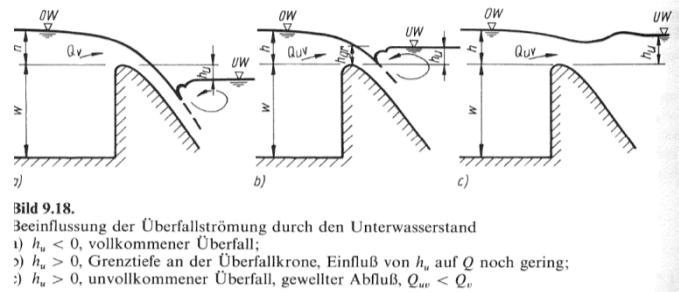
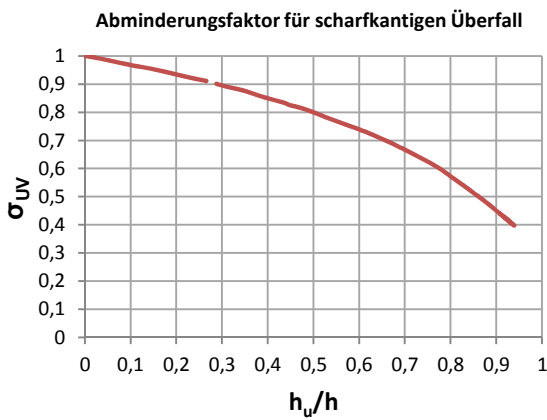
**Verwendete Formel für unvollkommenen Überfall:**

$$Q = \sigma_{UV} \cdot \frac{2}{3} \mu_A \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

Start  
Berechnung

$Q_{\text{oben}}$	0,260 m³/s	Überfallabfluss obere Aussparung
$b_{\text{oben}}$	0,40 m	Öffnungsbreite der oberen Aussparung
$H_{\text{OW}}$	190,49 m+NN	Stauziel im Oberwasser
$WSP_{\text{Bypass}}$	190,34 m+NN	Wasserspiegelhöhe im Bypass
$H_{\text{Sohle, Einlauf}}$	187,40 m+NN	Sohlhöhe Bypass Einlauf
$H_{\text{Sohle, Bypass}}$	187,30 m+NN	Sohlhöhe in der Bypasskammer
$H_{\text{Aussparung}}$	189,84 m+NN	Höhe der Überlaufschwelle der Aussparung
$w_{\text{Tür}}$	2,44	Höhe der Bypassstür bis OK Aussparung
$h_U$	0,50 m	Wassertiefe über der Aussparungshöhe im UW
$h_{\text{Bypass}}$	3,04 m	Wassertiefe im Bypass
$\Delta h_{\text{Kammer}}$	0,15 m	Wasserspiegeldifferenz, Absturzhöhe

### Bestimmung des Abminderungsfaktor $\sigma_{UV}$ zur Berechnung des unvollkommenen Überfalls



$h_U/h$	0,770 -	Verhältnis $h_U/h$
$\sigma_{UV}$	0,61 -	Abminderungsfaktor für rückgestauten Abfluss

Symbol	Werte	Einheit	Beschreibung
$Q_{\text{oben}}$	0,26 m³/s		Überfallabfluss obere Aussparung
$b_{\text{oben}}$	0,40 m		Öffnungsbreite der oberen Aussparung
$\mu_A$	0,69 -		Überfallbeiwert
$\sigma_{UV}$	0,61 -		Abminderungsfaktor
$h_{gr}$	0,35 m		Grenztiefe
$h$	0,65 m		Überfallhöhe
$v_{\text{oben}}$	0,89 m/s		Fließgeschwindigkeit in der Aussparung oben



## Bemessung Bypassstür - Aussparung oben

### Nachweis ingenieurbio-logische Anforderungen

#### 1. Lichte Profilbreite

##### 1.1 Wahl der maßgebenden Körperproportionen der Fische

Totallänge des Fisches	TL	0,80 m	aus Tab. 42 [EBEL 2013]
relative Körperbreite	$b_{FISCH,RELAT}$	0,11 -	aus Tab. 27 [EBEL 2013]
maximale Körperbreite	$b_{FISCH,MAX}$	0,088 m	$b_{FISCH,MAX} = b_{FISCH,RELAT} \cdot TL$

##### 1.2 Mindestanforderung an die Profilbreite nach [EBEL 2013]

Tab. 47: Mindestanforderungen an die Profilabmessungen von Bypassen für ausgewählte Arten<sup>1)</sup>

Art / Artengruppe	Entwicklungsstadium	Anforderung an Profilbreite und Profilhöhe bzw. Wassertiefe	Gültigkeitsgrenze	Autor
<b>allgemeine Modelle<sup>2)</sup></b>				
verschied. Arten	unspezifisch	[169] $b_{BYPASS} = 0,9384 \cdot (TL \cdot b_{FISCH,RELAT})^{0,3774}$	$b_{FISCH,MAX} \leq 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[170] $b_{BYPASS} = 2,60 \cdot TL \cdot b_{FISCH,RELAT}$	$b_{FISCH,MAX} > 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[171] $h_{BYPASS} = 1,4076 \cdot (TL \cdot b_{FISCH,RELAT})^{0,3774}$	$b_{FISCH,MAX} \leq 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[172] $h_{BYPASS} = 3,90 \cdot TL \cdot b_{FISCH,RELAT}$	$b_{FISCH,MAX} > 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
<b>art- bzw. familienspezifische Anforderungen</b>				
Salmoniden (Salmonidae)	Smolt	[173] $b_{BYPASS} = 0,45 \text{ m}$	–	Kap. 5.2.2.3.4
	Smolt	[174] $h_{BYPASS} = 0,45 \text{ m}$	–	Kap. 5.2.2.3.4
Aale (Anguillidae)	Gelb- u. Blankaal	[175] $b_{BYPASS} = 0,30 \text{ m}$	–	Kap. 5.2.2.3.4
	Gelb- u. Blankaal	[176] $h_{BYPASS} = 0,30 \text{ m}$	–	Kap. 5.2.2.3.4
Neunaugen (Petromyzontidae)	Macrophthalmia	[175] $b_{BYPASS} = 0,30 \text{ m}$	–	Kap. 5.2.2.3.4
	Macrophthalmia	[176] $h_{BYPASS} = 0,30 \text{ m}$	–	Kap. 5.2.2.3.4

$b_{BYPASS}$  = Profilbreite [m]

$h_{BYPASS}$  = Profilhöhe bzw. Wassertiefe [m]

TL = Totallänge des Fisches [m]

$b_{FISCH,RELAT}$  = relative Körperbreite des Fisches [-]

$b_{FISCH,MAX}$  = maximale Körperbreite des Fisches bei

gegebenener Totallänge [m]

<sup>1)</sup> Die in der Tab. angegebenen Profildimensionen beziehen sich auf das kleinste Profil im Bypassgerinne (Details vgl. Kap. 6.3.1.2)

<sup>2)</sup> nicht für Salmonidensmolts, Aale, Neunaugen und Maifische (Erläuterungen vgl. Kap. 5.2.2.3.4)

für verschiedene Arten (Entwicklungsstadium = unspezifisch)

lichte Profilbreite  $b_{BYPASS}$  = 0,38 m

##### 1.3 Nachweis der zulässigen Profilbreite

$$b_{BYPASS} \quad 0,38 \quad \leq \quad 0,40 \quad b_{oben}$$

Nachweis erfüllt

#### 2. Lichte Profilhöhe

##### 2.1 Wahl der maßgebenden Körperproportionen der Fische

Totallänge des Fisches	TL	0,80 m	aus Tab. 42 [EBEL 2013]
relative Körperhöhe	$h_{FISCH,RELAT}$	0,17 -	aus Tab. 27 [EBEL 2013]
maximale Körperhöhe	$h_{FISCH,MAX}$	0,14 m	$h_{FISCH,MAX} = h_{FISCH,RELAT} \cdot TL$

## 2.2 Mindestanforderung an die Profilhöhe nach [EBEL 2013]

Tab. 47: Mindestanforderungen an die Profilabmessungen von Bypässen für ausgewählte Arten<sup>1)</sup>

Art / Artengruppe	Entwicklungsstadium	Anforderung an Profilhöhe bzw. Wassertiefe	Gültigkeitsgrenze	Autor
<b>allgemeine Modelle<sup>2)</sup></b>				
verschied. Arten	unspezifisch	[169] $b_{\text{BYPASS}} = 0,9384 \cdot (TL \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}})^{0,3774}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} \leq 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[170] $b_{\text{BYPASS}} = 2,60 \cdot TL \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} > 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[171] $h_{\text{BYPASS}} = 1,4076 \cdot (TL \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}})^{0,3774}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} \leq 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[172] $h_{\text{BYPASS}} = 3,90 \cdot TL \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} > 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
<b>art- bzw. familienspezifische Anforderungen</b>				
Salmoniden (Salmonidae)	Smolt	[173] $b_{\text{BYPASS}} = 0,45 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Smolt	[174] $h_{\text{BYPASS}} = 0,45 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
Aale (Anguillidae)	Gelb- u. Blankaal	[175] $b_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Gelb- u. Blankaal	[176] $h_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
Neunaugen (Petromyzontidae)	Macrophthalmia	[175] $b_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Macrophthalmia	[176] $h_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4

$b_{\text{BYPASS}}$  = Profilhöhe [m]  
 $h_{\text{BYPASS}}$  = Profilhöhe bzw. Wassertiefe [m]  
 $TL$  = Totallänge des Fisches [m]  
 $b_{\text{FISCH,RELAT}}$  = relative Körperbreite des Fisches [-]  
 $b_{\text{FISCH,MAX}}$  = maximale Körperbreite des Fisches bei gegebener Totallänge [m]

<sup>1)</sup> Die in der Tab. angegebenen Profildimensionen beziehen sich auf das kleinste Profil im Bypassgerinne (Details vgl. Kap. 6.3.1.2)

<sup>2)</sup> nicht für Salmonidensmolts, Aale, Neunaugen und Maifische (Erläuterungen vgl. Kap. 5.2.2.3.4)

für verschiedene Arten (Entwicklungsstadium = unspezifisch)

lichte Profilhöhe  $h_{\text{BYPASS}}$  0,56 m

## 2.3 Nachweis der zulässigen Profilhöhe

$h_{\text{BYPASS}}$  0,56 ≤ 0,65 h Nachweis erfüllt

Für den Nachweis der erforderlichen Wassertiefe darf die Überfallhöhe vor der Strahlabsenkung verwendet werden.

## 3. Spezifische Leistung in der Bypasskammer

### 3.1 Berechnung der spezifischen Leistungsdichte in der Bypasskammer

$$p = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{\text{BYPASS}} \cdot \Delta h_{\text{Kammer}}}{V_{\text{Kammer}}}$$

Breite der Bypasskammer	$B_{\text{BYPASS}}$	3,00 m
Länge der Bypasskammer	$L_{\text{BYPASS}}$	5,00 m
Wassertiefe in der Bypasskammer	$h_{\text{Kammer}}$	3,04 m
Volumen des Wasserkörpers	$V_{\text{Kammer}}$	45,60 m <sup>3</sup>
Überfallabfluss obere Aussparung	$Q_{\text{oben}}$	0,260 m <sup>3</sup> /s
Wasserspiegeldifferenz	$\Delta h_{\text{Kammer}}$	0,15 m
spezifische Leistungsdichte	$p$	8,39 W/m <sup>3</sup>

### 3.2 Nachweis der zulässigen spezifischen Leistungsdichte in der Bypasskammer

$p$  8,39 ≤ 500,00  $p_{\text{zul}}$  Nachweis erfüllt

#### 4. Geschwindigkeit im Eintrittsprofil

##### 4.1 Berechnung der Anströmgeschwindigkeit des Bypasses

Überfallabfluss obere Aussparung	$Q_{\text{oben}}$	0,260 m <sup>3</sup> /s
Wassertiefe vor Bypassstür	$h_{\text{OW,BYPASS}}$	3,09 m
Breite der Bypasskammer	$B_{\text{BYPASS}}$	3,00 m
Anströmgeschwindigkeit	$V_{\text{ANSTRÖM,BYPASS}}$	0,03 m/s

##### 4.2 Berechnung der absoluten Eintrittsgeschwindigkeit des Bypasses

absolute Eintrittsgeschwindigkeit	$V_{\text{BYPASS}} = v_{\text{oben}}$	0,89 m/s
-----------------------------------	---------------------------------------	----------

##### 4.3 Nachweis der absoluten Eintrittsgeschwindigkeit

$V_{\text{BYPASS,zul}}$	0,30 - 1,50	=	0,89	$V_{\text{BYPASS}}$	Nachweis erfüllt
-------------------------	-------------	---	------	---------------------	------------------

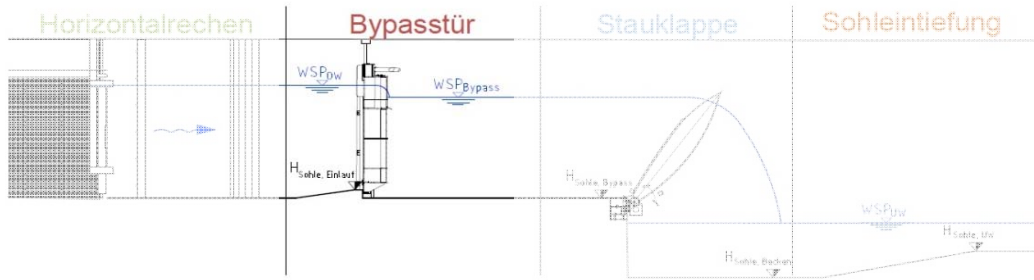
##### 4.4 Berechnung der relativen Eintrittsgeschwindigkeit des Bypasses

relative Eintrittsgeschwindigkeit	$V_{\text{BYPASS,RELAT}}$	1,00 -	$v_{\text{BYPASS,RELAT}} = \frac{v_{\text{BYPASS}}}{v_{\text{ANSTRÖM}}}$
-----------------------------------	---------------------------	--------	--

##### 4.5 Nachweis der relativen Eintrittsgeschwindigkeit

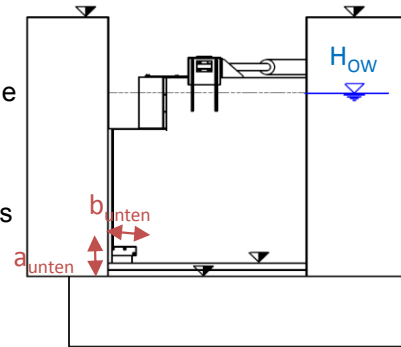
$V_{\text{BYPASS,REALT,zul}}$	1,0 - 2,0	=	1,00	$V_{\text{BYPASS,RELAT}}$	Nachweis erfüllt
-------------------------------	-----------	---	------	---------------------------	------------------

## Bemessung Bypassstür - Aussparung unten



### Angaben zum System

$H_{\text{Sohle, Einlauf}}$	187,40 m+NN	Sohlhöhe Bypass Einlauf
$H_{\text{Sohle, Bypass}}$	187,30 m+NN	Sohlhöhe in der Bypasskammer
$H_{\text{OW}}$	190,49 m+NN	Stauziel im Oberwasser
$h_o$	3,09 m	Wassertiefe Oberwasser
$WSP_{\text{Bypass}}$	190,34 m+NN	Wasserspiegelhöhe im Bypass
$h_{\text{Bypass}}$	3,04 m	Wassertiefe im Bypass



### Bemessung unvollkommenen Abfluss Sohlaußsparrung

Symbol	Werte	Einheit	Beschreibung
$Q_{\text{unten}}$	0,116	m <sup>3</sup> /s	Abfluss
$a_{\text{unten}}$	0,30	m	Öffnungshöhe
$b_{\text{unten}}$	0,30	m	Öffnungsbreite
$a/b$	1,00	-	Quotient aus Höhe/Breite der Aussparung
$a/h_o$	0,10	-	Quotient aus Höhe/Wassertiefe OW
$\psi_{90^\circ}$	0,634	-	Kontraktionsbeiwert
$h_{2,\text{Rück}}$	1,40	m	UW-Stand, ab dem rückgestauter Abfluss eintritt
$h_{2,\text{vorh}}$	3,04	m	UW-Stand, vorhanden
$\mu_A$	0,615	-	Abflussbeiwert (freier Abfluss)
$\chi$	0,27	-	Rückstaubeiwert
$v_{\text{unten}}$	1,29	m/s	Geschwindigkeit

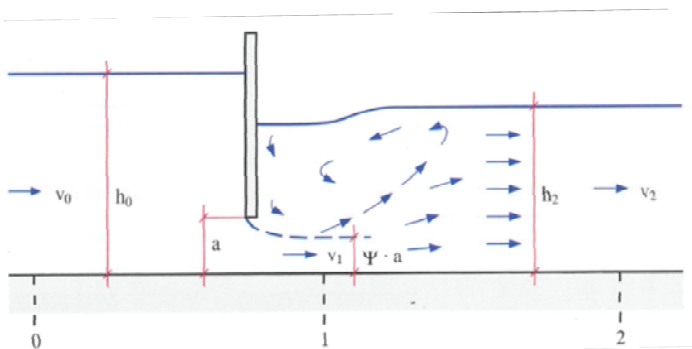


Abb.: Prinzipskizze nach [EBEL]

## Bemessung Bypassstür - Aussparung unten

### Verwendete Formeln für rückgestauten Abfluss:

Freier Abfluss:  $Q_{\text{unten}} = \mu_A \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g \cdot h_o}$

Rückgestauter Abfluss:  $Q_{\text{unten}} = \chi \cdot \mu_A \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g \cdot h_o}$

Kontraktionsbeiwert: 
$$\psi = \frac{1}{1 + 0,64 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{a}{h_o}\right)^2}}$$

Ausflussbeiwert: 
$$\mu_A = \frac{\psi}{\sqrt{1 + \frac{\psi \cdot a}{h_o}}}$$

Unterwasserspiegel: 
$$h_2 = a \cdot \frac{\psi}{2} \cdot \left[ \sqrt{1 + \frac{16}{\psi \cdot \left(1 + \frac{\psi \cdot a}{h_o}\right)} \cdot \frac{h_o}{a}} - 1 \right]$$

Rückstaubeiwert: 
$$\chi = \left( \left(1 + \frac{\psi \cdot a}{h_o}\right) \cdot \left[ 1 - 2 \cdot \frac{\psi \cdot a}{h_o} \cdot \left(1 - \frac{\psi \cdot a}{h_2}\right) \right] - \sqrt{\left[ 1 - 2 \cdot \frac{\psi \cdot a}{h_o} \cdot \left(1 - \frac{\psi \cdot a}{h_2}\right) \right]^2 + \left(\frac{h_2}{h_o}\right)^2} - 1 \right)^{\frac{1}{2}}$$

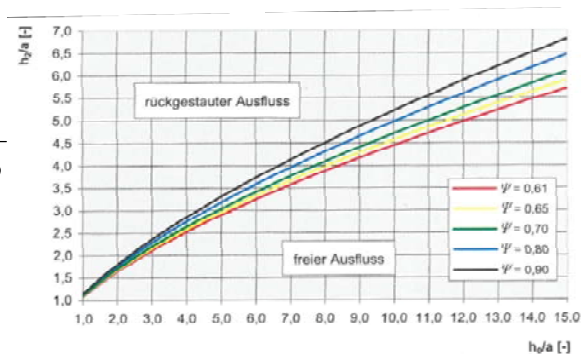


Abb.: Grenze freier und rückgestauter Ausfluss nach Ebel

# Bemessung Bypassstür - Aussparung unten Nachweis ingenieurbioologische Anforderungen

## 1. Lichte Profilbreite

### 1.1 Wahl der maßgebenden Körperproportionen der Fische

Totallänge des Fisches	TL	0,90	m	aus Tab. 42 [EBEL 2013]
relative Körperbreite	$b_{FISCH,RELAT}$	0,03	-	aus Tab. 27 [EBEL 2013]
maximale Körperbreite	$b_{FISCH,MAX}$	0,027	m	$b_{FISCH,MAX} = b_{FISCH,RELAT} \cdot TL$

### 1.2 Mindestanforderung an die Profilbreite nach [EBEL 2013]

Tab. 47: Mindestanforderungen an die Profilabmessungen von Bypassen für ausgewählte Arten<sup>1)</sup>

Art / Artengruppe	Entwicklungsstadium	Anforderung an Profilbreite und Profilhöhe bzw. Wassertiefe	Gültigkeitsgrenze	Autor
<b>allgemeine Modelle<sup>2)</sup></b>				
verschied. Arten	unspezifisch	[169] $b_{BYPASS} = 0,9384 \cdot (TL \cdot b_{FISCH,RELAT})^{0,3774}$	$b_{FISCH,MAX} \leq 0,20$ m	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[170] $b_{BYPASS} = 2,60 \cdot TL \cdot b_{FISCH,RELAT}$	$b_{FISCH,MAX} > 0,20$ m	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[171] $b_{BYPASS} = 1,4076 \cdot (TL \cdot b_{FISCH,RELAT})^{0,3774}$	$b_{FISCH,MAX} \leq 0,20$ m	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[172] $b_{BYPASS} = 3,90 \cdot TL \cdot b_{FISCH,RELAT}$	$b_{FISCH,MAX} > 0,20$ m	EBEL (vorl. Arbeit)
<b>art- bzw. familienspezifische Anforderungen</b>				
Salmoniden (Salmonidae)	Smolt	[173] $b_{BYPASS} = 0,45$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Smolt	[174] $h_{BYPASS} = 0,45$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
Aale (Anguillidae)	Gelb- u. Blankaal	[175] $b_{BYPASS} = 0,30$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Gelb- u. Blankaal	[176] $h_{BYPASS} = 0,30$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
Neunaugen (Petromyzontidae)	Macrophthalmia	[175] $b_{BYPASS} = 0,30$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Macrophthalmia	[176] $h_{BYPASS} = 0,30$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4

$b_{BYPASS}$  = Profilbreite [m]                       $b_{FISCH,RELAT}$  = relative Körperbreite des Fisches [-]  
 $h_{BYPASS}$  = Profilhöhe bzw. Wassertiefe [m]       $b_{FISCH,MAX}$  = maximale Körperbreite des Fisches bei  
 TL = Totallänge des Fisches [m]                      gegebener Totallänge [m]

<sup>1)</sup> Die in der Tab. angegebenen Profildimensionen beziehen sich auf das kleinste Profil im Bypassgerinne (Details vgl. Kap. 6.3.1.2)

<sup>2)</sup> nicht für Salmonidensmolts, Aale, Neunaugen und Maifische (Erläuterungen vgl. Kap. 5.2.2.3.4)

für verschiedene Arten (Entwicklungsstadium = unspezifisch)

lichte Profilbreite  $b_{BYPASS}$  0,24 m

für Aale

$b_{BYPASS}$  0,30 m

### 1.3 Nachweis der zulässigen Profilbreite

$b_{BYPASS}$  0,30 ≤ 0,30  $b_{unten}$  Nachweis erfüllt

## 2. Lichte Profilhöhe

### 2.1 Wahl der maßgebenden Körperproportionen der Fische

Totallänge des Fisches	TL	0,90	m	aus Tab. 42 [EBEL 2013]
relative Körperhöhe	$h_{FISCH,RELAT}$	0,03	-	aus Tab. 27 [EBEL 2013]
maximale Körperhöhe	$h_{FISCH,MAX}$	0,03	m	$h_{FISCH,MAX} = h_{FISCH,RELAT} \cdot TL$

## 2.2 Mindestanforderung an die Profilhöhe nach [EBEL 2013]

Tab. 47: Mindestanforderungen an die Profilabmessungen von Bypässen für ausgewählte Arten<sup>1)</sup>

Art / Artengruppe	Entwicklungsstadium	Anforderung an Profilhöhe bzw. Wassertiefe	Gültigkeitsgrenze	Autor
<b>allgemeine Modelle<sup>2)</sup></b>				
verschied. Arten	unspezifisch	[169] $b_{\text{BYPASS}} = 0,9384 \cdot (TL \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}})^{0,3774}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} \leq 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[170] $b_{\text{BYPASS}} = 2,60 \cdot TL \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} > 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[171] $h_{\text{BYPASS}} = 1,4076 \cdot (TL \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}})^{0,3774}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} \leq 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[172] $h_{\text{BYPASS}} = 3,90 \cdot TL \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} > 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
<b>art- bzw. familienspezifische Anforderungen</b>				
Salmoniden (Salmonidae)	Smolt	[173] $b_{\text{BYPASS}} = 0,45 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Smolt	[174] $h_{\text{BYPASS}} = 0,45 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
Aale (Anguillidae)	Gelb- u. Blankaal	[175] $b_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Gelb- u. Blankaal	[176] $h_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
Neunaugen (Petromyzontidae)	Macrophthalmia	[175] $b_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Macrophthalmia	[176] $h_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4

$b_{\text{BYPASS}}$  = Profilhöhe [m]  
 $h_{\text{BYPASS}}$  = Profilhöhe bzw. Wassertiefe [m]  
 TL = Totallänge des Fisches [m]  
 $b_{\text{FISCH,RELAT}}$  = relative Körperbreite des Fisches [-]  
 $b_{\text{FISCH,MAX}}$  = maximale Körperbreite des Fisches bei gegebener Totallänge [m]

<sup>1)</sup> Die in der Tab. angegebenen Profildimensionen beziehen sich auf das kleinste Profil im Bypassgerinne (Details vgl. Kap. 6.3.1.2)

<sup>2)</sup> nicht für Salmonidensmolts, Aale, Neunaugen und Maifische (Erläuterungen vgl. Kap. 5.2.2.3.4)

für verschiedene Arten (Entwicklungsstadium = unspezifisch)

lichte Profilhöhe  $h_{\text{BYPASS}}$  0,36 m

für Aale

$h_{\text{BYPASS}}$  0,30 m

## 2.3 Nachweis der zulässigen Profilhöhe

$h_{\text{BYPASS}}$  0,30 ≤ 0,30  $a_{\text{unten}}$

Nachweis erfüllt

Für den Nachweis der erforderlichen Wassertiefe darf die Überfallhöhe vor der Strahlabsenkung verwendet werden.

## 3. Spezifische Leistung in der Bypasskammer

### 3.1 Berechnung der spezifischen Leistungsdichte in der Bypasskammer

$$p = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{\text{BYPASS}} \cdot \Delta h_{\text{Kammer}}}{V_{\text{Kammer}}}$$

Breite der Bypasskammer  $B_{\text{BYPASS}}$  3,00 m

Länge der Bypasskammer  $L_{\text{BYPASS}}$  5,00 m

Wassertiefe in der Bypasskammer  $h_{\text{Kammer}}$  3,04 m

Volumen des Wasserkörpers  $V_{\text{Kammer}}$  45,60 m<sup>3</sup>

Abfluss Sohlaußsparung  $Q_{\text{unten}}$  0,116 m<sup>3</sup>/s

Wasserspiegeldifferenz  $\Delta h_{\text{Kammer}}$  0,15 m

spezifische Leistungsdichte  $p$  3,75 W/m<sup>3</sup>

### 3.2 Nachweis der zulässigen spezifischen Leistungsdichte in der Bypasskammer

$p$  3,75 ≤ 500,00  $p_{\text{zul}}$

Nachweis erfüllt

#### 4. Geschwindigkeit im Eintrittsprofil

##### 4.1 Berechnung der Anströmgeschwindigkeit des Bypasses

Abfluss Sohlaussparung	$Q_{\text{unten}}$	0,116 m <sup>3</sup> /s
Wassertiefe vor Bypassstür	$h_{\text{OW,BYPASS}}$	3,09 m
Breite der Bypasskammer	$B_{\text{BYPASS}}$	3,00 m
Anströmgeschwindigkeit	$V_{\text{ANSTRÖM,BYPASS}}$	0,01 m/s

##### 4.2 Berechnung der absoluten Eintrittsgeschwindigkeit des Bypasses

absolute Eintrittsgeschwindigkeit	$V_{\text{BYPASS}} = V_{\text{unten}}$	1,29 m/s
-----------------------------------	--	----------

##### 4.3 Nachweis der absoluten Eintrittsgeschwindigkeit

$V_{\text{BYPASS,zul}}$	0,30 - 1,50	=	1,29	$V_{\text{BYPASS}}$	Nachweis erfüllt
-------------------------	-------------	---	------	---------------------	------------------

##### 4.4 Berechnung der relativen Eintrittsgeschwindigkeit des Bypasses

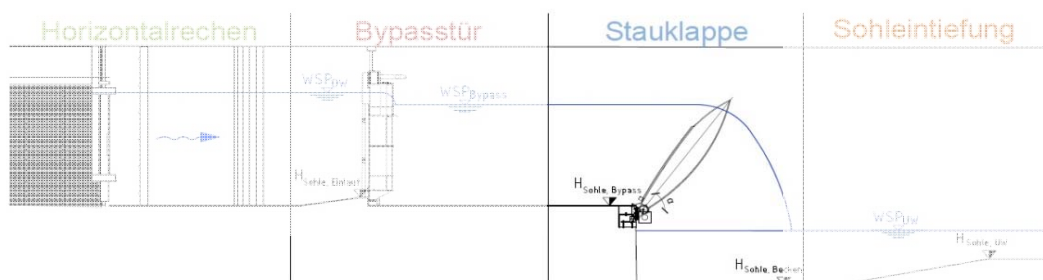
relative Eintrittsgeschwindigkeit	$V_{\text{BYPASS,RELAT}}$	1,00 -	$v_{\text{BYPASS,RELAT}} = \frac{v_{\text{BYPASS}}}{v_{\text{ANSTRÖM}}}$
-----------------------------------	---------------------------	--------	--

##### 4.5 Nachweis der relativen Eintrittsgeschwindigkeit

$V_{\text{BYPASS,REALT,zul}}$	1,0 - 2,0	=	1,00	$V_{\text{BYPASS,RELAT}}$	Nachweis erfüllt
-------------------------------	-----------	---	------	---------------------------	------------------



## Hydraulische Berechnung Wehrklappe



### Bemessung Abfluss Stauklappe - vollkommener Überfall

$b_{ges}$	3,00 m	Gesamtüberfallbreite Stauklappe
$b_{K1,ab}$	0,40 m	Kronenbreite abgesenkter Bereich
$b_{K2,nab}$	2,60 m	Kronenbreite nicht abgesenkter Bereich
$\mu_{A,Klappe, ab}$	0,7 -	Überfallbeiwert des abgesenkten Bereichs
Q	0,376 m <sup>3</sup> /s	Abfluss
$h_{Bypass}$	3,04 m	Wassertiefe im Bypass bei Fischabstieg
$WSP_{Bypass}$	190,34 m+NN	Wasserspiegelhöhe im Bypass
$WSP_{Becken}$	184,97 m+NN	Wasserspiegelhöhe im Wasserbecken
$H_{Sohle,Becken}$	182,80 m+NN	Sohlhöhe nach Überfall
$B_{TOS}$	3,00 m	Breite der Tosbeckenkammer
$L_{TOS}$	13,00 m	Länge der Tosbeckenkammer

### vollkommener Überfall über den abgesenkten Klappenbereich

$$Q = \frac{2}{3} \mu_{A,Klappe} \cdot b_{K1,ab} \cdot \sqrt{2g} \cdot (h)^{\frac{3}{2}}$$

Symbol	Wert	Einheit	Beschreibung
Q	0,38 m <sup>3</sup> /s		Abfluss über Aussparung Klappe
$b_{K1,ab}$	0,40 m		Kronenbreite abgesenkter Bereich
$h_{u,Klappe}$	0,59 m		Überfallhöhe
$\Delta h_{TOS}$	5,37 m		Wasserspiegeldifferenz, Absturzhöhe
$v_{Klappe}$	1,59 m/s		Fließgeschwindigkeit

$\alpha_{Klappe}$  40,00 ° Öffnungswinkel der Klappe gg. Horizontale (Vollöffnung)

# Hydraulische Berechnung Wehrklappe Nachweis ingenieurbioologischer Anforderungen

WSP<sub>Becken</sub> 184,97 m+NN      Wasserspiegelhöhe im Wasserbecken nach der Stauklappe  
H<sub>Sohle·Becken</sub> 182,80 m+NN      Sohlhöhe Tosbecken

## 1. Lichte Profilbreite

### 1.1 Wahl der maßgebenden Körperproportionen der Fische

Totallänge des Fisches      TL      0,80 m      aus Tab. 42 [EBEL 2013]  
relative Körperbreite      b<sub>FISCH,RELAT</sub>      0,1 -      aus Tab. 27 [EBEL 2013]  
maximale Körperbreite      b<sub>FISCH,MAX</sub>      0,08 m       $b_{FISCH,MAX} = b_{FISCH,RELAT} \cdot TL$

### 1.2 Mindestanforderung an die Profilbreite nach [EBEL 2013]

Tab. 47: Mindestanforderungen an die Profilabmessungen von Bypässen für ausgewählte Arten<sup>1)</sup>

Art / Artengruppe	Entwicklungsstadium	Anforderung an Profilbreite und Profilhöhe bzw. Wassertiefe	Gültigkeitsgrenze	Autor
<b>allgemeine Modelle<sup>2)</sup></b>				
verschied. Arten	unspezifisch	[169] $b_{BYPASS} = 0,9384 \cdot (TL \cdot b_{FISCH,RELAT})^{0,3774}$	$b_{FISCH,MAX} \leq 0,20$ m	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[170] $b_{BYPASS} = 2,60 \cdot TL \cdot b_{FISCH,RELAT}$	$b_{FISCH,MAX} > 0,20$ m	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[171] $b_{BYPASS} = 1,4076 \cdot (TL \cdot b_{FISCH,RELAT})^{0,3774}$	$b_{FISCH,MAX} \leq 0,20$ m	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[172] $b_{BYPASS} = 3,90 \cdot TL \cdot b_{FISCH,RELAT}$	$b_{FISCH,MAX} > 0,20$ m	EBEL (vorl. Arbeit)
<b>art- bzw. familienspezifische Anforderungen</b>				
Salmoniden (Salmonidae)	Smolt	[173] $b_{BYPASS} = 0,45$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Smolt	[174] $h_{BYPASS} = 0,45$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
Aale (Anguillidae)	Gelb- u. Blankaal	[175] $b_{BYPASS} = 0,30$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Gelb- u. Blankaal	[176] $h_{BYPASS} = 0,30$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
Neunaugen (Petromyzontidae)	Macrophthalmia	[175] $b_{BYPASS} = 0,30$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Macrophthalmia	[176] $h_{BYPASS} = 0,30$ m	-	Kap. 5.2.2.3.4

b<sub>BYPASS</sub> = Profilbreite [m]      b<sub>FISCH,RELAT</sub> = relative Körperbreite des Fisches [-]  
h<sub>BYPASS</sub> = Profilhöhe bzw. Wassertiefe [m]      b<sub>FISCH,MAX</sub> = maximale Körperbreite des Fisches bei gegebener Totallänge [m]  
TL = Totallänge des Fisches [m]

<sup>1)</sup> Die in der Tab. angegebenen Profildimensionen beziehen sich auf das kleinste Profil im Bypassgerinne (Details vgl. Kap. 6.3.1.2)

<sup>2)</sup> nicht für Salmonidensmolts, Aale, Neunaugen und Maifische (Erläuterungen vgl. Kap. 5.2.2.3.4)

für verschiedene Arten (Entwicklungsstadium = unspezifisch)

lichte Profilbreite      b<sub>BYPASS</sub>      0,36 m

### 1.3 Nachweis der zulässigen Profilbreite

b<sub>BYPASS</sub>      0,36      ≤      0,40      b<sub>K1,ab</sub>      Nachweis erfüllt

## 2. Lichte Profilhöhe

### 2.1 Wahl der maßgebenden Körperproportionen der Fische

Totallänge des Fisches      TL      0,80 m      aus Tab. 42 [EBEL 2013]  
relative Körperhöhe      h<sub>FISCH,RELAT</sub>      0,17 -      aus Tab. 27 [EBEL 2013]  
maximale Körperhöhe      h<sub>FISCH,MAX</sub>      0,14 m       $h_{FISCH,MAX} = h_{FISCH,RELAT} \cdot TL$

## 2.2 Mindestanforderung an die Profilhöhe nach [EBEL 2013]

Tab. 47: Mindestanforderungen an die Profildimensionen von Bypässen für ausgewählte Arten<sup>1)</sup>

Art / Artengruppe	Entwicklungsstadium	Anforderung an Profilhöhe und Profiltiefe	Gültigkeitsgrenze	Autor
<b>allgemeine Modelle<sup>2)</sup></b>				
verschied. Arten	unspezifisch	[169] $b_{\text{BYPASS}} = 0,9384 \cdot (\text{TL} \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}})^{0,3774}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} \leq 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[170] $b_{\text{BYPASS}} = 2,60 \cdot \text{TL} \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} > 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[171] $h_{\text{BYPASS}} = 1,4076 \cdot (\text{TL} \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}})^{0,3774}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} \leq 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
	unspezifisch	[172] $h_{\text{BYPASS}} = 3,90 \cdot \text{TL} \cdot b_{\text{FISCH,RELAT}}$	$b_{\text{FISCH,MAX}} > 0,20 \text{ m}$	EBEL (vorl. Arbeit)
<b>art- bzw. familienspezifische Anforderungen</b>				
Salmoniden (Salmonidae)	Smolt	[173] $b_{\text{BYPASS}} = 0,45 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Smolt	[174] $h_{\text{BYPASS}} = 0,45 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
Aale (Anguillidae)	Gelb- u. Blankaal	[175] $b_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Gelb- u. Blankaal	[176] $h_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
Neunaugen (Petromyzontidae)	Macrophthalmia	[175] $b_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4
	Macrophthalmia	[176] $h_{\text{BYPASS}} = 0,30 \text{ m}$	-	Kap. 5.2.2.3.4

$b_{\text{BYPASS}}$  = Profilhöhe [m]  
 $h_{\text{BYPASS}}$  = Profiltiefe bzw. Wassertiefe [m]  
 $\text{TL}$  = Totallänge des Fisches [m]  
 $b_{\text{FISCH,RELAT}}$  = relative Körperbreite des Fisches [-]  
 $b_{\text{FISCH,MAX}}$  = maximale Körperbreite des Fisches bei gegebener Totallänge [m]

<sup>1)</sup> Die in der Tab. angegebenen Profildimensionen beziehen sich auf das kleinste Profil im Bypassgerinne (Details vgl. Kap. 6.3.1.2)

<sup>2)</sup> nicht für Salmonidensmolts, Aale, Neunaugen und Maifische (Erläuterungen vgl. Kap. 5.2.2.3.4)

für verschiedene Arten (Entwicklungsstadium = unspezifisch)

lichte Profilhöhe  $h_{\text{BYPASS}}$  0,54 m

### 2.3 Nachweis der zulässigen Profilhöhe

$h_{\text{BYPASS}} = 0,54 \leq 0,59 = h$  Nachweis erfüllt

Für den Nachweis der erforderlichen Wassertiefe darf die Überfallhöhe vor der Strahlabsenkung verwendet werden.

### 3. Wassertiefe nach Überfall

Durch Gewährleistung einer ausreichenden Wassertiefe nach dem Überfall soll die Gefahr der Schädigung des Fisches durch Kollision mit der Gerinnesohle vermieden werden

#### 3.1 Berechnung der Wassertiefe nach Überfall

$h_{\text{TOS}} = 2,17 \text{ m}$  Wassertief nach Überfall (Wasserpolster des Tosbecken)

#### 3.2 Berechnung der erforderlichen Wassertiefe nach dem Überfall

[gem. Handreichung Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen, LUBW 2016]

$$h_{\text{TOS,erf}} \geq 1/3 \cdot \Delta h$$

$\Delta h_{\text{TOS}} = 5,37 \text{ m}$  Wasserspiegeldifferenz an der Stauklappe (Absturzhöhe)

$h_{\text{TOS,erf}} = 1,79 \text{ m}$  Mindestwassertiefe nach Überfall

#### 3.3 Nachweis der erforderlichen Wassertiefe nach dem Überfall

$h_{\text{TOS,erf}} = 1,79 \leq 2,17 = h_{\text{TOS}}$  Nachweis erfüllt

#### 4. Spezifische Leistung im Tosbecken

##### 4.1 Berechnung der spezifischen Leistungsdichte im Tosbecken

$$p = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{BYPASS} \cdot \Delta h_{Kammer}}{V_{Kammer}}$$

Breite der Tosbeckenkammer	B <sub>TOS</sub>	3,00 m
Länge der Tosbeckenkammer	L <sub>TOS</sub>	13,00 m
Wassertiefe im Tosbecken	h <sub>Kammer</sub>	2,17 m
Volumen des Wasserkörpers	V <sub>Kammer</sub>	84,63 m <sup>3</sup>
Bemessungsabfluss	Q	0,376 m <sup>3</sup> /s
Wasserspiegeldifferenz	Δh <sub>TOS</sub>	5,37 m
spezifische Leistungsdichte	p <sub>TOS</sub>	234,23 W/m <sup>3</sup>

##### 4.2 Nachweis der zulässigen Profilbreite

$$p_{TOS} \quad 234,23 \quad \leq \quad 500,00 \quad p_{zul}$$

Nachweis erfüllt

#### 5. Geschwindigkeit im Überfall

*Um Verletzungen der Fische zu vermeiden ist die Geschwindigkeit des Überfallstrahls beim Auftreten auf den Unterwasserspiegel zu begrenzen*

*Bei Fallhöhen < 13 m (Auftrittsgeschwindigkeit < 16 m/s)*

*ist von einem geringen Verletzungsrisiko auszugehen [EBEL 2013, S. 121]*

##### 5.1 Berechnung der Auftrittsgeschwindigkeit des Überfallstrahls

$$v_{\text{ÜBERFALL}} = \sqrt{2g \cdot \Delta h_{TOS}}$$

v<sub>ÜBERFALL</sub>      10,26 m/s      Auftrittsgeschwindigkeit des Überfallstrahls

##### 5.2 Nachweis der zulässigen Auftrittsgeschwindigkeit

$$v_{\text{ÜBERFALL}} \quad 10,26 \quad \leq \quad 16,00 \quad v_{\text{ÜBERFALL,zul}}$$

Nachweis erfüllt