



Stadtwerke Passau

Stand sicherheitsnachweis der Wehranlage

Hals an der Ilz



Tragwerksplaner:


Regierungsbaumeister Schlegel GmbH & Co. KG
Guntherstraße 29
80639 München



München, den 18.09.2023


Dipl.-Ing. Univ.
Roland Wach
BaylkaBau
Beratender
Ingenieur
14602
ppa. R. Wach
(Projektleiter)


Christian Heueck
M. Eng.
BaylkaBau
Nachweisberechtigter
für Standsicherheit
45259
i.V. Christian Heueck


i.A. Jalal Mohamad
(Projektingenieur)

Indextabelle:

Rev.	Datum	Art der Änderung
01		
02		
03		
04		
05		

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorbemerkungen	1
1.1	Allgemein.....	1
1.2	Betreiber.....	3
1.3	Veranlassung der Aufgabenstellung	3
1.4	Bauteile / Bezeichnungen	5
1.5	Verwendete Normen und Unterlagen.....	7
1.6	Randbedingungen der Planung	9
1.7	Wasserstand.....	10
1.8	Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung	11
2.	Nachweise	11
3.	Einwirkungen / Lastfälle	12
3.1	Eigengewicht	12
3.2	Wasserdruck.....	12
3.3	Strömungsdruck.....	12
3.4	Wellenlasten	12
3.5	Eisdruck.....	12
3.6	Erddruck	13
3.7	Windbeanspruchung.....	13
3.8	Temperaturbelastung.....	13

3.9	Erdbeben	13
3.10	Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte	14
4.	Auswertung der Berechnungen.....	15
5.	Zusammenfassung	20

Grafikverzeichnis

Grafik 1: Übersichtslageplan Hals an der Ilz	1
Grafik 2: WKW Hals Übersichtslan, Bestand	2
Grafik 3: Grundriss der Wehranlage Hals (Quelle: G2)	5
Grafik 4: Schnitt durch ein festes Stauwehr (Wehrfeld 1 bis 3)	5
Grafik 5: Schnitt durch Wehrfeld 4 - Schützenwehr (Quelle: G2)	6
Grafik 6: Schnitt durch Wehrfeld 5 - Klappenwehr (Quelle: G2)	6
Grafik 7: Bemessungswasserspiegel für $BHQ2 = HQ_{1000} = 712 \text{ m}^3$	10
Grafik 8: Auszug aus der Bestandstatik [G5]	11
Grafik 9: Die auf das Wehrsystem wirkende Lasten	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bemessungshochwasserzuflüsse und Wasserstände	3
Tabelle 2: Wasserspiegel Stauziel und HQ_{1000}	10
Tabelle 3: Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	14

1. Vorbemerkungen

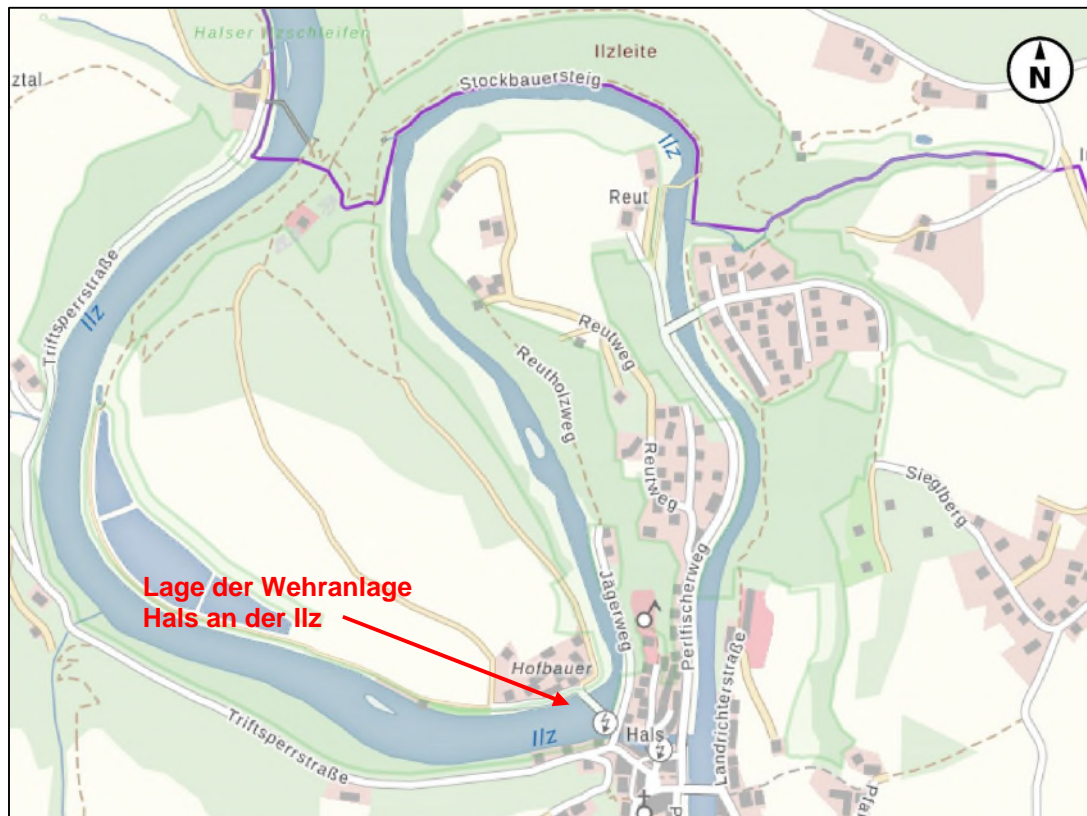
1.1 Allgemein

Die Wehranlage Hals liegt im nördlichen Stadtteil Hals der Stadt Passau.

Seit 1920 staut das Wehr die Ilz am Halser Stausee. Die Wehranlage ist am Ende einer Flussschleife mit nahezu 180° Richtungsänderung angeordnet.

Unmittelbar rechts vor dem Wehr wird das Wasser zur Versorgung des Wasserkraftwerkes ausgeleitet und mit einem durch den Ort Hals führenden Kanal dem Kraftwerk zugeführt. Bei ca. Ilz-km 2,0 wird das Wasser der Ilz wieder zugeführt.

Die zwischen ca. Ilz- km 6,1 und Ilz- km 3,65 liegende Flussschleife ist durch einen Triftstollen verbunden, der zur Hochwasserabführung mit einer Abflussmenge von 40 m³/s dient.



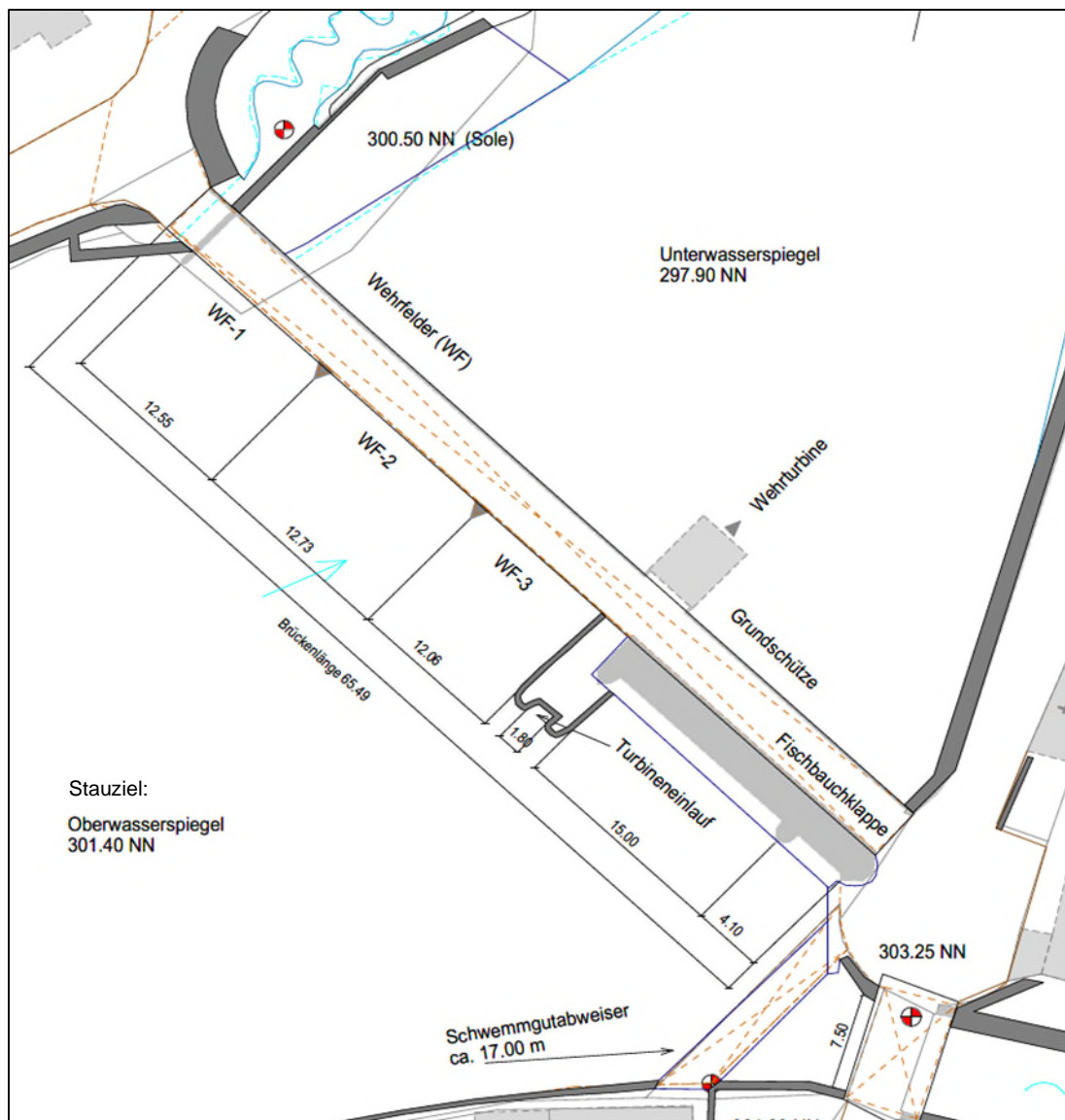
Grafik 1: Übersichtslageplan Hals an der Ilz

Das Stauziel liegt auf Kote 301,40 m ü.NN. Bei einem Hochwasserereignis 1993 wurde im Oberwasser eine Wasserspiegelhöhe von 302,7 m ü.NN gemessen. Dies entspricht einem Überstau von 1,3 m.

Die Bauwerksoberkante des über die gesamte Wehranlage verlaufenden Brückentrogs liegt auf Kote 304,10 m ü.NN; die Brückenunterkante liegt bei Kote 302,45 m ü.NN.

Die Wehranlage besteht aus fünf Wehrfeldern. In Fließrichtung von links nach rechts (vom Ufer der Innenkurve zur Außenkurve) gesehen sind drei verschieden breite Wehrfelder mit aufgesetzten, 0,8 m hohen Fischbauchklappen (Breite 13,6 m, 13,8 m und 12,0 m), ein 15 m breites Schützenwehr und ein 4,1 m breites Klappenwehr angeordnet. Die Sohle des Schützenwehrs liegt auf Kote 298,30 m ü.NN, die Höhe der gelegten Klappen liegt ca. auf Kote 297,5 m ü.NN.

Durch die Klappenverschlüsse (Schwellenhöhe 300,70 m ü.NN) der Wehrfelder 1 bis 3 stellt sich das Stauziel auf der Höhenkote 301,40 m ü.NN ein.



Grafik 2: WKW Hals Übersichtsplan, Bestand

1.2 Betreiber

Stadtwerke Passau GmbH
Anschrift:
Regensburger Straße 29
94036 Passau

1.3 Veranlassung der Aufgabenstellung

Vom Wasserwirtschaftsamt Deggendorf wurden mit Schreiben vom 17.03.2020 die Bemessungszuflüsse für BHQ1 und mit Schreiben vom 08.09.2022 die Bemessungszuflüsse für BHQ2 neu festgelegt.

Insofern wurde eine Neuberechnung der Standicherheit erforderlich. Grundlage für die neu anzusetzenden Wasserspiegellagen ist die hydraulische Berechnung mithilfe des Programms HydroAS_2d für die Ilz [G7] für die neuen Bemessungsabflüsse.

Aus den hydraulischen Berechnungen ergeben sich folgende Wasserspiegellagen.

Wassermenge / -pegel	BHQ ₁ = HQ ₁₀₀	BHQ ₂ = HQ ₁₀₀₀
Wassermenge Ilz	468 m ³ /s	712 m ³ /s
Vorentlastung Triftstollen	-40 m ³ /s	-40 m ³ /s
Anzusetzende Wassermenge am Wehr Hals	428 m ³ /s	672 m ³ /s
Oberwasserpegel	302,57 m ü. NN	303,75 m ü. NN
Unterwasserpegel	302,25 m ü. NN	303,39 m ü. NN

Tabelle 1: Bemessungshochwasserzuflüsse und Wasserstände

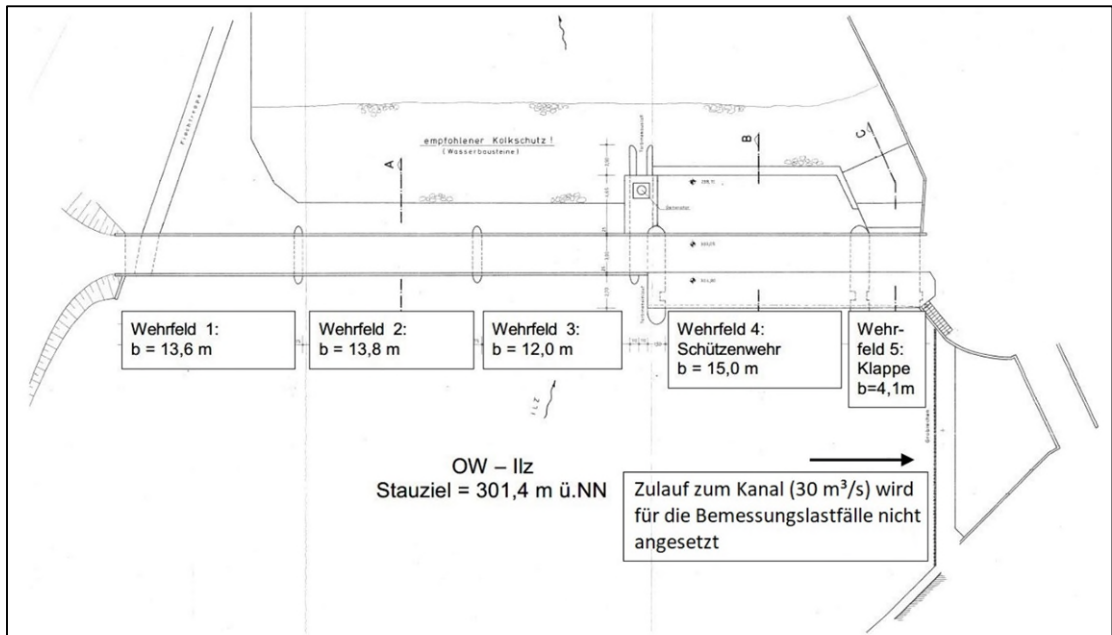
Mit den sich einstellenden Wasserspiegellagen bis HQ₁₀₀₀ werden die notwendigen globalen Standicherheitsberechnungen durchgeführt.

Die vorliegende statische Berechnung behandelt die Nachweise der äußeren Standicherheit der Wehranlage. Die Innere Tragfähigkeit ist nicht Teil der Aufgabenstellung.

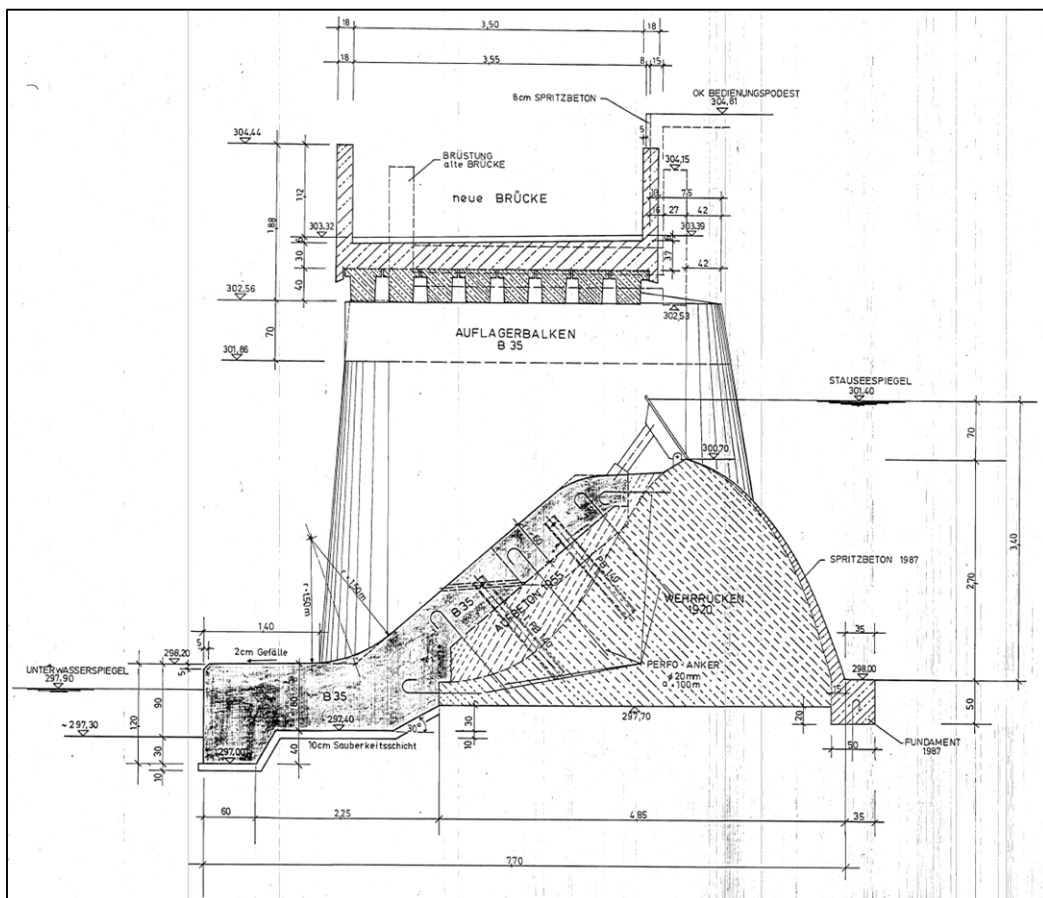
Die Auswahl der Querschnitte wird dahingehend getroffen, dass die Belastung auf das Bauwerk in diesen Bereichen maximal wird und somit Rückschlüsse auf die anderen Querschnitte gezogen werden können, bzw. diese damit abgedeckt sind.

Die Wehranlage besteht aus 5 Feldern, die Nachweise der globalen Standicherheit werden nur im Querschnitt A-A geführt (siehe [P2]), da die 3 maßgebenden Felder die gleichen Dimensionen aufweisen. Die Stand sicherheitsnachweise der beiden Grundschütze und der Fischbauchklappe ist ebenfalls nicht Teil der Aufgabenstellung. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Klappen zum Durchlassen von Wasser geöffnet sind und somit nicht belastet werden.

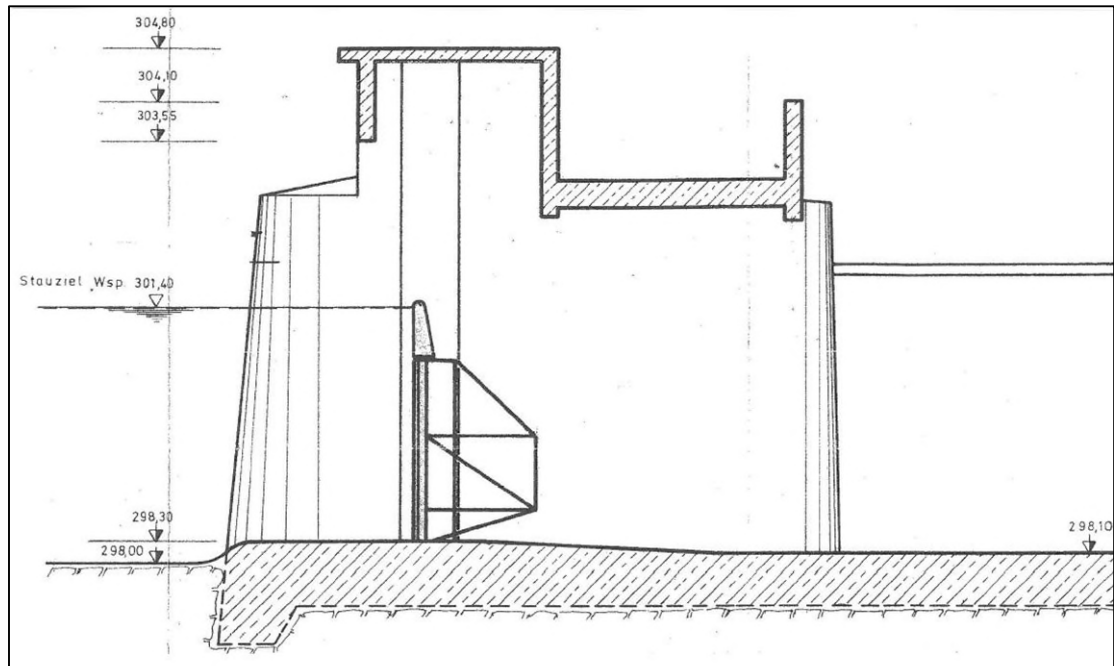
1.4 Bauteile / Bezeichnungen



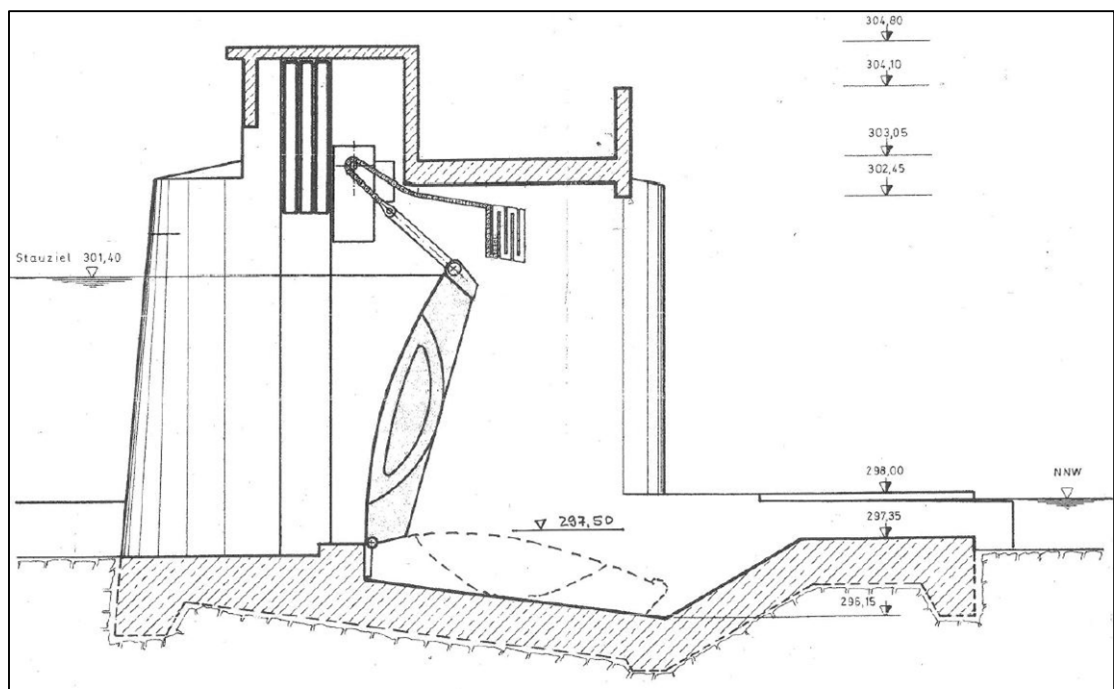
Grafik 3: Grundriss der Wehranlage Hals (Quelle: G2)



Grafik 4: Schnitt durch ein festes Stauwehr (Wehrfeld 1 bis 3)



Grafik 5: Schnitt durch Wehrfeld 4 - Schützenwehr (Quelle: G2)



Grafik 6: Schnitt durch Wehrfeld 5 - Klappenwehr (Quelle: G2)

1.5 Verwendete Normen und Unterlagen

Grundlage der Bearbeitung sind die folgenden Normen und Unterlagen in der jeweils aktuell gültigen Fassung:

- [1] DIN EN 1990, Grundlagen der Tragwerksplanung inkl. Nationalem Anhang
- [2] DIN EN 1991 (alle Teile), Einwirkungen auf Tragwerke inkl. Nationalem Anhang
- [3] DIN EN 1992-1-1, Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken inkl. Nationalem Anhang
- [4] DIN EN 1997-1, Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik inkl. Nationalem Anhang
- [5] DIN EN 1998 (alle Teile), Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben inkl. Nationaler Anhänge
- [6] DIN 19700-11, Stauanlagen, Teil 11: Talsperren
- [7] DIN 19702, Massivbauwerke im Wasserbau, Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit
- [8] DIN EN 206-1; Beton Teil 1; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Konformität
- [9] DIN EN 13670; Ausführungen von Tragwerken aus Beton
- [10] Bautabellen für Ingenieure, Schneider, 22. Auflage, 2016
- [11] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (Leistungsbereich 215), BAW, Karlsruhe, Ausgabe 2012
- [12] BAW Merkblatt, Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW), Juli 2016
- [13] DIN 19704; Stahlwasserbauten, Teil 1: Berechnungsgrundlagen
- [14] DIN 1054; Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Dezember 2010

Verwendete Planunterlagen:

- [P1] Plan Nr. 882854/9: Bestandsplan nach der Sanierung, Gesamtübersicht, Kraftwerk Hals, Passau, Feb.1989
- [P2] Plan Nr. 882854/7: Bestandsplan nach der Sanierung, Schnitte Wehrbrücke + Ufermauer, Kraftwerk Hals, Passau, Feb.1989
- [P3] Plan Nr. 882854/8: Bestandsplan nach der Sanierung, Schnitte - Widerlager, Kraftwerk Hals, Passau, Feb.1989
- [P4] Plan Nr. 882849/19: Wehranlage Kraftwerk Hals, Festes Wehr + neue Brücke, Passau, Juli.1988
- [P5] Blatt-Nr.: 2,0: Verlängerung der wasserrechtlichen Bewilligung, Wasserkraftwerk Hals nach 2010, WKW Hals Übersichtsplan Bestand, Wasserkraftwerke Passau GmbH, 10.10.2013

Weitere Grundlagen:

- [G1] Bestandsplan Wehranlage Hals Plan-Nr. 1, M = 1:100, Bestandsplan Wehranlage Hals Plan-Nr. 2, M = 1:100
- [G2] Hydraulische Berechnungen, Hydraulische Leistungsfähigkeit der Wasserkraftanlage Hals, Bau + Plan Ingenieurgesellschaft mbH, München, Juni 2012
- [G3] WKW Hals, Mitteilung der aktuellen Bemessungshochwasserabflüsse BHQ1 und BHQ2, Wasserwirtschaftsamt Deggendorf, Deggendorf, 17.03.2020
- [G4] Vollzug der Wassergesetze; WKW Hals – Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Genehmigung zur Nutzung des Wassers der Ilz im Wasserkraftwerk Hals; Vollständigkeit und Brauchbarkeit der Antragsunterlagen; Wasserwirtschaftsamt Deggendorf, Deggendorf, 08.09.2020
- [G5] Statische Berechnung, Standsicherheitsnachweis der Wehranlage, Hals an der Ilz, Ingenieurbüro Dipl.-Ing Fentzloff, Neuried bei München, Feb.1984
- [G6] Statische Berechnung, Standsicherheitsnachweis der bestehenden Wehranlage im Lastfall „Bauzustand“ und Lastfall „Endzustand“ (neue Brücke), Ingenieurbüro für Baustatik Dipl. Ing (FH) Fritz Breinbauer, Passau, 04.07.1988
- [G7] Hydraulische Berechnungen, Neue Bemessungsabflüsse BHQ1 und BHQ2, IB Schlegel, 30.09.2023

Sollten im Verlauf der Bearbeitung neuere Ausgaben der Normen bauaufsichtlich eingeführt werden, werden immer die aktuellen Normen als Grundlage der Tragwerksplanung verwendet.

1.6 Randbedingungen der Planung

Die nachfolgend aufgeführten Randbedingungen waren Grundlage der vorliegenden Standsicherheitsnachweise:

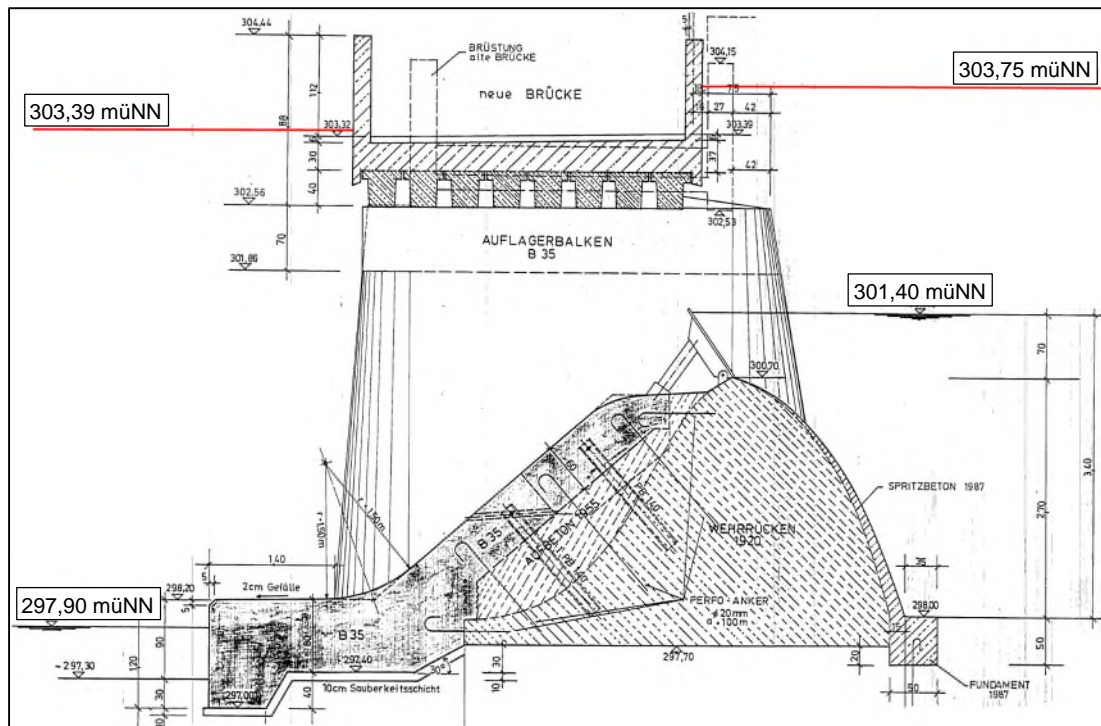
- Auf der Grundlage der statischen Berechnungen [G5] wird die Betondichte des Wehrfeldes mit 24 kN/m^3 berechnet.
- Auf der sicheren Seite wird die Betonrohddichte der Brücke mit 25 kN/m^3 angenommen.
- Gemäß den statischen Berechnungsgrundlagen [G5] wird davon ausgegangen, dass das Bauwerk auf festem Felsen gegründet ist.
- Basierend auf den statischen Berechnungen des Ingenieurbüros für Baustatik Dipl. Ing (FH) Fritz Breinbauer aus dem Jahr 1988 [G6] und des Ingenieurbüros Dipl.-Ing Fentzloff aus dem Jahr 1984 [G5] wird davon ausgegangen, dass das Wasserkraftwerk auf festem Fels gegründet ist. Daher wird für den Reibungswinkel die folgende Größe angenommen: $\varphi' = 30,0^\circ$. Diese Werte erscheinen plausibel.
- Es wird nur der Lastfall HQ_{1000} nachgewiesen, da hier die maßgebenden (höheren) Belastungen auf das Bauwerk anfallen. Der Lastfall HQ_{100} wird nicht nachgewiesen, die Nachweise sind durch die Berechnung für den HQ_{1000} abgedeckt.

1.7 Wasserstand

Für das Wasserkraftwerk Hals an der Ilz wurde nach Vorgaben des Betreibers das Stauziel auf 301,40 m ü. NN festgelegt. Die Staumauerkrone hat eine Höhe von 300,70 m ü. NN. Im Zuge der Weiterbewilligung der Staustufe wurden hydraulische Berechnungen [G7] der Wehranlage durchgeführt. Diese hat ergeben, dass sich im Falle eines HQ_{1000} der Wasserspiegel bei ca. 303,75 m ü. NN im Oberwasser und bei ca. 303,39 m ü. NN im Unterwasser einstellt.

	Wasserspiegel [m ü NN]		Differenz [m]
	Oberwasser	Unterwasser	
Normalstau	301,40	297,90	3,50
$HQ_{1000}=712 \text{ m}^3/\text{s}$	303,75	303,39	0,36

Tabelle 2: Wasserspiegel Stauziel und HQ_{1000}



Grafik 7: Bemessungswasserspiegel für $BHQ_2 = HQ_{1000} = 712 \text{ m}^3$

1.8 Geotechnische Gutachten / Bodenschichtung

Da keine neuen Angaben zur Bodenschichtung und zu den Bodenkennwerten vorliegen, werden die Bodenkennwerte gemäß dem Bericht über bestehende statische Berechnungen [G5] und [G6] übernommen.

2. Nachweise

Für die Bemessung der Bauwerke werden die Nachweise der Standicherheit, der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit geführt.

Zur Überprüfung der globalen Standicherheit werden der Nachweis der Lagesicherheit (Kippen) und der Nachweis gegen Gleiten in der Sohlfuge geführt. Der Nachweis gegen Grundbruch wird nicht geführt, da die Ausnutzung im Bestand sehr gering ist (4,3 %). Auch eine Erhöhung der Wasserstände wird keine Nennenswerten Erhöhungen der Spannungen mit sich bringen, sodass auf einen erneute Nachweisführung verzichtet wird.

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 28,2 \text{ [kN/m}^2\text{]} < \sigma_{zul} = 1000 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ \sigma_2 &= 43,4 \text{ [kN/m}^2\text{]} < \sigma_{zul} = 1000 \text{ [kN/m}^2\text{]} \\ &\text{nach DIN 1054 Tab. 7}\end{aligned}$$

Grafik 8: Auszug aus der Bestandstatik [G5]

Die Pfeiler sind wesentlich massiver als das Wehr, aber nicht wesentlich höher belastet. Die Nachweise für die Pfeiler sind günstiger und ebenfalls eingehalten. Eine Betrachtung des Wehrs ist somit ausreichend.

3. Einwirkungen / Lastfälle

3.1 Eigengewicht

Das Eigengewicht des Betons wurde auf der sicheren Seite liegend für den Bestand mit $\gamma_{B,B} = 24 \text{ kN/m}^3$ und für die Brücke mit $\gamma_{B,S} = 25 \text{ kN/m}^3$ angesetzt.

3.2 Wasserdruck

Für HQ₁₀₀₀ ergeben sich die relevanten Wasserspiegel gemäß zu:

Oberwasserspiegel: $Z = +303,75 \text{ m ü. NN}$

Unterswasserspiegel: $Z = +303,39 \text{ m ü. NN}$

Der Wasserdruck setzt sich aus dem Produkt der Wichte des Wassers ($\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$) und der Höhendifferenz zwischen Wasserspiegel und Beckensohle zusammen.

Die Einwirkung infolge des Hochwasserdrucks wird als außergewöhnliche Einwirkung angesetzt.

3.3 Strömungsdruck

Um die Sicherheit und Effizienz von Stauwerken zu gewährleisten, wird die Strömungsgeschwindigkeit überwacht.

Die Fließgeschwindigkeit vor dem Wehr beträgt 2.4 m/s [G7].

3.4 Wellenlasten

Wellenlasten sind laut DIN 19702 [7] im Binnenbereich nur in Sonderfällen anzusetzen. In dieser statischen Berechnung wurden sie nicht berücksichtigt.

3.5 Eisdruck

Die potenziellen Auswirkungen des Eisdrucks auf das Stauwerk werden für das Hochwasserereignis HQ1000 nicht berücksichtigt, da Eisdruck im Hochwasserfall nicht auftritt.

3.6 Erddruck

Die Einwirkung aus seitlichem Erddruck wird auf Aktiv- und Passivseite aufgrund der geringen Schichtdicke und der Ungewissheit über die Bodenart des anstehenden Erdreichs vernachlässigt.

3.7 Windbeanspruchung

Einwirkungen aus Windlasten werden aufgrund der geringen Angriffsfläche für Windeinwirkungen während des Stauziels im Falle des HQ_{1000} vernachlässigt.

3.8 Temperaturbelastung

Temperatureinwirkungen dürfen nach BAW Merkblatt TbW [12] vernachlässigt werden.

3.9 Erdbeben

Das Bauwerk befindet sich gemäß Erdbebenkarte der DIN 1998 in der Erdbebenzone 0. Eine Bemessung auf Erdbebenlasten ist daher nicht erforderlich.

3.10 Bemessungssituationen / Teilsicherheitsbeiwerte

Die Bemessungssituationen und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte liegen DIN 1054:2010-12 (mit Änderung aus dem Jahr 2015) zu Grunde und wurden entsprechend angesetzt. Sie sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle A 2.1 — Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_F^{1)}$ bzw. $\gamma_E^{2)}$ für Einwirkungen und Beanspruchungen

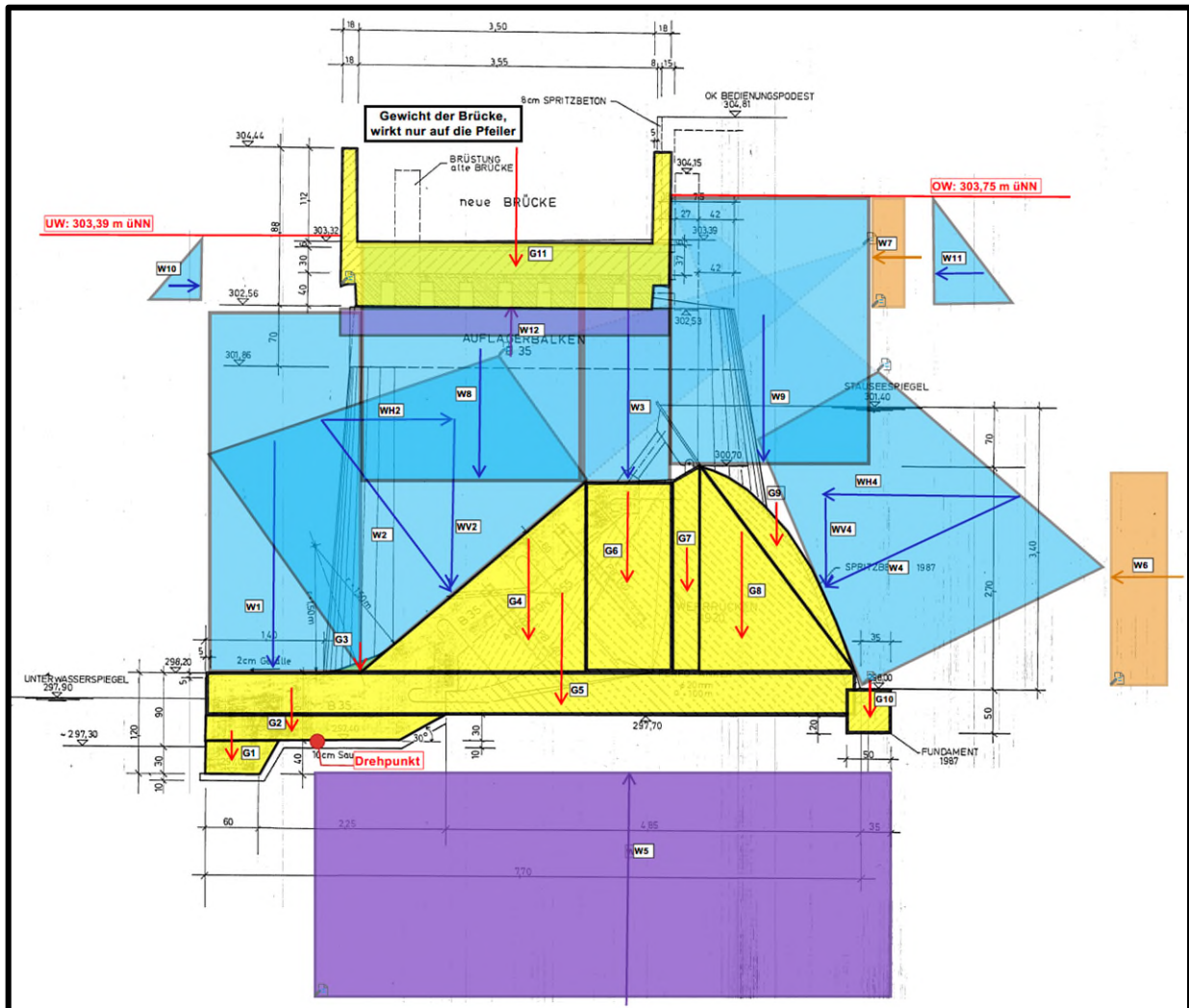
Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
HYD und UPL: Grenzzustand des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen				
Destabilisierende ständige Einwirkungen ^a	$\gamma_{G,dst}$	1,05	1,05	1,00
Stabilisierende ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stab}$	0,95	0,95	0,95
Destabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,dst}$	1,50	1,30	1,00
Stabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,stab}$	0	0	0
Strömungskraft bei günstigem Untergrund	γ_H	1,45	1,45	1,25
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund	γ_H	1,90	1,90	1,45
EQU: Grenzzustand des Verlusts der Lagesicherheit				
Ungünstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,05	1,00
Günstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stab}$	0,90	0,90	0,95
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,25	1,00
STR und GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund				
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein ^a	γ_G	1,35	1,20	1,10
Beanspruchungen aus günstigen ständigen Einwirkungen ^b	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00	1,00
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruchedruck	$\gamma_{G,E0}$	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,10
Beanspruchungen aus günstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	0	0	0
GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit				
Ständige Einwirkungen ^a	γ_G	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20	1,00
SLS: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit				
$\gamma_G = 1,00$ für ständige Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
$\gamma_Q = 1,00$ für veränderliche Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
^a einschließlich ständigem und veränderlichem Wasserdruck.				
^b nur im Sonderfall nach 7.6.3.1 A (2).				

Tabelle 3: Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Das Bemessungshochwasser HQ1000 wird als eine außergewöhnliche Belastung behandelt.

4. Auswertung der Berechnungen

Die Berechnungsparameter und Nachweise werden in separaten Berechnungstabellen geführt. Im Folgenden sind die Rechenwege und Ergebnisse dargestellt. Zwischenschritte werden teilweise nicht dargestellt.



Grafik 9: Die auf das Wehrsystem wirkende Lasten

Lasten

Angaben		
OK Stausee	303,75	m ü NN
UK Wehr	303,39	m ü NN
$\Delta H =$	0,36	m
Wandneigung	63	°
Wandneigung	45	°
V	2,4	m/s
γ_{Beton}	24	kN/m ³
γ_{Wasser}	10	kN/m ³
$\gamma_{\text{Beton (Brücke)}}$	25	kN/m ³

(Oberwasser bis HQ₁₀₀₀)

(Unterwasser bis HQ₁₀₀₀)

Gewichtsermittlung

Flächenermittlung		Gewichtsermittlung			Momentenermittlung			
					Hebelarm		Moment	
G1	0,29	m ²	6,96	kN/m	1,05	m	7,31	kNm/m
G2	0,75	m ²	18,00	kN/m	0,15	m	2,70	kNm/m
G3	0,05	m ²	1,27	kN/m	0,45	m	0,57	kNm/m
G4	2,93	m ²	70,20	kN/m	2,20	m	154,44	kNm/m
G5	3,85	m ²	92,40	kN/m	2,45	m	226,38	kNm/m
G6	2,25	m ²	54,00	kN/m	3,55	m	191,70	kNm/m
G7	0,74	m ²	17,82	kN/m	3,70	m	65,93	kNm/m
G8	2,43	m ²	58,32	kN/m	4,30	m	250,78	kNm/m
G9	0,67	m ²	16,17	kN/m	4,90	m	79,23	kNm/m
G10	0,25	m ²	6,00	kN/m	6,46	m	38,76	kNm/m
G11	2,79	m ²	69,75	kN/m	2,06	m	143,68	kNm/m
$\Sigma =$	17,00	m ²	410,89	kN/m			1161,48	kNm/m

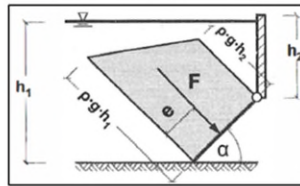
Wasserdruck

W1		
OW	303,39	m ü NN
UW	298,20	m ü NN
ΔH=	5,19	m
w=	51,90	kN/m ²
W1=	90,83	kN

W2		
OW	303,39	m ü NN
OK	300,70	m ü NN
UW	298,20	m ü NN
h1=	5,19	m
h2=	2,69	m
g=	10,00	m/s ²
α=	45,00	°
W2=	139,30	kN

W3		
OW	303,75	m ü NN
UW	300,50	m ü NN
ΔH=	3,25	m
w=	32,50	kN/m ²
W3=	32,50	kN

$$F = \frac{\rho \cdot g \cdot (h_1^2 - h_2^2)}{2 \cdot \sin \alpha}$$



W4		
OW	303,75	m ü NN
OK	300,70	m ü NN
UW	298,00	m ü NN
h1=	5,75	m
h2=	3,05	m
g=	10,00	m/s ²
α=	63,00	°
W4=	133,33	kN

W5		
OW	303,75	m ü NN
UW	297,30	m ü NN
ΔH=	6,45	m
W5=	487,21	kN

W6		
OK	300,70	m ü NN
UW	298,00	m ü NN
ΔH=	2,70	m
ρ=	1000	kg/m ³
v=	2,40	m/s
Pdyn.=	2,88	kN/m ²
W6=	7,78	kN

$$F = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$$

$$F = \frac{\rho \cdot g \cdot (h_1^2 - h_2^2)}{2 \cdot \sin \alpha}$$

$$p_{\text{dyn}} = \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

W7		
OK	303,75	m ü NN
UW	302,58	m ü NN
ΔH=	1,17	m
ρ=	1000	kg/m ³
v=	2,40	m/s
Pdyn.=	2,88	kN/m ²
W7=	3,37	kN

W8		
OW	303,39	m ü NN
UW	300,50	m ü NN
ΔH=	2,89	m
w=	28,90	kN/m ²
W8=	75,14	kN

W9		
OW	303,75	m ü NN
UW	300,70	m ü NN
ΔH=	3,05	m
w=	30,50	kN/m ²
W9=	64,05	kN

$$p_{\text{dyn}} = \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

W10		
OW	303,39	m ü NN
UW	302,53	m ü NN
ΔH=	0,86	m
w=	8,60	kN/m ²
W10=	3,70	kN

W11		
OW	303,75	m ü NN
UW	302,53	m ü NN
ΔH=	1,22	m
w=	12,20	kN/m ²
W11=	7,44	kN

W12		
OW	303,75	m ü NN
UW	302,53	m ü NN
ΔH=	1,22	m
W12=	41,89	kN

$$F = \rho \cdot A \cdot h \cdot g$$

Momente

horizontale Kraft			Hebelarm		Moment	
WH1	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WH2	98,50	kN/m	1,93	m	190,30	kNm/m
WH3	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WH4	118,80	kN/m	1,35	m	159,89	kNm/m
WH5	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WH6	7,78	kN/m	2,70	m	21,00	kNm/m
WH7	3,37	kN/m	5,84	m	19,68	kNm/m
WH8	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WH9	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WH10	3,70	kN/m	5,51	m	20,36	kNm/m
WH11	7,44	kN/m	5,64	m	41,95	kNm/m
WH12	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m

vertikale Kraft			Hebelarm		Moment	
WV1	90,83	kN/m	1,15	m	104,45	kNm/m
WV2	98,50	kN/m	1,48	m	145,98	kNm/m
WV3	32,50	kN/m	3,55	m	115,38	kNm/m
WV4	60,53	kN/m	5,92	m	358,52	kNm/m
WV5	487,21	kN/m	2,63	m	1278,94	kNm/m
WV6	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WV7	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WV8	75,14	kN/m	1,75	m	131,49	kNm/m
WV9	64,05	kN/m	5,10	m	326,66	kNm/m
WV10	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WV11	0,00	kN/m	0,00	m	0,00	kNm/m
WV12	41,89	kN/m	2,06	m	86,29	kNm/m

Nachweise

Sicherheit gegen Gleiten

(HQ 1000) BS-A	$H_d = \gamma_G \cdot H_g + \gamma_Q \cdot H_q$			49,85	kN/m
	γ_G	1,10	-		
	γ_Q	1,00	-		
	H_g	35,19	kN/m		
	H_q	11,15	kN/m		

$R_{t,d} = N_k \cdot \tan \phi / \gamma_{R,h}$			159,21	kN/m
N_k	303,33	kN/m		
ϕ	30,00	°		
$\tan \phi$	0,58	-		
$\gamma_{R,h}$	1,10	-		

Die günstige Einwirkungen (G1-G11), WV(1-4), WH2, WV8, WV9, WH10

Die ungünstig Einwirkungen WH4, WV5, WH6, WH7, WH11, WV12

Annahme: sehr fester Fels

$\mu = H_d / R_{t,d}$ **0,3**
erfüllt

Sicherheit gegen Kippen

(HQ 1000) BS-A	$\gamma_{G, stb}$	0,95	-
	$\gamma_{Q, stb}$	1,00	-
	$\gamma_{G, dstb}$	1,00	-
	$\gamma_{Q, dstb}$	1,00	-

$M_{d, stb} = \gamma_{G, stb} \cdot M_{g, k} + \gamma_{Q, stb} \cdot M_{q, k}$ 2318,16 kNm/m

$M_{d, dst} = \gamma_{G, dstb} \cdot M_{g, k} + \gamma_{Q, dstb} \cdot M_{q, k}$ 1722,19 kNm/m

Die günstige Einwirkungen (G3-G11), WH2, WV2, W3, WV4, W8, W9, W10

Die ungünstig Einwirkungen G1, G2, W1, WH4, W5, W6, W7, W11, W12

$\mu = M_{d, dstb} / M_{d, stb}$ **0,7**
erfüllt

5. Zusammenfassung

Für den maßgeblichen Lastfall HQ_{1000} wurde die globale Standicherheit nachgewiesen.

- Gleiten: Ausnutzungsgrad von $\mu = 0,3$
- Kippen: Ausnutzungsgrad von $\mu = 0,7$

Die globale Standicherheit der Stauanlage Hals an der Ilz ist somit gegeben.

Die Untersuchung basiert auf Daten der statischen Berechnung [G5 und G6], deren Bodenkennwerte plausibel sind und den Berechnungen zugrunde gelegt wurden.

Da die Wehrbrücke bei einem HQ_{1000} eingestaut wird, empfehlen wir eine Bestandsaufnahme der Brücken insbesondere der Brückenaufleger und einen Standicherheitsnachweis für die Brücke im Zuge der regelmäßigen Überprüfung.