

Staustufe Eggfing-Obernberg
Vertiefte Überprüfung 2017
Standicherheit Kraftwerk



München, den 28.06.2017

RMD-Consult GmbH
Wasserbau und Energie
Blutenburgstraße 20

80636 München

Tel.: 089/99 222-447 – Hr. M. Kordes

[Handwritten signature] i. A. M. Kordes

Inhaltsverzeichnis

1	VORGEHEN	3
2	STATISCHE SYSTEME UND RANDBEDINGUNGEN	4
3	EINWIRKUNGEN	5
3.1	Allgemeine Einwirkungen	5
3.2	Einwirkungen aus Wasserdruck	6
3.2.1	Wasserstände	6
3.2.2	Sohlwasserdruck Pfeiler und Wehr	6
3.2.3	Horizontaler Wasserdruck	7
3.2.4	Vertikale Wasserauflast	7
3.2.5	Ergebnisse Lastberechnung	7
4	STANDSICHERHEITSNACHWEISE	8
4.1	Grundlagen	8
4.2	Nachweis gegen Gleiten	9
4.3	Nachweis gegen Aufschwimmen	10
4.4	Nachweis gegen Kippen	11
5	ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG	12
	VERWENDETE UNTERLAGEN	13
	ANLAGENVERZEICHNIS	14

1 VORGEHEN

Im Zuge der vertieften Überprüfung 2017 ist für das Kraftwerk der Staustufe Egglfing die globale Standsicherheit nach aktuellen Vorschriften nachzuweisen.

Für das Kraftwerk liegen aus der neueren Zeit keine Standsicherheitsberechnungen vor, sondern nur die Bestandsstatik aus der Zeit der Errichtung des Kraftwerkes ([1], [2]). Grundlegende Ertüchtigungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen am Kraftwerk, welche Einfluss auf die Berechnungen haben, sind nicht bekannt. Demzufolge werden die für die Statik relevanten Gegebenheiten in den Bestandsunterlagen des Kraftwerks als aktuell angesehen.

In der Bestandsstatik wurden nur die Nachweise zur Gleitsicherheit und der zulässigen Außermitte erbracht. Die Nachweise gegen Aufschwimmen werden im vorliegenden Bericht ebenfalls geführt.

Die Standsicherheitsnachweise werden für folgende Lastfälle geführt:

- Lastfall „Betrieb“
- Lastfall „Revision“
- Lastfall „Hochwasser“

Nach DIN 19702 ist für Stauanlagen der Lastfall „Betrieb“ für die ständige Bemessungssituation nachzuweisen und der Lastfall „Revision“ und „Hochwasser“ für die vorübergehende Bemessungssituation. Für die Revision können zusätzlich maßgebende Hochwasserstände festgelegt werden.

Der Lastfall „Revision“ wird für die zwei Unterwasserspiegellagen bei NNQ und BHQ1 untersucht. Beim NNQ wirken der kleinste Auftrieb und die größte Horizontalkraft aus dem Wasserdruck. Beim BHQ1 wirken der größte Auftrieb und die kleinste Horizontalkraft aus dem Wasserdruck. Damit wird sichergestellt, dass bei kurzfristig auftretendem Hochwasser die Revisionen der Maschinen weiter durchgeführt werden können und die globale Standsicherheit des Kraftwerks nicht gefährdet ist.

2 STATISCHE SYSTEME UND RANDBEDINGUNGEN

Im Folgenden werden die gewählten statischen Systeme und Randbedingungen beschrieben, welche für die vorliegenden Standsicherheitsuntersuchungen angewendet wurden.

Das Kraftwerk wurde blockweise errichtet. In jedem Block sind zwei Maschinen untergebracht. Zwischen den Kraftwerksblöcken sind Bauwerksfugen vorhanden, so dass diese nicht als monolithisch verbunden angenommen werden. Zusätzlich sind Bauwerksfugen zwischen Krafthaus und Auslauf Saugschlauch vorhanden (genauer siehe Anlage 1).

Auf Grund der vorhandenen Bauwerksfugen wird in den Berechnungen der Standsicherheitsnachweise nur ein Kraftwerksblock betrachtet.

Zur Berechnung der Sickerwasserlinie für den Sohlwasserdruck stehen keine Sohldruckmessungen unter dem Kraftwerk zur Verfügung, welche für die Verifizierung des Sohlwasserdruckansatzes herangezogen werden können.

In den Bestandsplänen ist unter dem Sporn des Einlaufbauwerkes zusätzlich eine Spundwand eingetragen, deren Einbindetiefe bis ca. 2,0 m unter UK Sporn reicht. Bei der Berechnung des Sohlwasserdruckes wird diese berücksichtigt. Bei Annahme der Spundwand als durchlässig (auf der sicheren Seite liegend) sind die Nachweise der globalen Standsicherheit ebenfalls eingehalten (siehe Abschnitt 4).

Im Grundriss betrachtet, ist der Saugschlauch bezüglich des Einlaufs leicht versetzt. Die Breite eines Kraftwerksblock wird konstant mit $B = 38,00$ m berücksichtigt.

3 EINWIRKUNGEN

3.1 Allgemeine Einwirkungen

Einwirkungen aus Eigengewicht

In der Bestandsstatik [2] sind Berechnungen zur globalen Standsticherheit vorhanden. Bei der Massenermittlung des Krafthauses können jedoch die Einzellasten aus dem Eigengewicht ihrer Lage nicht zugeordnet werden, da die entsprechende Skizze bzw. Zeichnung fehlt. Demzufolge wurden die Gewichtslasten des Krafthauses neu ermittelt. Die Wichte des Betons wurde weiterhin mit $\gamma = 22,5 \text{ kN/m}^3$ angesetzt.

Die Geometrie des Krafthauses ist sehr komplex. Daher wurden bei der Massenermittlung einige Vereinfachungen vorgenommen. Die Unterzüge in den Umformer- und Pumpenräumen bleiben unberücksichtigt. Die Querschnittsverjüngung um die Turbine bezogen auf die Höhe bleibt in der Einlaufspirale für die Betonmassen ebenfalls unberücksichtigt. Die untere Oberflächenkante der Einlaufspirale wird konstant bei +313,70 angesetzt.

Die Lasten aus Eigengewicht sind in Anlage 1 einzusehen.

Einwirkungen aus Erddruck

In der Bestandsstatik [1] wurde der horizontale Erddruck nicht berücksichtigt.

Im vorliegenden Bericht werden diese jedoch der Vollständigkeit halber angesetzt, um gleichzeitig Tragreserven in den Nachweisen aufzuzeigen.

Um die vorherrschenden Verhältnisse realitätsnah abzubilden, wird in der vorliegenden Standsticherheitsberechnung von einem aktivierten Bodenvolumen ausgegangen. Dabei wird im Oberwasser der aktive Erddruck und im Unterwasser der passive Erddruck angesetzt. Nach EC7 darf jedoch nur 50% des ermittelten passiven Erddrucks in den Nachweisen berücksichtigt werden. Die Erddruckberechnung ist unabhängig vom gewählten Lastfall und kann Anlage 2 entnommen werden.

Einwirkungen aus Windlast

Die Geometrie des Bauwerkes lässt keine großen Aufbauten erkennen. Auf den Bau einer Maschinenhalle wurde bewusst verzichtet, damit sich der Portalkran über die gesamte Stauanlage bewegen kann.

Da die Windeinwirkungen auf den Portalkran im Verhältnis zu den horizontalen Wasserlasten auf das Bauwerk relativ gering sind, werden diese nicht weiter verfolgt.

Einwirkungen aus Erdbeben

Die Staustufe befindet sich in der Erbebenzone 0. Dementsprechend sind keine Einwirkungen aus Erdbeben anzusetzen.

3.2 Einwirkungen aus Wasserdruck

3.2.1 Wasserstände

Beim Lastfall „Betrieb“ wird im Oberwasser das Stauziel Z_S und im Unterwasser der Niedrigwasserstand NNQ angesetzt, da in diesem Zustand die größte Horizontalkraft wirkt. Die angesetzten Wasserstände sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Wasserstände Lastfall „Betrieb“

Oberwasser (Z_S)	Unterwasser (NNQ)
325,90 m ü NN	314,79 m ü NN

Beim Lastfall Hochwasser wird das Bemessungshochwasser BHQ1 berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass im Oberwasser das Stauziel Z_S beibehalten wird, im Unterwasser der Wasserspiegel entsprechend des BHQ1 ansteigt. Die angesetzten Wasserstände sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Wasserstände Lastfall „Hochwasser“

Oberwasser (Z_S)	Unterwasser (BHQ1)
325,90 m ü NN	320,14 m ü NN

Wie in Abschnitt 1 bereits erwähnt, werden beim Lastfall „Revision“ die Unterwasserspiegel bei Niedrigwasser (NNQ) und Bemessungshochwasser (BHQ1) angesetzt. Es wird für beide Unterwasserspiegel davon ausgegangen, dass im Oberwasser das Stauziel eingehalten wird. Tabelle 3 listet diese Zusammenhänge auf.

Tabelle 3: Wasserstände Lastfall „Revision“

Oberwasser (Z_S)	Unterwasser (NNQ)	Unterwasser (BHQ1)
325,90 m ü NN	314,79 m ü NN	320,14 m ü NN

3.2.2 Sohlwasserdruck Pfeiler und Wehr

Die Sohlwasserdrücke wurden entsprechend den jeweiligen Lastfällen berechnet. Dabei wurde für die Berechnung der Sohlwasserdrücke das Verfahren der Grenzsi-ckerlinie angewendet. Die Berechnungen können in Anlage 4 eingesehen werden.

3.2.3 Horizontaler Wasserdruck

Die Berechnung des horizontalen Wasserdruckes auf den Kraftwerksblock ist in Anlage 5 aufgeführt.

3.2.4 Vertikale Wasserauflast

Die vertikalen Wasserauflasten über dem Saugschlauch werden entsprechend den Wasserspiegeln im Unterwasser berechnet und sind in Anlage 6 aufgeführt.

Die Wasserlasten innerhalb des Kraftwerkes werden indirekt bei der Massenermittlung berechnet (Anlage 1 und Anlage 3).

3.2.5 Ergebnisse Lastberechnung

Die zusammengefassten Ergebnisse der Wassereinwirkungen auf den Kraftwerksblock sind in Anlage 7 ersichtlich.

4 STANDSICHERHEITSNACHWEISE

4.1 Grundlagen

Zu den Nachweisen der globalen Standsicherheit gehören der Nachweis der Gleitsicherheit, der Nachweis gegen Aufschwimmen und der Nachweis gegen Kippen.

Die relevanten Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen sind aus der DIN 1054 [7] entnommen und in Tabelle 4 zusammengefasst. Tabelle 5 zeigt die Teilsicherheitsbeiwerte der Widerstände.

Tabelle 4: Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen nach DIN 1054 (2010)

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	$\gamma_{G,stb}$	0,95	0,95	0,95
Destabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,dst}$	1,50	1,30	1,00
Stabilisierende veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,stb}$	0	0	0
Strömungskraft bei günstigem Untergrund	γ_H	1,35	1,30	1,20
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund	γ_H	1,80	1,60	1,35
EQU: Grenzzustand des Verlusts der Lagesicherheit				
Ungünstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,05	1,00
Günstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,stb}$	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 Erdruchdruck	$\gamma_{G,ED}$	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 Verlusts 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 5: Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände nach DIN 1054 (2010)

Widerstand	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
STR und GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund				
Bodenwiderstände				
— Erdwiderstand und Grundbruchwiderstand	$\gamma_{R,e}, \gamma_{R,v}$	1,40	1,30	1,20
— Gleitwiderstand	$\gamma_{R,h}$	1,10	1,10	1,10
Pfahlwiderstände aus statischen und dynamischen Pfahlprobelastungen				
— Fußwiderstand	γ_b	1,10	1,10	1,10
— Mantelwiderstand (Druck)	γ_s	1,10	1,10	1,10
— Gesamtwiderstand (Druck)	γ_t	1,10	1,10	1,10
— Mantelwiderstand (Zug)	$\gamma_{s,t}$	1,15	1,15	1,15
Pfahlwiderstände auf der Grundlage von Erfahrungswerten				
— Druckpfähle	$\gamma_b, \gamma_s, \gamma_t$	1,40	1,40	1,40
— Zugpfähle (nur in Ausnahmefällen)	$\gamma_{s,t}$	1,50	1,50	1,50
Herauszieh Widerstände				
— Boden- bzw. Felsnägel	γ_a	1,40	1,30	1,20
— Verpresskörper von Verpressankern	γ_a	1,10	1,10	1,10
— Flexible Bewehrungselemente	γ_a	1,40	1,30	1,20
GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit				
Scherfestigkeit				
— Siehe Tabelle A 2.2				
Herauszieh Widerstände				
— Siehe STR und GEO-2				

4.2 Nachweis gegen Gleiten

Die Nachweise gegen Gleiten werden nach EC durch den Vergleich der Einwirkungen und der Widerstände geführt. Die Nachweise werden in Pfeilerlängsrichtung geführt.

Nachweisform: $E_{T,d} \leq R_{T,d} + E_{pt,d}$

Zusammenfassung der Ergebnisse siehe Tabelle 6.

Tabelle 6: Ergebnisse Nachweis der Gleitsicherheit

Lastfall	T_d	$R_{T,d} + E_{pt,d}$	E/R	
Betrieb	81.019	118.370	0,68	< 1,00
Hochwasser BHQ1	47.977	101.183	0,47	< 1,00
Revision + NNQ	72.017	84.762	0,85	< 1,00
Revision + BHQ1	47.977	67.431	0,71	< 1,00

Die Nachweise der Gleitsicherheit sind erfüllt. Weitere Untersuchungen haben ergeben, dass die Gleitsicherheit bei durchlässiger Spundwand im OW und bei Vernachlässigung des passiven Erddruckes ebenfalls gewährleistet ist.

Gleitnachweis maßgebend bei Lastfall Revision + NNQ

mit durchlässiger Spundwand: $E/R = 0,89 < 1,00$

mit durchlässiger Spundwand + ohne passiven Erddruck $E/R = 0,91 < 1,00$

Die Berechnungen zum Gleitnachweis sind in Anlage 8 aufgeführt.

Nachweis für Hochwasser BHQ2, BS-T

Bei Hochwasser ist der Gleitnachweis nicht maßgebend, da die Wasserspiegel auf beiden Seiten des Kraftwerks annähernd gleich sind und sich dadurch die Horizontalkräfte aus Wasserdruck gegenseitig aufheben. Auf einen Vergleich kann daher verzichtet werden. Der Gleitnachweis nach Eurocode ist für Hochwasser sichergestellt.

Nachweis für Erdbeben, BS-A

Die Stauanlage liegt in der Erdbebenzone 0. Der Nachweis kann somit entfallen.

4.3 Nachweis gegen Aufschwimmen

Der Nachweis gegen Aufschwimmen wird nach EC durch den Vergleich der destabilisierenden und der stabilisierenden Einwirkungen geführt. Die Teilsicherheitsbeiwerte sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Nachweisform: $E_{d,stab} \leq E_{d,stab}$

Zusammenfassung der Ergebnisse siehe Tabelle 7.

Tabelle 7: Ergebnisse Nachweis gegen Aufschwimmen

Lastfall	$G_{dst} \cdot \gamma_{dst}$	$G_{stb} \cdot \gamma_{stb}$	E/R	
Betrieb	156.888	348.618	0,45	< 1,00
Hochwasser BHQ1	196.770	353.955	0,56	< 1,00
Revision + NNQ	156.888	288.741	0,54	< 1,00
Revision + BHQ1	196.770	294.077	0,67	< 1,00

Nachweis für Hochwasser BHQ2, BS-T

Bei Hochwasser ist der Nachweis gegen Aufschwimmen nicht maßgebend, da die Auslastung beim Nachweis für das BHQ1 weit auf der sicheren Seite liegt. Auf einen Vergleich kann daher verzichtet werden. Der Nachweis nach Eurocode ist für Hochwasser sichergestellt.

Nachweis für Erdbeben, BS-A

Die Stauanlage liegt in der Erdbebenzone 0. Der Nachweis kann somit entfallen.

Die ausführlichen Berechnungen der stabilisierenden und destabilisierenden Einwirkungen sind Anlage 9 aufgeführt.

4.4 Nachweis gegen Kippen

Der Nachweis gegen Kippen wird nach EC durch den Vergleich von destabilisierenden und stabilisierenden Einwirkungen für eine fiktive Kippkante am Fundamentrand sowie durch den Nachweis der zulässigen Außermitten geführt.

Der Nachweis gegen Kippen wird hier nur durch den Nachweis der zulässigen Außermitten erbracht. Dabei werden nur die charakteristischen Werte der Einwirkungen und keine Widerstände angesetzt. Nach EC ist die zulässige Außermitte von $b/6$ für (nur) ständige Einwirkungen und von $b/3$ für ständige und veränderliche Einwirkungen einzuhalten. Der Nachweis durch den Vergleich von destabilisierenden und stabilisierenden Einwirkungen für eine fiktive Kippkante ist damit ebenfalls erbracht.

Zusammenfassung der Ergebnisse siehe Tabelle 8.

Tabelle 8: Ergebnisse Nachweis gegen Kippen

Lastfall	e	e _{zul}	E/R	
Betrieb	4,34	5,23	0,83	< 1,00
Hochwasser BHQ1	3,85	10,47	0,37	< 1,00
Revision + NNQ	5,76	10,47	0,55	< 1,00
Revision + BHQ1	5,39	10,47	0,52	< 1,00

Nachweis für Hochwasser BHQ2, BS-T

Bei Hochwasser BHQ2 ist der Nachweis gegen Kippen nicht maßgebend, da die Wasserspiegel auf beiden Seiten des Kraftwerks annähernd gleich sind und dadurch der kippmomentenerzeugende horizontale Wasserdruck sich annähernd auf null reduziert. Auf einen Vergleich kann daher verzichtet werden. Der Nachweis nach Eurocode ist für Hochwasser BHQ2 sichergestellt.

Nachweis für Erdbeben, BS-A

Die Stauanlage liegt in der Erdbebenzone 0. Der Nachweis kann somit entfallen.

Bei angenommener durchlässiger Spundwand sind die Nachweise gegen Kippen ebenfalls erfüllt.

maßgebender Lastfall: Betrieb $E/R = 0,87 < 1,00$

Die ausführlichen Berechnungen der Exzentrizität sind in Anlage 10 aufgeführt.

5 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG

Für das Krafthaus konnten alle Nachweise der globalen Standsicherheit unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten erbracht werden.

Das Krafthaus ist dementsprechend nach aktuellen Vorschriften standsicher.

VERWENDETE UNTERLAGEN

- [1] Belastungsangaben für die statische Berechnung des Krafthauses; Innstau-
stufe Obernberg; Neubaubüro Innwerk; Dok-Nr. NI-10206a; 29.1.1942
(*Stauanlagenbuch Dokument GEO_5_3_3__41*)
- [2] Standfestigkeitsuntersuchung für den Kraftwerksblock der Turbinen 3 und 4;
Innstaustufe Obernberg; Neubaubüro Innwerk; Dok-Nr. NI-10207; 24.1.1942
(*Stauanlagenbuch Dokument GEO_5_3_3__11*)
- [3] Gutachten über die Scherfestigkeit des Untergrundes der Innstaustufe
Eggfing-Obernberg; Dr.-Ing. Hans Leussink, Nordhorner Str. 55, Schütt-
dorf/Hann; 2.12.1949
(*Stauanlagenbuch Dokument GEO_5_3_1__8*)
- [4] Geologische Querprofile des Flußbettes an der Wehrstelle; Plan-Nr. BJ-
11007; Innwerk AG, Töging am Inn; 15.9.1053
(*Stauanlagenbuch Dokument GEO_5_3_1__5*)
- [5] Bodenphysikalische Untersuchungen KW Eggfing-Obernberg; Technische
Universität Wien, Erdbaulaboratorium, Karlsplatz 12/220-2, 1040 Wien;
16.05.2017
(*Stauanlagenbuch Dokument GEO_5_3_1__9*)
- [6] DIN EN 1997-1: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik –
Teil 1: Allgemeine Regeln, einschl. nationaler Anhang
- [7] DIN 1054: Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergän-
zende Regelungen zu DIN EN 1997-1, 2010

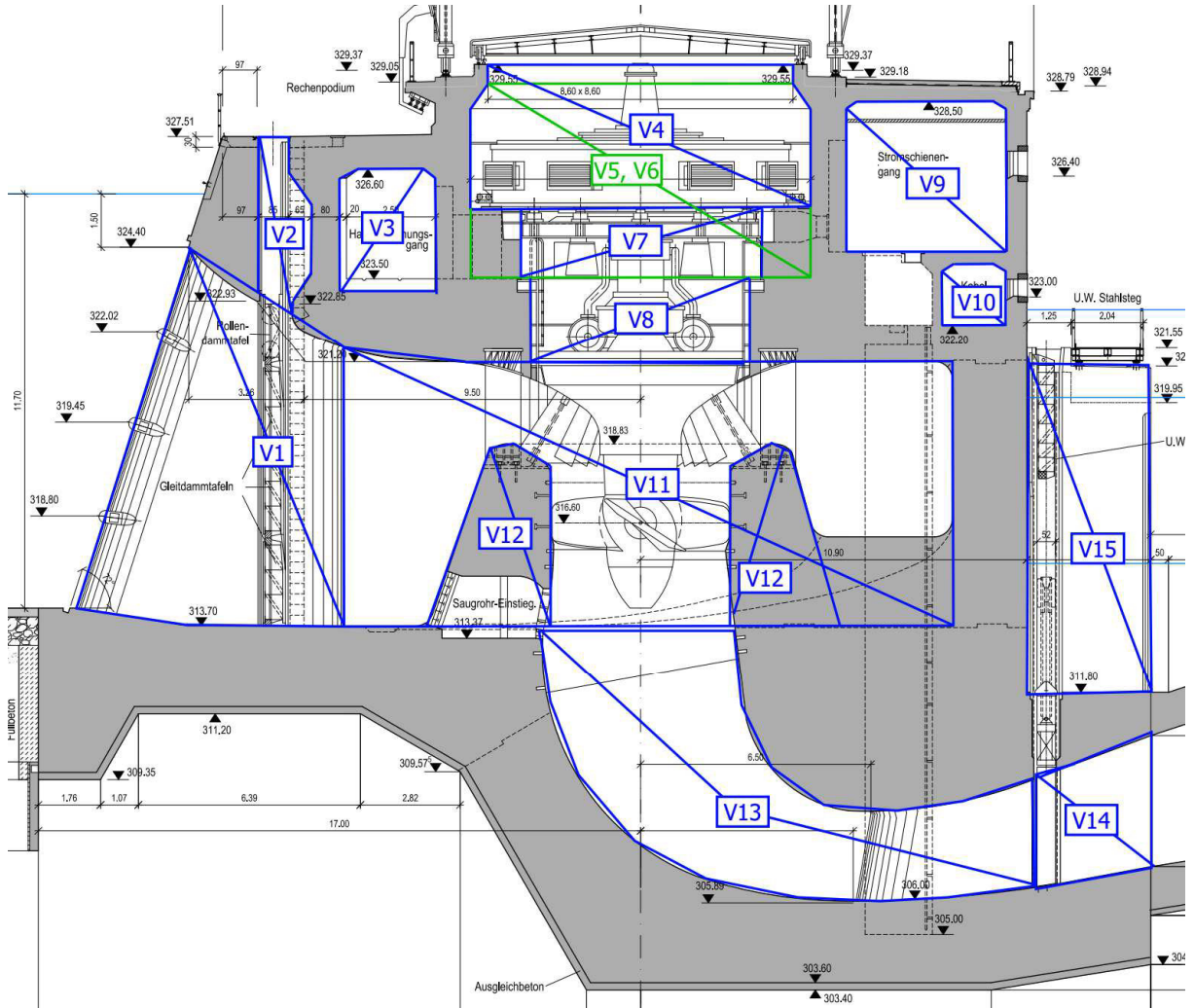
ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Eigengewichtslasten aus Kraftwerksblock
Anlage 2	Berechnung Erddruck
Anlage 3	Wasserlasten im Krafthaus
Anlage 4	Berechnung Sohlwasserdruck
Anlage 5	Berechnung Horizontaler Wasserdruck
Anlage 6	Berechnung Wasserauflasten
Anlage 7	Zusammenfassung Lasten aus Wasserdruck
Anlage 8	Berechnungen zum Nachweis gegen Gleiten
Anlage 9	Berechnungen zum Nachweis gegen Aufschwimmen
Anlage 10	Berechnungen zum Nachweis gegen Kippen

Anlage 1 Eigengewichtslasten aus Kraftwerksblock

Kraftwerksblock, Nummerierung der Volumen und Flächen

Volumen



Nr.	Bauteil	Fläche [m²]	Dicke/Tiefe [m]	Volumen V _i [m³]	Wichte [kN/m³]	Anzahl [-]	V _{g,k,i} [kN]	Hebelarm a _i [m]	Moment M _i [kNm]
-	Gesamt	584,25	38,00	22.201,50	22,5	1	499.533,8	14,40	7.193.286,0
1	Zwischraum Pfeiler OW	56,43	8,00	451,44	-22,5	4	-40.629,6	26,02	-1.057.182,2
2	Dambalkennische	6,30	8,00	50,40	-22,5	4	-4.536,0	24,53	-111.268,1
3	Hauptbedienengang	9,15	38,00	347,70	-22,5	1	-7.823,3	21,54	-168.512,8
4	Generatorraum	37,99	10,00	379,90	-22,5	2	-17.095,5	14,40	-246.175,2
5	Hilfsmaschinenraum	52,35	7,50	392,63	-22,5	1	-8.834,1	14,40	-127.210,5
6	Umformerraum	52,35	8,50	444,98	-22,5	1	-10.011,9	14,40	-144.171,9
7	Generatorschacht oben	7,78	12,35	96,08	-22,5	2	-4.323,7	14,40	-62.261,8
8	Generatorschacht unten	7,26	9,71	70,49	-22,5	2	-3.172,3	14,40	-45.680,5
9	Stromschienengang	18,97	38,00	720,86	-22,5	1	-16.219,4	6,34	-102.830,7
10	Kabelgang	3,04	38,00	115,52	-22,5	1	-2.599,2	4,99	-12.970,0
11	Einlaufspirale	250,49	7,50	1.878,68	-22,5	2	-84.540,4	14,69	-1.241.898,1
12	Einlaufschwelle	12,72	24,50	311,64	22,5	2	14.023,8	14,40	201.942,7
13	Saugschlauch bis RV-Nische	-	-	587,54	-22,5	2	-26.439,2	10,44	-275.917,8
14	Saugschlauch nach RV-Nische	11,10	29,80	330,78	-22,5	2	-14.885,1	1,60	-23.816,2
15	Pfeiler UW	32,27	8,00	258,16	22,5	1	5.808,6	1,75	10.165,1

Wichte Beton gemäß Bestandsstatik = 22,5 kN/m³

Wichte Beton gemäß Bestandsstatik =

$\Sigma V_{g,k,i}$ [kN]	$\Sigma a_{v,i}$ [m]	$\Sigma M_{v,g,k,i}$ [kNm]
278.257	13,60	3.785.498

Zwischenraum Pfeiler OW

Dicke/Tiefe = $4 \cdot 8,0 = 32,00$ m

Dambalkennische

Dicke/Tiefe = $4 \cdot 8,0 = 32,00$ m

Generatorraum

Dicke/Tiefe = $2 \cdot 10,0 = 20,00$ m

Schwerpunkt in Turbinenachse

Hilfsmaschinenraum

Dicke/Tiefe = 7,50 m

Schwerpunkt in Turbinenachse

Umformerraum

Dicke/Tiefe = $38,00 - 2 \cdot 10,00 - 4 \cdot 0,50 - 7,50 = 8,50$ m

Schwerpunkt in Turbinenachse

Generatorschacht oben

$A = 1,98 \cdot 3,93 = 7,78$ m²

Umfang = $2 \cdot 3,93 / 2 \cdot \pi = 12,35$ m --> Dicke/Tiefe

Schwerpunkt in Turbinenachse

Saugschlauch bis RV-Nische

Generatorschacht unten

$A = 2,35 \cdot 3,09 = 7,26$ m²

Umfang = $2 \cdot 3,09 / 2 \cdot \pi = 9,71$ m --> Dicke/Tiefe

Schwerpunkt in Turbinenachse

Einlaufspirale

Fläche = 250,49 m² = Grundrissfläche

Dicke/Tiefe = Höhe = $321,20 - 313,70 = 7,50$ m

Einlaufschwelle

Umfang = $2 \cdot 3,9 \cdot \pi = 24,5$ m --> Dicke/ Tiefe

Schwerpunkt in Turbinenachse

Pfeiler UW

Dicke/ Tiefe = $2 \cdot (1,75 + 1,00) + 2,5 = 8,00$ m

Saugschlauch nach RV-Nische

Dicke/ Tiefe = $4 \cdot 7,45 = 29,80$ m

Nr.	Fläche [m ²]	Dicke/Tiefe [m]	Volumen V _i [m ³]	Hebelarm a _i [m]	Moment M _i [m ³ m]
13.1	20,25	7,01	141,9	14,46	2051,2
13.2	22,88	11,42	261,3	11,65	3044,0
13.3	12,85	14,35	184,4	5,62	1036,3
			587,5	10,44	6131,5

Tiefe 13.1 5,37 m, Anfang

Tiefe 13.2 8,64 m, Anfang

Tiefe 13.3 14,2 m, Anfang

Tiefe 13.3 14,5 m, Ende

Lasten aus Maschinen

Gewicht Turbine und Generator einer Maschine

$G_{k,1} =$	6.700 kN
$a_{g,k} =$	14,40 m
$M_{g,k} =$	96.480 kNm

aus "Belastungsangaben für die statische Berechnung
des Krafthauses" [1]

Anlage 2 Berechnung Erddruck

Die Lasten aus Erddruck sind lastfallunabhängig.

Eingangswerte

OK Boden OW	314,20 m üNN
OK Boden UW	305,74 m üNN
UK Pfeiler	303,60 m üNN

Bodenkennwerte Flinz (angenommen)

γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ³]
20,5	10,5	30,0	0,0

Aktiver Erddruck

K_{ah}	0,279
----------	-------

nach Coulomb, Annahme $\delta a = 2/3 \cdot \varphi'$
 $\alpha = \beta = 0$ (horizontales Gelände, senkrechte Wand)

Passiver Erddruck

k_{ph}	5,74
----------	------

Horizontaler Erddruck von OW

Pkt. oben	Randwert Trapez oben [kN/m ²]	Pkt. unten	Randwert Trapez unten [kN/m ²]	Trapez Höhe h_i [m]	Hebelarm $a_{h,OW,1,i}$ [m]	Teilresult. nach rechts $E_{agh,OW}$ [kN/m]	Teilmom. rechtsdr. $M_{h,OW,1,i}$ [kNm/m]
OK Boden	0,0	UK KW	31,1	10,60	3,53	164,6	581,5

Horizontaler Erddruck von UW (als Widerstand für Gleitsicherheit)

Pkt. oben	Randwert Trapez oben	Pkt. unten	Randwert Trapez unten [kN/m ²]	Trapez Höhe h_i [m]	Hebelarm $a_{h,UW,1,i}$ [m]	Teilresult. nach links $E_{pgh,UW}$ [kN/m]	Teilmom. linksdr. $M_{h,UW,1,i}$ [kNm/m]
OK Boden	0,0	UK KW	129,0	2,14	0,71	138,0	98,4

Horizontaler Erddruck von UW (als Einwirkung für Kippsicherheit)

Pkt. oben	Randwert Trapez oben	Pkt. unten	Randwert Trapez unten [kN/m ²]	Trapez Höhe h_i [m]	Hebelarm $a_{h,UW,1,i}$ [m]	Teilresult. nach links $E_{pgh,UW}$ [kN/m]	Teilmom. linksdr. $M_{h,UW,1,i}$ [kNm/m]
OK Boden	0,0	UK KW	6,3	2,14	0,71	6,7	4,8

Breitenbezug**Pfeiler**

$$b_{PF, \text{Einfluss}} = 38,00 \text{ m}$$

$$E_{agh,k,OW} = b_{\text{Einfluss}} * E_{agh,k} = 6.254 \text{ kN} \quad M_{agh,k,OW} = 22.098 \text{ kNm}$$

$$a_{e,agh,OW} = 3,53 \text{ m}$$

$$E_{ph,k,UW} = b_{\text{Einfluss}} * E_{ph,k} = 5.244 \text{ kN}$$

$$E_{agh,k,UW} = b_{\text{Einfluss}} * E_{agh,k} = 255 \text{ kN} \quad M_{agh,k,UW} = 182 \text{ kNm}$$

$$a_{e,agh,UW} = 0,71 \text{ m}$$

Anlage 3 Wasserlasten im Krafthaus

Wasserlasten im Krafthaus für 1 Maschine

	Volumen V_i [m ³]	Wichte [kN/m ³]	$V_{g,k,i}$ [kN]	Hebelarm a_i [m]	Moment M_i [kNm]
RV-Nische bis Ende Trennwand	326,9	10,0	3.268,8	24,03	78.549,3
Einlaufspirale	1.878,68	10,0	18.786,8	14,69	275.977,4
Einlaufschwelle	311,64	-10,0	-3.116,4	14,40	-44.876,2
Saugschlauch bis RV-Nische	587,54	10,0	5.875,4	10,44	61.315,1
			24.815	14,95	370.966

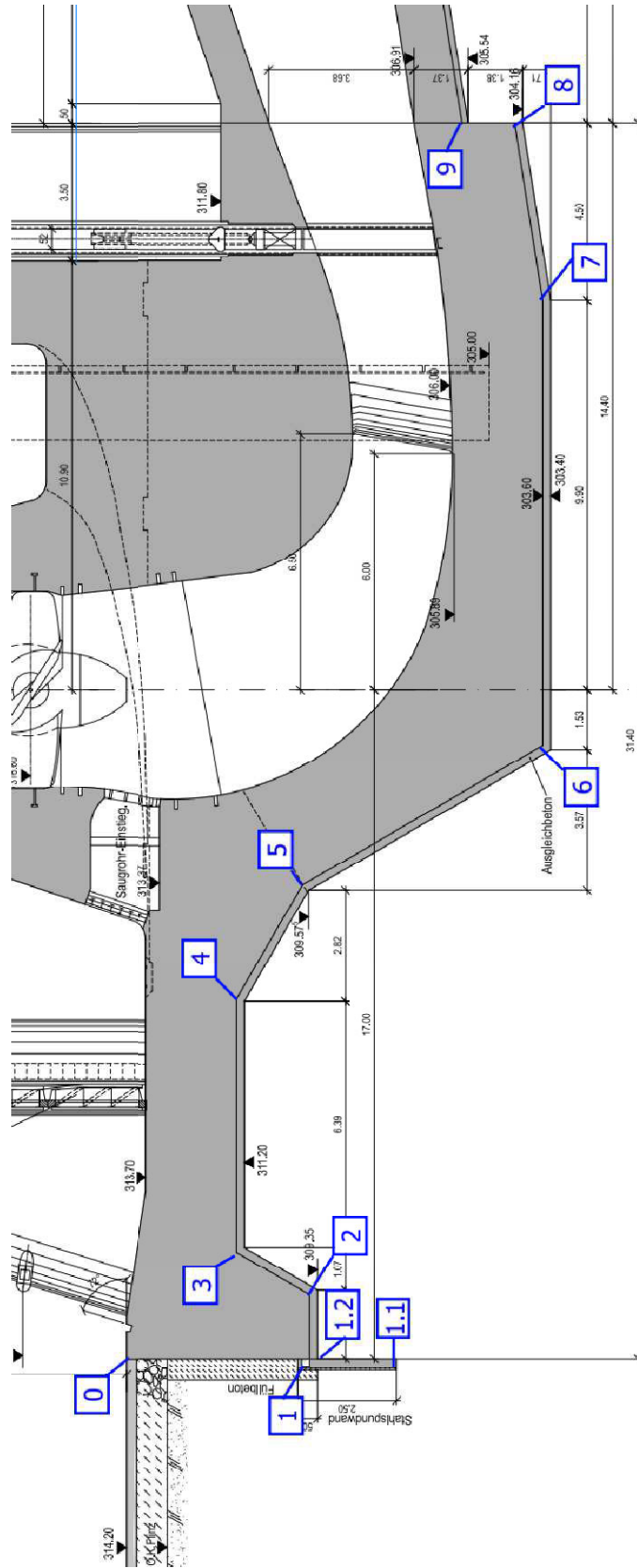
RV-Nische bis Ende TrennwandFläche = 20,43 m²

Dicke/Tiefe : 16,00 m (= 2·8,00 m)

Volumen = 326,9 m³

Anlage 4 Berechnung Sohlwasserdruck

Punkte für Sohlwasserdruckberechnung



Lastfall „Betrieb“ und „Revision + NNQ“

Eingangswerte:	WSP OW	325,90
	WSP UW	314,79
	Z _{Boden,OW}	314,20
	Z _{Boden,UW}	305,74
	UK KH	303,60

Δh [m] =	11,11
h _o [m] =	11,70
h _u [m] =	9,05
λ [-] =	1,0

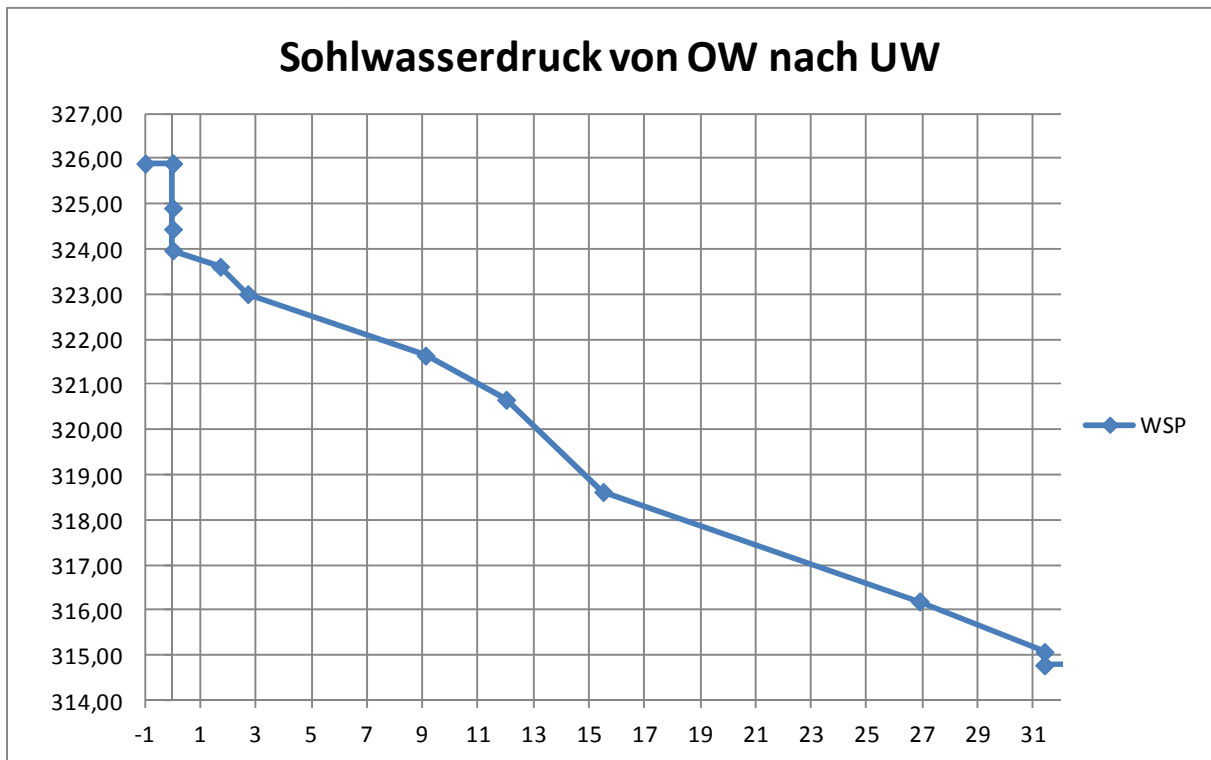
Pkt.	Höhe Z _i [m ü NN]	Z _{si} [m]	L _{h,i} [m]	h _o + Z _{si} [m]	L _{v,i} [m]	ΣL _{v,i} [m]	λΣL _{v,i} [m]	ΣL _{h,i} [m]	L _i [m]	Δh L _i /L _{ges} [m]	P _{so,i} /ρ _w g [m]
0	314,20	0,00	0,00	11,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,70
1	309,55	4,65	0,00	16,35	4,65	4,65	4,65	0,00	4,65	0,81	15,36
1.1	307,35	6,85	0,00	18,55	2,20	6,85	6,85	0,00	6,85	1,19	17,09
1.2	309,55	4,65	0,00	16,35	2,20	9,05	9,05	0,00	9,05	1,57	14,43
2	309,55	4,65	1,70	16,35	0,00	9,05	9,05	1,70	10,75	1,86	14,06
3	311,40	2,80	1,00	14,50	1,85	10,90	10,90	2,70	13,60	2,36	11,61
4	311,40	2,80	6,40	14,50	0,00	10,90	10,90	9,10	20,00	3,46	10,25
5	309,70	4,50	2,90	16,20	1,70	12,60	12,60	12,00	24,60	4,26	10,97
6	303,60	10,60	3,50	22,30	6,10	18,70	18,70	15,50	34,20	5,92	15,03
7	303,60	10,60	11,40	22,30	0,00	18,70	18,70	26,90	45,60	7,90	12,60
8	304,36	9,84	4,50	21,54	0,76	19,46	19,46	31,40	50,86	8,81	10,72
9	305,74	8,46	0,00	20,16	1,38	20,84	20,84	31,40	52,24	9,05	9,05

Kontrolle d. Länge:	31,40	m
---------------------	-------	---

$$L_i = \lambda \sum L_{v,i} + \sum L_{h,i} \quad L_{ges} = \lambda \sum L_{v,ges} + \sum L_{h,ges}$$

$$Z_{s,i} = Z_{Boden,OW} - Z_i$$

$$p_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left(h_o + Z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L_i}{L_{ges}} \right)$$



Resultierender Sohlwasserdruck

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b_i [m]	Teilresult. $V_{so,i}$ [kN/m]	$b_{ges} - \sum b_i$ [m]	Hebelarm $a_{V,so,i}$ [m]	Teilmoment $M_{V,so,i}$ [kNm/m]
0	11,70	1	15,36	0,00	0,0	31,40	31,40	0,0
1	15,36	1.1	17,09	0,00	0,0	31,40	31,40	0,0
1.1	17,09	1.2	14,43	0,00	0,0	31,40	31,40	0,0
1.2	14,43	2	14,06	1,70	242,2	29,70	30,55	7.398,8
2	14,06	3	11,61	1,00	128,4	28,70	29,22	3.750,1
3	11,61	4	10,25	6,40	699,3	22,30	25,57	17.879,5
4	10,25	5	10,97	2,90	307,6	19,40	20,83	6.408,7
5	10,97	6	15,03	3,50	454,9	15,90	17,56	7.987,7
6	15,03	7	12,60	11,40	1.574,8	4,50	10,37	16.325,9
7	12,60	8	10,72	4,50	524,8	0,00	2,31	1.212,6
8	10,72	9	9,05	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Summen Sohle				$\sum b_i$ [m]	$\sum V_{so,i}$ [kN/m]		$\sum a_{V,so,i}$ [m]	$\sum M_{V,so,i}$ [kNm/m]
				31,40	3.932,0		15,50	60.963,3

Lastfall „Hochwasser BHQ1“ und „Revision + BHQ1“

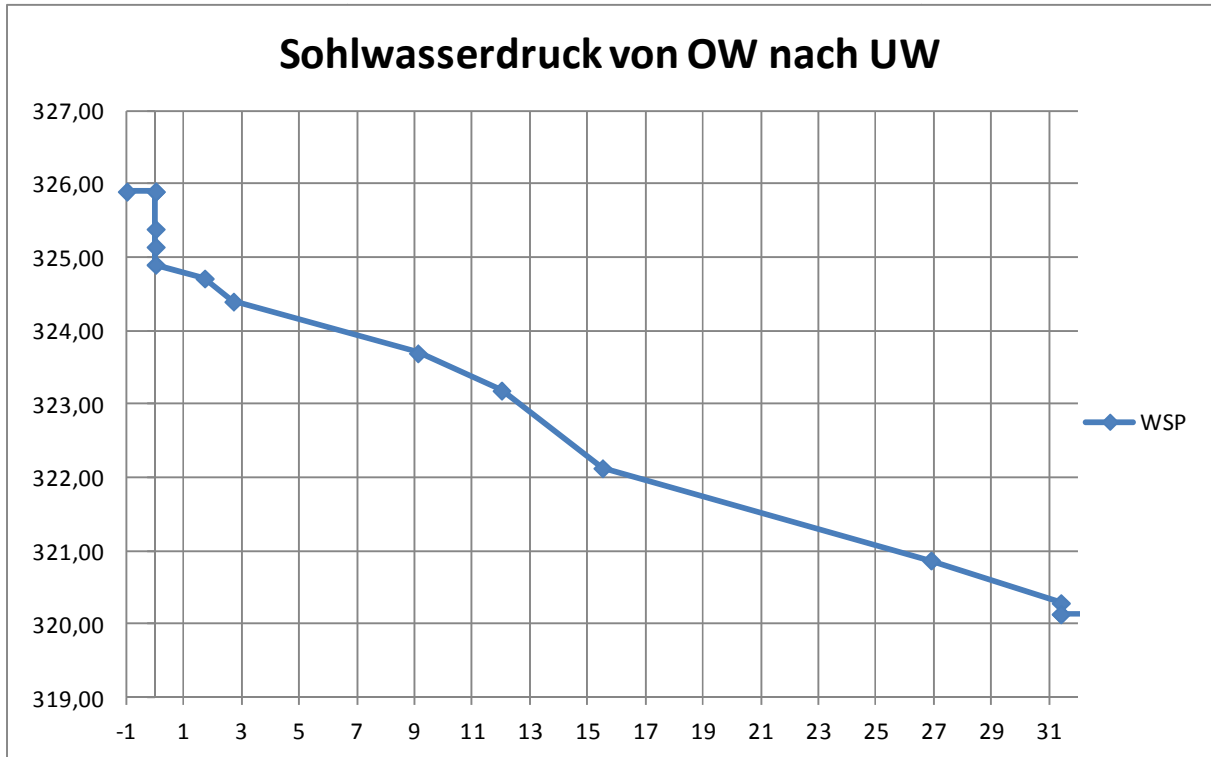
Eingangswerte:	WSP OW	325,90
	WSP UW	320,14
	Z _{Boden,OW}	314,20
	Z _{Boden,UW}	305,74
	UK KH	303,60
	λ [-]	1,0

Δh [m] =	5,76
h _o [m] =	11,70
h _u [m] =	14,40

Pkt.	Höhe Z _i [m ü NN]	Z _{si} [m]	L _{h,i} [m]	h _o + Z _{si} [m]	L _{v,i} [m]	ΣL _{v,i} [m]	λΣL _{v,i} [m]	ΣL _{h,i} [m]	L _i [m]	Δh L _i /L _{ges} [m]	P _{so,i} /ρ _w g [m]
0	314,20	0,00	0,00	11,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,70
1	309,55	4,65	0,00	16,35	4,65	4,65	4,65	0,00	4,65	1,28	15,84
1.1	307,35	6,85	0,00	18,55	2,20	6,85	6,85	0,00	6,85	1,89	17,79
1.2	309,55	4,65	0,00	16,35	2,20	9,05	9,05	0,00	9,05	2,49	15,35
2	309,55	4,65	1,70	16,35	0,00	9,05	9,05	1,70	10,75	2,96	15,16
3	311,40	2,80	1,00	14,50	1,85	10,90	10,90	2,70	13,60	3,75	13,00
4	311,40	2,80	6,40	14,50	0,00	10,90	10,90	9,10	20,00	5,51	12,29
5	309,70	4,50	2,90	16,20	1,70	12,60	12,60	12,00	24,60	6,78	13,49
6	303,60	10,60	3,50	22,30	6,10	18,70	18,70	15,50	34,20	9,43	18,53
7	303,60	10,60	11,40	22,30	0,00	18,70	18,70	26,90	45,60	12,57	17,27
8	304,36	9,84	4,50	21,54	0,76	19,46	19,46	31,40	50,86	14,02	15,93
9	305,74	8,46	0,00	20,16	1,38	20,84	20,84	31,40	52,24	14,40	14,40

Kontrolle d. Länge:	31,40	m
---------------------	-------	---

$L_i' = \lambda \sum L_{v,i} + \sum L_{h,i} \quad L_{ges}' = \lambda \sum L_{v,ges} + \sum L_{h,ges}$ $Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$	$p_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left(h_o + Z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L_i'}{L_{ges}'} \right)$
---	--



Resultierender Sohlwasserdruck

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b_i [m]	Teilresult. $V_{so,i}$ [kN/m]	$b_{ges} - \sum b_i$ [m]	Hebelarm $a_{V,so,i}$ [m]	Teilmoment $M_{V,so,i}$ [kNm/m]
0	11,70	1	15,84	0,00	0,0	31,40	31,40	0,0
1	15,84	1.1	17,79	0,00	0,0	31,40	31,40	0,0
1.1	17,79	1.2	15,35	0,00	0,0	31,40	31,40	0,0
1.2	15,35	2	15,16	1,70	259,4	29,70	30,55	7.924,9
2	15,16	3	13,00	1,00	140,8	28,70	29,21	4.113,9
3	13,00	4	12,29	6,40	809,4	22,30	25,53	20.665,0
4	12,29	5	13,49	2,90	373,8	19,40	20,83	7.786,3
5	13,49	6	18,53	3,50	560,3	15,90	17,56	9.837,7
6	18,53	7	17,27	11,40	2.040,7	4,50	10,27	20.951,0
7	17,27	8	15,93	4,50	747,1	0,00	2,28	1.703,6
8	15,93	9	14,40	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
Summen Sohle				$\sum b_i$ [m]	$\sum V_{so,i}$ [kN/m]		$\sum a_{V,so,i}$ [m]	$\sum M_{V,so,i}$ [kNm/m]
				31,40	4.931,6		14,80	72.982,4

Anlage 5 Berechnung Horizontaler Wasserdruck

Lastfall „Betrieb“ und „Revision + NNQ“

Horizontaler Wasserdruck von OW auf Krafthaus

Pkt. Oben	Randwert Trapez oben	Pkt. Unten	Randwert Trapez unten	Trapez Höhe h_i [m]	Schwerpunkt Trapez [m]	Hebelarm $a_{h,ow,1,i}$ [m]	Teilresult. nach rechts $H_{ow,1,i}$ [kN/m]	Teilmom. rechtsdr. $M_{h,ow,1,i}$ [kNm/m]
OW	0,00	0	11,70	11,70	3,90	14,50	684,4	9.924,5
0	11,70	1	15,36	4,65	2,22	8,17	629,2	5.140,4
1.2	14,43	2	14,06	0,00	0,00	5,95	0,0	0,0
2	14,06	3	11,61	-1,85	-0,95	6,85	-237,5	-1.625,5
3	11,61	4	10,25	0,00	0,00	7,80	0,0	0,0
4	10,25	5	10,97	1,70	0,84	6,94	180,3	1.251,5
5	10,97	6	15,03	6,10	2,89	2,89	792,8	2.292,3

Punkte WSP OW bis 0 und 0 bis 7

Summen OW	$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{ow,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{wh,ow,1,i}$ [kNm/m]
		8,29	2.049,3

Horizontaler Wasserdruck von UW auf Krafthaus

Pkt. Oben	Randwert Trapez oben	Pkt. Unten	Randwert Trapez unten	Trapez Höhe h_i [m]	Schwerpunkt Trapez [m]	Hebelarm $a_{h,uw,1,i}$ [m]	Teilresult. nach links $H_{uw,1,i}$ [kN/m]	Teilmom. linksdr. $M_{h,uw,1,i}$ [kNm/m]
UW	0,00	9	9,05	9,05	3,02	5,16	409,5	2.111,7
9	9,05	8	10,72	1,38	0,67	1,43	136,4	195,2
8	10,72	7	12,60	0,76	0,37	0,37	88,6	32,8

Punkte 8 bis 9 und 9 bis WSP UW

Summen UW	$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{uw,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{uw,1,i}$ [kNm/m]
		3,69	634,6

Lastfall „Hochwasser BHQ1“ und „Revision + BHQ1“

Horizontaler Wasserdruck von OW auf Krafthaus

Pkt. Oben	Randwert Trapez oben	Pkt. Unten	Randwert Trapez unten	Trapez Höhe h_i [m]	Schwerpunkt Trapez [m]	Hebelarm $a_{h,ow,1,i}$ [m]	Teilresult. nach rechts $H_{ow,1,i}$ [kN/m]	Teilmom. rechtsdr. $M_{h,ow,1,i}$ [kNm/m]
OW	0,00	0	11,70	11,70	3,90	14,50	684,4	9.924,5
0	11,70	1	15,84	4,65	2,21	8,16	640,2	5.223,5
1.2	15,35	2	15,16	0,00	0,00	5,95	0,0	0,0
2	15,16	3	13,00	-1,85	-0,95	6,85	-260,5	-1.785,0
3	13,00	4	12,29	0,00	0,00	7,80	0,0	0,0
4	12,29	5	13,49	1,70	0,84	6,94	219,2	1.520,2
5	13,49	6	18,53	6,10	2,89	2,89	976,5	2.822,0

Punkte WSP OW bis 0 und 0 bis 7

Summen OW	$\Sigma a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\Sigma H_{ow,1,i}$ [kN/m]	$\Sigma M_{wh,ow,1,i}$ [kNm/m]
		7,83	2.259,8

Horizontaler Wasserdruck von UW auf Krafthaus

Pkt. Oben	Randwert Trapez oben	Pkt. Unten	Randwert Trapez unten	Trapez Höhe h_i [m]	Schwerpunkt Trapez [m]	Hebelarm $a_{h,uw,1,i}$ [m]	Teilresult. nach links $H_{uw,1,i}$ [kN/m]	Teilmom. linksdr. $M_{h,uw,1,i}$ [kNm/m]
UW	0,00	9	14,40	14,40	4,80	6,94	1.036,8	7.195,4
9	14,40	8	15,93	1,38	0,68	1,44	209,3	301,0
8	15,93	7	17,27	0,76	0,37	0,37	126,2	47,3

Punkte 8 bis 9 und 9 bis WSP UW

Summen UW	$\Sigma a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\Sigma H_{uw,1,i}$ [kN/m]	$\Sigma M_{uw,1,i}$ [kNm/m]
		5,50	1.372,3

Anlage 6 Berechnung Wasserauflasten

Lastfall „Betrieb“ und „Revision + NNQ“

Wasserauflast im OW

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b_i [m]	Schwerpunkt Trapez [m]	$b_{ges} - \sum b_i$ [m]	Hebelarm $a_{v,ow,1,i}$ [m]	Teilresult. $V_{k,i}$ [kN/m]	Teilmom. $M_{v,k,ow,i}$ [kNm/m]
OW1	11,70	OW2	11,70	1,10	0,55	30,30	30,85	128,7	3.970,4
OW2	11,70	OW3	12,20	3,15	1,56	27,15	28,71	376,4	10.808,7
OW3	10,70	OW4	9,23	2,00	1,02	25,15	26,17	199,3	5.216,6
Summen OW							$\sum a_{v,k,ow,i}$ [m]	$\sum V_{k,ow,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,ow,i}$ [kNm/m]
							28,39	704	19.996

Wasserauflast im UW

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b_i [m]	Schwerpunkt Trapez [m]	$b_{ges} - \sum b_i$ [m]	Hebelarm $a_{v,uw,1,i}$ [m]	Teilresult. $V_{k,i}$ [kN/m]	Teilmom. $M_{v,k,uw,i}$ [kNm/m]
UW1	2,99	UW2	2,99	3,50	1,75	0,00	1,75	104,65	183,1
Summen UW							$\sum a_{v,k,uw,i}$ [m]	$\sum V_{k,uw,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,uw,i}$ [kNm/m]
							1,75	105	183

Lastfall „Hochwasser BHQ1“ und „Revision + BHQ1“

Wasserauflast im OW

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b_i [m]	Schwerpunkt Trapez [m]	$b_{ges} - \sum b_i$ [m]	Hebelarm $a_{v,ow,1,i}$ [m]	Teilresult. $V_{k,i}$ [kN/m]	Teilmom. $M_{v,k,ow,i}$ [kNm/m]
OW1	11,70	OW2	11,70	1,10	0,55	30,30	30,85	128,7	3.970,4
OW2	11,70	OW3	12,20	3,15	1,56	27,15	28,71	376,4	10.808,7
OW3	10,70	OW4	9,23	2,00	1,02	25,15	26,17	199,3	5.216,6
Summen OW							$\sum a_{v,k,ow,i}$ [m]	$\sum V_{k,ow,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,ow,i}$ [kNm/m]
							28,39	704	19.996

Wasserauflast im UW

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b_i [m]	Schwerpunkt Trapez [m]	$b_{ges} - \sum b_i$ [m]	Hebelarm $a_{v,uw,1,i}$ [m]	Teilresult. $V_{k,i}$ [kN/m]	Teilmom. $M_{v,k,uw,i}$ [kNm/m]
UW1	8,34	UW2	8,34	3,50	1,75	0,00	1,75	291,9	510,8
Summen UW							$\sum a_{v,k,uw,i}$ [m]	$\sum V_{k,uw,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,uw,i}$ [kNm/m]
							1,75	292	511

Anlage 7 Zusammenfassung Lasten aus Wasserdruck

Lastfall „Betrieb“ und „Revision + NNQ“**Sohlwasserdruck**

b_{Einfluss}	38,00 m (siehe Skizze)		
$\Sigma V_{\text{so},i}$	3.932 kN/m	$\Sigma M_{V,\text{so},i}$	60.963 kNm/m
$V_{\text{so},i}$	149.418 kN	$M_{V,\text{so},i}$	2.316.605 kNm
$a_{V,\text{so},i}$	15,50 m		

Wasserauflast**Oberwasser (bis RV-Nische)**

b_{Einfluss}	32,00 m (= 4 · 8,00 m)		
$\Sigma V_{k,\text{OW},i}$	704 kN/m	$\Sigma M_{k,\text{OW},i}$	19.996 kNm/m
$V_{k,\text{OW},i}$	22.542 kN	$M_{k,\text{OW},i}$	639.861 kNm
$a_{V,\text{OW}}$	28,39 m		

Unterwasser

b_{Einfluss}	30,00 m (= 4 · 7,50 m)		
$\Sigma V_{k,\text{UW},i}$	105 kN/m	$\Sigma M_{k,\text{UW},i}$	183 kNm/m
$V_{k,\text{UW},i}$	3.140 kN	$M_{k,\text{UW},i}$	5.494 kNm
$a_{V,\text{UW}}$	1,75 m		

Horizontaler Wasserdruck OW

b_{Einfluss}	38,00 m		
$\Sigma H_{\text{OW},1,i}$	2.049 kN/m	$\Sigma M_{\text{Wh,OW},1,i}$	16.983 kNm/m
$H_{\text{OW},1,i}$	77.874 kN	$M_{\text{Wh,OW},1,i}$	645.364 kNm
$a_{h,\text{OW}}$	8,29 m		

Horizontaler Wasserdruck UW

b_{Einfluss}	38,00 m		
$\Sigma H_{\text{UW},1,i}$	635 kN/m	$\Sigma M_{\text{Wh,UW},1,i}$	2.340 kNm/m
$H_{\text{UW},1,i}$	24.114 kN	$M_{\text{Wh,UW},1,i}$	88.908 kNm
$a_{h,\text{UW}}$	3,69 m		

Lastfall „Hochwasser BHQ1“ und „Revision + BHQ1“**Sohlwasserdruck**

b_{Einfluss}	38,00 m (siehe Skizze)		
$\sum V_{\text{so},i}$	4.932 kN/m	$\sum M_{V,\text{so},i}$	72.982 kNm/m
$V_{\text{so},i}$	187.400 kN	$M_{V,\text{so},i}$	2.773.330 kNm
$a_{V,\text{so},i}$	14,80 m		

Wasserauflast**Oberwasser (bis RV-Nische)**

b_{Einfluss}	32,00 m (= 4 · 8,00 m)		
$\sum V_{k,\text{OW},i}$	704 kN/m	$\sum M_{k,\text{OW},i}$	19.996 kNm/m
$V_{k,\text{OW},i}$	22.542 kN	$M_{k,\text{OW},i}$	639.861 kNm
$a_{V,\text{OW}}$	28,39 m		

Unterwasser

b_{Einfluss}	30,00 m (= 4 · 7,50 m)		
$\sum V_{k,\text{UW},i}$	292 kN/m	$\sum M_{k,\text{UW},i}$	511 kNm/m
$V_{k,\text{UW},i}$	8.757 kN	$M_{k,\text{UW},i}$	15.325 kNm
$a_{V,\text{UW}}$	1,75 m		

Horizontaler Wasserdruck OW

b_{Einfluss}	38,00 m		
$\sum H_{\text{OW},1,i}$	2.260 kN/m	$\sum M_{\text{Wh,OW},1,i}$	17.705 kNm/m
$H_{\text{OW},1,i}$	85.873 kN	$M_{\text{Wh,OW},1,i}$	672.800 kNm
$a_{h,\text{OW}}$	7,83 m		

Horizontaler Wasserdruck UW

b_{Einfluss}	38,00 m		
$\sum H_{\text{UW},1,i}$	1.372 kN/m	$\sum M_{\text{Wh,UW},1,i}$	7.544 kNm/m
$H_{\text{UW},1,i}$	52.146 kN	$M_{\text{Wh,UW},1,i}$	286.662 kNm
$a_{h,\text{UW}}$	5,50 m		

Anlage 8 Berechnungen zum Nachweis gegen Gleiten

Nachweis für „Betrieb“, BS-P

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	2	49.629
+	EG Turbine + Generator	6.700	2	13.400
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542
+	Wasserauflasten UW	3.140	1	3.140
-	Sohlwasserdruck	149.418	1	149.418
+	G_{gesamt}			366.967
-	Auftrieb			149.418
	G_k			217.549

Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
-	Oberwasser	77.874	1	77.874
+	Unterwasser	24.114	1	24.114
-	destabilisierend			77.874
+	stabilisierend			24.114
	Wasserdruck H_{w,k}			53.760

Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
-	Erddruck OW	6.254	1	6.254
+	Erddruck UW	5.244	1	5.244
-	destabilisierend			6.254
+	stabilisierend			5.244

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	H _k [kN]	γ	H _d [kN]
Wasserdruck	53.760	1,35	72.576
Erddruck	6.254	1,35	8.443
Bemessungslast T_d =			81.019 kN

Bemessungswerte Widerstandsseite

Bemessungswert Gleitwiderstand

G_k	217.549 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
$\tan\varphi'$	0,59
$\gamma_{R,h}$	1,10

$$R_{t,d} = G_k * \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 116.497 \text{ kN}$$

Bemessungswert des passiven Erddrucks

$E_{pt,k}$	5.244 kN
$\gamma_{R,e}$	1,40

$$E_{pt,d} = 0,5 * E_{pt,k} / \gamma_{R,e} = 1.873 \text{ kN}$$

Nachweis Gleiten

$T_d =$	81.019 kN
$R_{t,d} + E_{pt,d} =$	118.370 kN

$E/R =$	0,68 < 1,00	Nachweis erfüllt.
---------	-----------------------	-------------------

Nachweis für „Hochwasser BHQ1“, BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	2	49.629
+	EG Turbine + Generator	6.700	2	13.400
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542
+	Wasserauflasten UW	8.757	1	8.757
-	Sohlwasserdruck	187.400	1	187.400
+	G_{gesamt}			372.584
-	Auftrieb			187.400
	G_k			185.185

Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
-	Oberwasser	85.873	1	85.873
+	Unterwasser	52.146	1	52.146
-	destabilisierend			85.873
+	stabilisierend			52.146
	Wasserdruck H_{w,k}			33.727

Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
-	Erddruck OW	6.254	1	6.254
+	Erddruck UW	5.244	1	5.244
-	destabilisierend			6.254
+	stabilisierend			5.244

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	H _k [kN]	γ	H _d [kN]
Wasserdruck	33.727	1,20	40.473
Erddruck	6.254	1,20	7.505
Bemessungslast T_d =			47.977 kN

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	H_k [kN]	γ	H_d [kN]
Wasserdruck	33.727	1,20	40.473
Erddruck	6.254	1,20	7.505

Bemessungslast $T_d =$	47.977 kN
--	------------------

Bemessungswerte Widerstandsseite

Bemessungswert Gleitwiderstand

G_k	185.185 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
$\tan\varphi'$	0,59
$\gamma_{R,h}$	1,10

$$R_{t,d} = G_k * \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 99.165 \text{ kN}$$

Bemessungswert des passiven Erddrucks

$E_{pt,k}$	5.244 kN
$\gamma_{R,e}$	1,30

$$E_{pt,d} = 0,5 * E_{pt,k} / \gamma_{R,e} = 2.017 \text{ kN}$$

Nachweis Gleiten

$T_d =$	47.977 kN
$R_{t,d} + E_{pt,d} =$	101.183 kN

$E/R =$	0,47 < 1,00	Nachweis erfüllt.
---------	-------------	-------------------

Nachweis für „Revision + NNQ“, BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	0	0
+	EG Turbine + Generator	6.700	0	0
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542
+	Wasserauflasten UW	3.140	1	3.140
-	Sohlwasserdruck	149.418	1	149.418
+	G_{gesamt}			303.938
-	Auftrieb			149.418
	G_k			154.520

Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
-	Oberwasser	77.874	1	77.874
+	Unterwasser	24.114	1	24.114
-	destabilisierend			77.874
+	stabilisierend			24.114
	Wasserdruck H_{w,k}			53.760

Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
-	Erddruck OW	6.254	1	6.254
+	Erddruck UW	5.244	1	5.244
-	destabilisierend			6.254
+	stabilisierend			5.244

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	H _k [kN]	γ	H _d [kN]
Wasserdruck	53.760	1,20	64.512
Erddruck	6.254	1,20	7.505
Bemessungslast T_d =			72.017 kN

Bemessungswerte Widerstandsseite

Bemessungswert Gleitwiderstand

G_k	154.520 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
$\tan\varphi'$	0,59
$\gamma_{R,h}$	1,10

$R_{t,d} = G_k * \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} =$ **82.745 kN**

Bemessungswert des passiven Erddrucks

$E_{pt,k}$	5.244 kN
$\gamma_{R,e}$	1,30

$E_{pt,d} = 0,5 * E_{pt,k} / \gamma_{R,e} =$ **2.017 kN**

Nachweis Gleiten

$T_d =$	72.017 kN
$R_{t,d} + E_{pt,d} =$	84.762 kN

$E/R =$ **0,85 < 1,00** Nachweis erfüllt.

Nachweis für „Revision + BHQ1“, BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	0	0
+	EG Turbine + Generator	6.700	0	0
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542
+	Wasserauflasten UW	8.757	1	8.757
-	Sohlwasserdruck	187.400	1	187.400
+	G_{gesamt}			309.555
-	Auftrieb			187.400
	G_k			122.155

Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
-	Oberwasser	85.873	1	85.873
+	Unterwasser	52.146	1	52.146
-	destabilisierend			85.873
+	stabilisierend			52.146
	Wasserdruck H_{w,k}			33.727

Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
-	aktiver Erddruck OW	6.254	1	6.254
+	passiver Erddruck UW	5.244	1	5.244
-	destabilisierend			6.254
+	stabilisierend			5.244

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	H _k [kN]	γ	H _d [kN]
Wasserdruck	33.727	1,20	40.473
Erddruck	6.254	1,20	7.505
Bemessungslast T_d =			47.977 kN

Bemessungswerte Widerstandsseite

Bemessungswert Gleitwiderstand

G_k	122.155 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
$\tan\varphi'$	0,59
$\gamma_{R,h}$	1,10

$R_{t,d} = G_k * \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} =$ **65.414 kN**

Bemessungswert des passiven Erddrucks

$E_{pt,k}$	5.244 kN
$\gamma_{R,e}$	1,30

$E_{pt,d} = 0,5 * E_{pt,k} / \gamma_{R,e} =$ **2.017 kN**

Nachweis Gleiten

$T_d =$	47.977 kN
$R_{t,d} + E_{pt,d} =$	67.431 kN

$E/R =$ **0,71 < 1,00** Nachweis erfüllt.

Anlage 9 Berechnungen zum Nachweis gegen Aufschwimmen

Nachweis für „Betrieb“ BS-P

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	2	49.629
+	EG Turbine + Generator	6.700	2	13.400
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542
+	Wasserauflasten UW	3.140	1	3.140
-	Sohlwasserdruck	149.418	1	149.418
+	G_{gesamt}			366.967
-	Auftrieb			149.418
	G_k			217.549

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	G _{dst,k} [kN]	Y _{G,dst}	G _{dst,k} * Y _{G,dst} [kN]
Sohlwasserdruck	149.418	1,05	156.888

Bemessungswert dest. Einw.	156.888 kN
-----------------------------------	-------------------

Bemessungswerte Widerstandsseite

Lastart	G _{stb,k} [kN]	Y _{G,stb}	G _{stb,k} * Y _{G,stb} [kN]
EG Bauwerk + Wasserauflast	366.967	0,95	348.618

Bemessungswert stab. Einw.	348.618 kN
-----------------------------------	-------------------

Nachweis Aufschwimmen

$G_{dst,k} * Y_{G,dst} =$	156.888 kN
$G_{stb,k} * Y_{G,stb} =$	348.618 kN

$E/R =$	0,45 < 1,00	Nachweis erfüllt.
---------	-----------------------	-------------------

Nachweis für „Hochwasser BHQ1“, BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	2	49.629
+	EG Turbine + Generator	6.700	2	13.400
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542
+	Wasserauflasten UW	8.757	1	8.757
-	Sohlwasserdruck	187.400	1	187.400
+	G_{gesamt}			372.584
-	Auftrieb			187.400
	G_k			185.185

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	G _{dst,k} [kN]	Y _{G,dst}	G _{dst,k} * Y _{G,dst} [kN]
Sohlwasserdruck	187.400	1,05	196.770

Bemessungswert dest. Einw. 196.770 kN

Bemessungswerte Widerstandsseite

Lastart	G _{stb,k} [kN]	Y _{G,stb}	G _{stb,k} * Y _{G,stb} [kN]
EG Bauwerk + Wasserauflast	372.584	0,95	353.955

Bemessungswert stab. Einw. 353.955 kN

Nachweis Aufschwimmen

$G_{dst,k} * Y_{G,dst} =$	196.770 kN
$G_{stb,k} * Y_{G,stb} =$	353.955 kN
$E/R =$	0,56 < 1,00

Nachweis erfüllt.

Nachweis für „Revision + NNQ“ BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	0	0
+	EG Turbine + Generator	6.700	0	0
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542
+	Wasserauflasten UW	3.140	1	3.140
-	Sohlwasserdruck	149.418	1	149.418
+	G_{gesamt}			303.938
-	Auftrieb			149.418
	G_k			154.520

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	G _{dst,k} [kN]	Y _{G,dst}	G _{dst,k} * Y _{G,dst} [kN]
Sohlwasserdruck	149.418	1,05	156.888

Bemessungswert dest. Einw. 156.888 kN

Bemessungswerte Widerstandsseite

Lastart	G _{stb,k} [kN]	Y _{G,stb}	G _{stb,k} * Y _{G,stb} [kN]
EG Bauwerk + Wasserauflast	303.938	0,95	288.741

Bemessungswert stab. Einw. 288.741 kN

Nachweis Aufschwimmen

$G_{dst,k} * Y_{G,dst} =$	156.888 kN
$G_{stb,k} * Y_{G,stb} =$	288.741 kN
$E/R =$	0,54 < 1,00

Nachweis erfüllt.

Nachweis für „Revision + BHQ1“ BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	0	0
+	EG Turbine + Generator	6.700	0	0
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542
+	Wasserauflasten UW	8.757	1	8.757
-	Sohlwasserdruck	187.400	1	187.400
+	G_{gesamt}			309.555
-	Auftrieb			187.400
	G_k			122.155

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	G _{dst,k} [kN]	Y _{G,dst}	G _{dst,k} * Y _{G,dst} [kN]
Sohlwasserdruck	187.400	1,05	196.770
Bemessungswert dest. Einw.			196.770 kN

Bemessungswerte Widerstandsseite

Lastart	G _{stb,k} [kN]	Y _{G,stb}	G _{stb,k} * Y _{G,stb} [kN]
EG Bauwerk + Wasserauflast	309.555	0,95	294.077
Bemessungswert stab. Einw.			294.077 kN

Nachweis Aufschwimmen

$G_{dst,k} * Y_{G,dst} =$	196.770 kN
$G_{stb,k} * Y_{G,stb} =$	294.077 kN
$E/R =$	0,67 < 1,00 Nachweis erfüllt.

Anlage 10 Berechnungen zum Nachweis gegen Kippen

Nachweis für „Betrieb“ BS-P

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257	13,60	3.785.498
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	2	49.629	14,95	741.931
+	EG Turbine + Generator	6.700	2	13.400	14,40	192.960
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542	28,39	639.861
+	Wasserauflasten UW	3.140	1	3.140	1,75	5.494
-	Sohlwasserdruck	149.418	1	149.418	15,50	2.316.605
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)			366.967		5.365.744
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)			149.418		2.316.605

Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	Oberwasser	77.874	1	77.874	8,29	645.364
+	Unterwasser	24.114	1	24.114	3,69	88.908
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)					88.908
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)					645.364

Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	6.254	1	6.254	3,53	22.098
+	akt. Erddruck Pfeiler UW	255	1	255	0,71	182
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)					182
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)					22.098

Zusammenfassung

ΣM_{gUZS}	5.454.834 kNm
ΣM_{iUZS}	2.984.066 kNm
$M_{res} = \Sigma M_{gUZS} - \Sigma M_{iUZS} =$	2.470.768 kNm
$V_{k,res} = G_k - \text{Auftrieb} =$	217.549 kN
Außermitte $x_s = \Sigma M / V_{res} =$	11,36 m

Nachweis Kippen

$L_{ges} =$	31,40 m
$e = L_{ges}/2 - x_s =$	4,34 m
$e_{zul} = L/6 =$	5,23 m
$E/R =$	0,83 < 1,00

Nachweis erfüllt.

Nachweis für „Hochwasser BHQ1“ BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257	13,60	3.785.498
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	2	49.629	14,95	741.931
+	EG Turbine + Generator	6.700	2	13.400	14,40	192.960
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542	28,39	639.861
+	Wasserauflasten UW	8.757	1	8.757	1,75	15.325
-	Sohlwasserdruck	187.400	1	187.400	14,80	2.773.330
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)			372.584		5.375.575
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)			187.400		2.773.330

Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	Oberwasser	85.873	1	85.873	7,83	672.800
+	Unterwasser	52.146	1	52.146	5,50	286.662
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)					286.662
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)					672.800

Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	6.254	1	6.254	3,53	22.098
+	akt. Erddruck Pfeiler UW	255	1	255	0,71	182
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)					182
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)					22.098

Zusammenfassung

ΣM_{gUZS}	5.662.419 kNm
ΣM_{iUZS}	3.468.228 kNm
$M_{res} = \Sigma M_{gUZS} - \Sigma M_{iUZS} =$	2.194.191 kNm
$V_{k,res} = G_k - \text{Auftrieb} =$	185.185 kN
Außermitte $x_s = \Sigma M / V_{res} =$	11,85 m

Nachweis Kippen

$L_{ges} =$	31,40 m
$e = L_{ges}/2 - x_s =$	3,85 m
$e_{zul} = L/3 =$	10,47 m
$E/R =$	0,37 < 1,00

Nachweis erfüllt.

Nachweis für „Revision + NNQ“ BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257	13,60	3.785.498
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	0	0	14,95	0
+	EG Turbine + Generator	6.700	0	0	14,40	0
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542	28,39	639.861
+	Wasserauflasten UW	3.140	1	3.140	1,75	5.494
-	Sohlwasserdruck	149.418	1	149.418	15,50	2.316.605
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)			303.938		4.430.853
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)			149.418		2.316.605

Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	Oberwasser	77.874	1	77.874	8,29	645.364
+	Unterwasser	24.114	1	24.114	3,69	88.908
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)					88.908
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)					645.364

Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	6.254	1	6.254	3,53	22.098
+	akt. Erddruck Pfeiler UW	255	1	255	0,71	182
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)					182
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)					22.098

Zusammenfassung

ΣM_{gUZS}	4.519.943 kNm
ΣM_{iUZS}	2.984.066 kNm
$M_{res} = \Sigma M_{gUZS} - \Sigma M_{iUZS} =$	1.535.877 kNm
$V_{k,res} = G_k - \text{Auftrieb} =$	154.520 kN
Außermittle $x_s = \Sigma M / V_{res} =$	9,94 m

Nachweis Kippen

$L_{ges} =$	31,40 m
$e = L_{ges}/2 - x_s =$	5,76 m
$e_{zul} = L/3 =$	10,47 m
$E/R =$	0,55 < 1,00

Nachweis erfüllt.

Nachweis für „Revision + BHQ1“, BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
+	EG Krafthaus	278.257	1	278.257	13,60	3.785.498
+	Wasserlasten im Krafthaus	24.815	0	0	14,95	0
+	EG Turbine + Generator	6.700	0	0	14,40	0
+	Wasserauflasten OW	22.542	1	22.542	28,39	639.861
+	Wasserauflasten UW	8.757	1	8.757	1,75	15.325
-	Sohlwasserdruck	187.400	1	187.400	14,80	2.773.330
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)			309.555		4.440.684
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)			187.400		2.773.330

Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	Oberwasser	85.873	1	85.873	7,83	672.800
+	Unterwasser	52.146	1	52.146	5,50	286.662
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)					286.662
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)					672.800

Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	6.254	1	6.254	3,53	22.098
+	akt. Erddruck Pfeiler UW	255	1	255	0,71	182
+	gegen Uhrzeigersinn (gUZS)					182
-	im Uhrzeigersinn (iUZS)					22.098

Zusammenfassung

ΣM_{gUZS}	4.727.528 kNm
ΣM_{iUZS}	3.468.228 kNm
$M_{res} = \Sigma M_{gUZS} - \Sigma M_{iUZS} =$	1.259.300 kNm
$V_{k,res} = G_k - \text{Auftrieb} =$	122.155 kN
Außermittle $x_s = \Sigma M / V_{res} =$	10,31 m

Nachweis Kippen

$L_{ges} =$	31,40 m
$e = L_{ges}/2 - x_s =$	5,39 m
$e_{zul} = L/3 =$	10,47 m
$E/R =$	0,52 < 1,00

Nachweis erfüllt.