

**Staustufe Eggfing-Obernberg**  
**Vertiefte Überprüfung 2017**  
**Standicherheit Wehranlage**



München, den 11.07.2017

RMD-Consult GmbH  
Wasserbau und Energie  
Blutenburgstraße 20  
80636 München

  
Tel.: 089/99 222-402 – Hr. M. Kordes

*i.A. M. Kordes*

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>VORGEHEN</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>STATISCHE SYSTEME UND RANDBEDINGUNGEN</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>EINWIRKUNGEN</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Allgemeine Einwirkungen</b>	<b>6</b>
<b>3.2</b>	<b>Einwirkungen aus Wasserdruck</b>	<b>6</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Wasserstände</b>	<b>6</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Sohlwasserdruck unter Pfeiler und Wehr</b>	<b>7</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Horizontaler Wasserdruck</b>	<b>7</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Vertikaler Wasserauflast</b>	<b>7</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Ergebnisse Einwirkungen Wasserdruck</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>STANDSICHERHEITSNACHWEISE</b>	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>8</b>
<b>4.2</b>	<b>Nachweis gegen Gleiten</b>	<b>9</b>
<b>4.3</b>	<b>Nachweis gegen Aufschwimmen</b>	<b>14</b>
<b>4.4</b>	<b>Nachweis gegen Kippen</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG</b>	<b>16</b>
	<b>VERWENDETE UNTERLAGEN</b>	<b>17</b>
	<b>ANLAGENVERZEICHNIS</b>	<b>18</b>

# 1 VORGEHEN

Im Zuge der vertieften Überprüfung ist für die Wehranlage der Staustufe Eggfing die globale Standsicherheit nach aktuellen Vorschriften nachzuweisen. Für die Wehranlage liegen aus der neueren Zeit keine Standsicherheitsberechnungen vor. 1996 wurde in dem Bericht [1] des Ingenieurbüros EDR GmbH eine Überprüfung der gemessenen Sohlwasserdrücke mit rechnerischen Vergleichswerten durchgeführt. Diese Überprüfung ergab, dass die gemessenen Werte weit unter den berechneten Werten lagen. Der Einfluss auf die Nachweise der globalen Standsicherheit wurden jedoch nicht weiter verfolgt.

Bereits beim Bau der Anlage wurden je 5 Sohlwasserdruckmessstellen in den Pfeilern 1 und 2 ausgebaut. Die Aufzeichnung der Sohlwasserdrücke erfolgt dementsprechend seit Jahrzehnten. Für die vertiefte Überprüfung lagen die Messwerte seit dem Jahr 2000 in digitaler Form vor. In den Aufzeichnungen sind ebenfalls die jeweiligen Ober- und Unterwasserspiegel vorhanden.

Von der Wehranlage sind keine Umbau- oder Ertüchtigungsmaßnahmen bekannt, sodass die Konstruktion gemäß den Bestandsplänen als momentaner Stand betrachtet werden kann.

Zur Wehranlage liegt ein Bodengutachten aus der Zeit der Errichtung vor [3]. Zur Validierung der dort gewonnenen Erkenntnisse wurde im Rahmen der vertieften Überprüfung ein weiteres Gutachten nach aktuellen Vorschriften erstellt [5], welches die Parameter des anstehenden Flinzes unter dem Fundament mit geringfügig besseren Werten bestätigte.

Die vorliegende Standsicherheitsberechnung stützt sich neben den Bestandsplänen auf die unter „Verwendete Unterlagen“ erwähnten Berichte und Gutachten, welche dem Stauanlagenbuch zu entnehmen sind.

Die Standsicherheitsnachweise werden für die folgenden Zustände der Wehranlage in den ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen geführt:

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

Nach DIN 19702 ist für Stauanlagen der Lastfall Revision für die vorübergehende Bemessungssituation nachzuweisen. Dabei können maßgebende Hochwasserstände festgelegt werden.

Der Zustand Revision wird für die zwei Unterwasserspiegellagen bei NNQ und BHQ1 nachgewiesen. 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. Beim BHQ1 wird jedoch nicht der tatsächliche Wasserspiegel im Unterwasser von +320,14 m ü NN angesetzt, sondern die Oberkante der unterwasserseitigen Revisionsverschlüsse bei +316,50 m üNN, da bei höheren Wasserständen die Dammbalken überströmt werden. In den Berechnungen wird dieser Lastfall jedoch weiter mit BHQ1 bezeichnet.

Für den Betriebszustand wird ebenfalls das NNQ im Unterwasser angesetzt.

## 2 STATISCHE SYSTEME UND RANDBEDINGUNGEN

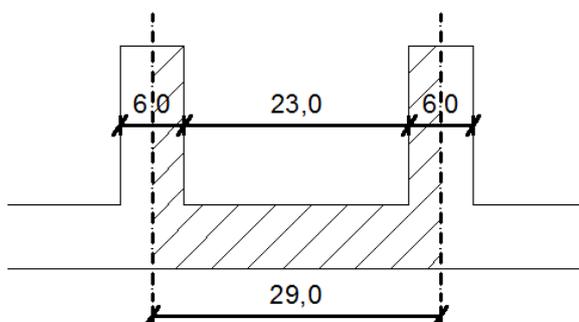
Im Folgenden werden die gewählten statischen Systeme und Randbedingungen beschrieben, welche für die vorliegenden Standsicherheitsuntersuchungen angewendet wurden.

Die Wehranlage besteht aus 5 Wehrfeldern, bestehend aus dem Widerlager, 4 Mittelpfeilern und dem Trennpfeiler zum Kraftwerk hin. Die Wehrpfeiler haben einen Achsabstand von 29 Metern und sind 6 Meter breit. Die Wehrsohle ist durchgehend monolithisch verbunden und bewehrt und in Fließrichtung muldenförmig geknickt.

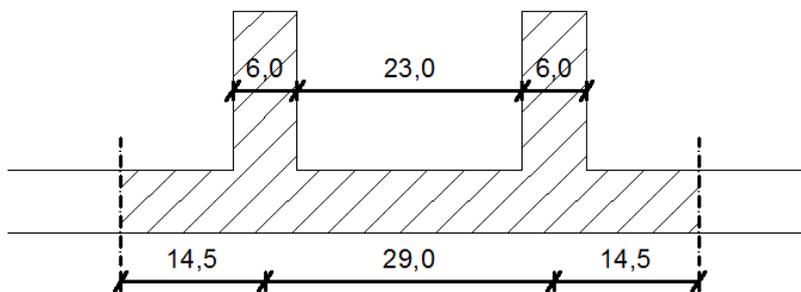
Die Wehrsohle ist durchgehend auf dem Flnz gegründet. Als Reibungswinkel für den Gleitnachweis wird gemäß [5]  $\varphi = 30,5^\circ$  angesetzt.

Für die Nachweise der globalen Standsicherheit werden zunächst 3 Systeme betrachtet, die im Folgenden aufgeführt sind:

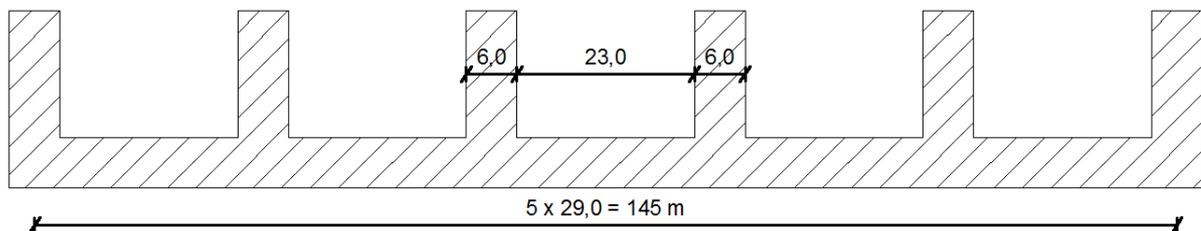
System 1: 1 Wehrfeld und 2 halbe Wehrpfeiler



## System 2: 1 Wehrfeld, 2 Wehrpfeiler und 2 angrenzende halbe Wehrfelder



## System 3: 5 Wehrfelder, 4 Pfeiler, Trennpfeiler und rechtes Widerlager



Für System 1 liegen die Standsicherheitsberechnungen vor allem im Zustand der Revision auf der sicheren Seite, da der biegesteife Anschluss der Wehrsohle an die Pfeiler, anders als in den Berechnungen in System 2, nicht berücksichtigt werden.

Bei System 3 wird angenommen, dass die Lastabtragung über die gesamte Wehrbreite vom Trennpfeiler bis zum Widerlager erfolgt. Es wird jedoch ausgeschlossen, dass die Bewehrung in der Wehrsohle für die Lastabtragung entsprechend einer horizontalen Scheibe bemessen wurde.

Als Schlussfolgerungen dieser Betrachtungen wird das System 2 in den Standsicherheitsberechnungen angesetzt.

Im Ober- und Unterwasser wurde vor den jeweiligen Spornen eine Spundwand eingerammt. Aufgrund des harten Flinzes konnte die Spundwand nicht überall gleich tief bzw. entsprechend den Bauwerksplänen eingebracht werden. Für OW und UW wird in den Berechnungen eine durchgehende Einbindetiefe von 1,0 m unter dem jeweiligen Sporn angesetzt.

## 3 EINWIRKUNGEN

### 3.1 Allgemeine Einwirkungen

#### Einwirkungen aus Eigengewicht

Die Lasten aus Eigengewicht für die Pfeiler und die Wehrfelder wurden in Anlage 1 neu berechnet. Dabei wurde die Wichte gemäß Bestandsstatik [1] mit  $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$  angesetzt.

#### 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 Standsicherheitsberechnung 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 sich der Portalkran hauptsächlich im Bereich des Kraftwerks befindet und vorausgesetzt werden kann, dass dieser im Sturmfall nicht bewegt wird, kann die Beeinträchtigung durch Windeinwirkung vernachlässigt werden. Bei Ansatz der Windlast würde sich das Eigengewicht des Kranes günstig auf die Standsicherheit auswirken.

#### Einwirkungen aus Erdbeben

Die Staustufe befindet sich in der Erdbebenzone 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 <sub>S</sub> )	Unterwasser (MQ)
325,90 m ü NN	314,79 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 2 listet diese Zusammenhänge auf.

Tabelle 2: Wasserstände Lastfall „Revision“

Oberwasser (Z <sub>S</sub> )	Unterwasser (NNQ)	Unterwasser (BHQ1)
325,90 m ü NN	314,79 m ü NN	316,50* m ü NN

\* siehe Abschnitt 1

### 3.2.2 Sohlwasserdruck unter Pfeiler und Wehr

Die Sohlwasserdrücke wurden entsprechend der unterschiedlichen Unterkanten von Pfeiler- und Wehrbereich in den jeweiligen Lastfällen berechnet. Dabei wurde für die Berechnung der Sohlwasserdrücke das Verfahren der Grenzsickerlinie angewendet. Die Berechnung erfolgt zunächst nach theoretischem Ansatz, später erfolgt eine Anpassung entsprechend der Sohlwassermessungen, genaueres siehe Abschnitt 4.2. Die Berechnungen können in Anlage 3 und Anlage 4 eingesehen werden.

### 3.2.3 Horizontaler Wasserdruck

Die Berechnung des horizontalen Wasserdruckes auf die Pfeiler und die Wehrfelder ist in Anlage 5 und Anlage 6 aufgeführt.

### 3.2.4 Vertikaler Wasserauflast

Die vertikalen Wasserlasten werden entsprechen den Lastfällen auf den Pfeiler und das Wehrfeld angesetzt und sind der Anlage 7 zu entnehmen.

### 3.2.5 Ergebnisse Einwirkungen Wasserdruck

Die zusammengefassten Ergebnisse der Einwirkungen aus Wasserdruck auf den Pfeiler und das Wehrfeld sind in Anlage 8 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 3 zusammengefasst. Tabelle 4 zeigt die Teilsicherheitsbeiwerte der Widerstände.

Tabelle 3: Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungen nach DIN 1054 (2010)

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
<b>HYD und UPL: Grenzzustand des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen</b>				
Destabilisierende ständige Einwirkungen <sup>a</sup>	$\gamma_{G,dst}$	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	$\gamma_H$	1,35	1,30	1,20
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund	$\gamma_H$	1,80	1,60	1,35
<b>EQU: Grenzzustand des Verlusts der Lagesicherheit</b>				
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	$\gamma_Q$	1,50	1,25	1,00
<b>STR und GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund</b>				
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein <sup>a</sup>	$\gamma_G$	1,35	1,20	1,10
Beanspruchungen aus günstigen ständigen Einwirkungen <sup>b</sup>	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00	1,00
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruchdruck	$\gamma_{G,EO}$	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	$\gamma_Q$	1,50	1,30	1,10
Beanspruchungen aus günstigen veränderlichen Einwirkungen	$\gamma_Q$	0	0	0
<b>GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlusts der Gesamtstandsicherheit</b>				
Ständige Einwirkungen <sup>a</sup>	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q$	1,30	1,20	1,00
<b>SLS: Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b>				
$\gamma_G = 1,00$ für ständige Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
$\gamma_Q = 1,00$ für veränderliche Einwirkungen bzw. Beanspruchungen				
<sup>a</sup> einschließlich ständigem und veränderlichem Wasserdruck.				
<sup>b</sup> nur im Sonderfall nach 7.6.3.1 A (2).				

Tabelle 4: Teilsicherheitsbeiwerte Widerstände nach DIN 1054 (2010)

Widerstand	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
<b>STR und GEO-2: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund</b>				
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	$\gamma_b$	1,10	1,10	1,10
— Mantelwiderstand (Druck)	$\gamma_s$	1,10	1,10	1,10
— Gesamtwiderstand (Druck)	$\gamma_t$	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	$\gamma_a$	1,40	1,30	1,20
— Verpresskörper von Verpressankern	$\gamma_a$	1,10	1,10	1,10
— Flexible Bewehrungselemente	$\gamma_a$	1,40	1,30	1,20
<b>GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit</b>				
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 5.

In Pfeilerquerrichtung ist der Gleitnachweis ebenfalls erfüllt, da die horizontalen Kräfte in der Sohlschwelle abgenommen werden.

*Tabelle 5: Ergebnisse Nachweis der Gleitsicherheit (Sohlwasserdrücke nach theoretischem Ansatz)*

<b>Lastfall</b>	<b><math>T_d</math></b>	<b><math>R_{T,d} + E_{pt,d}</math></b>	<b>E/R</b>	
Betrieb	120.648	106.432	1,13	> 1,00 !!!
Revision + NNQ	107.243	88.571	1,21	> 1,00 !!!
Revision + BHQ1	97.360	85.103	1,14	> 1,00 !!!

#### Nachweis für Hochwasser, BS-T

Bei Hochwasser ist der Gleitnachweis nicht maßgebend, da die Schützen geöffnet sind und die Wasserspiegel auf beiden Seiten der Schützen annähernd gleich sind. 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.

#### Erweiterte Betrachtungen für den Lastfall Betrieb und Revision

Die Gleitsicherheit konnte für Lastfälle Betrieb und Revision mit Sohlwasserdrücken nach theoretischem Ansatz zunächst nicht nachgewiesen werden. Die Nachweise sind deutlich über 10% ausgelastet. Da die Wehranlage keine erkennbaren Verformungen aufweist, wird von weiteren Tragreserven bzw. von geringeren Einwirkungen ausgegangen, welche im Folgenden betrachtet werden.

Wie bereits in [1] erwähnt, werden für die Wehranlage bei den Wehrpfeilern 1 und 2 regelmäßig die Sohlwasserdrücke gemessen. Im Zuge der vertieften Überprüfung lagen die Messdaten seit dem Jahr 2000 vor. Für das NNQ werden die Werte im Zeitraum Dezember 2015 herangezogen, für den Hochwasserfall die Werte von Juni 2013. Ein Vergleich der gemessenen und berechneten Sohlwasserdrücke für den jeweiligen Zustand ist in den beiden folgenden Diagrammen 1 und 2 aufgeführt. Die berechneten Sohlwasserdruckwerte wurden in den Diagrammen in den entsprechenden Wasserspiegellhöhen erfasst. Beim Hochwasserlastfall wurde bei den berechneten Sohlwasserdrücken der Wasserspiegel im Unterwasser auf +316,50 begrenzt.

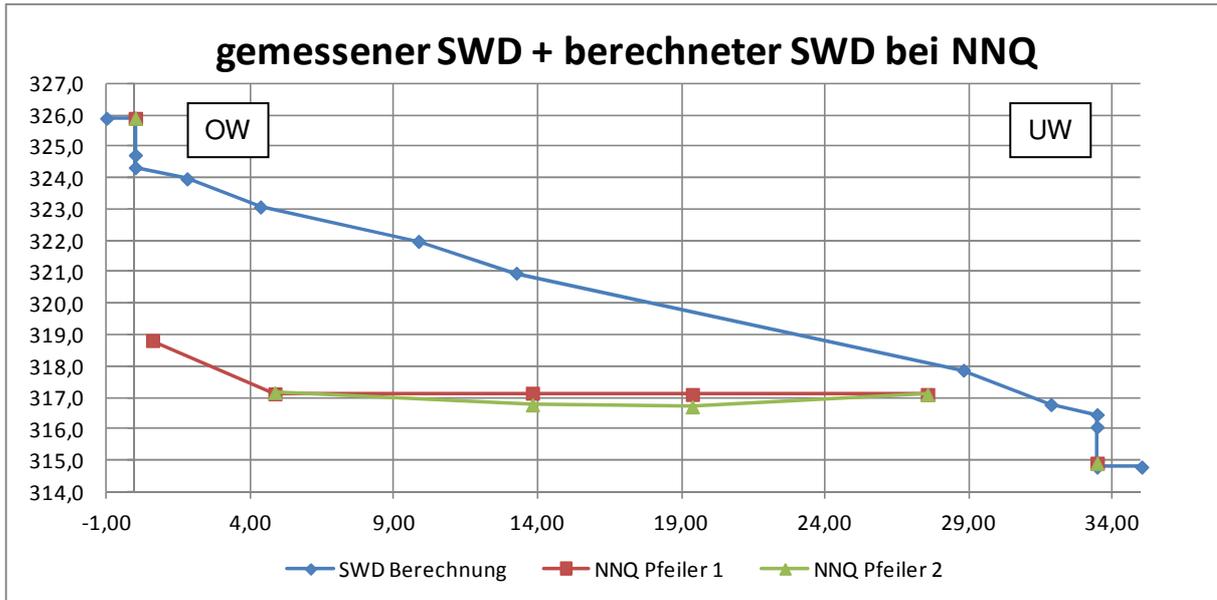


Diagramm 1: Sohlwasserdruck bei NNQ

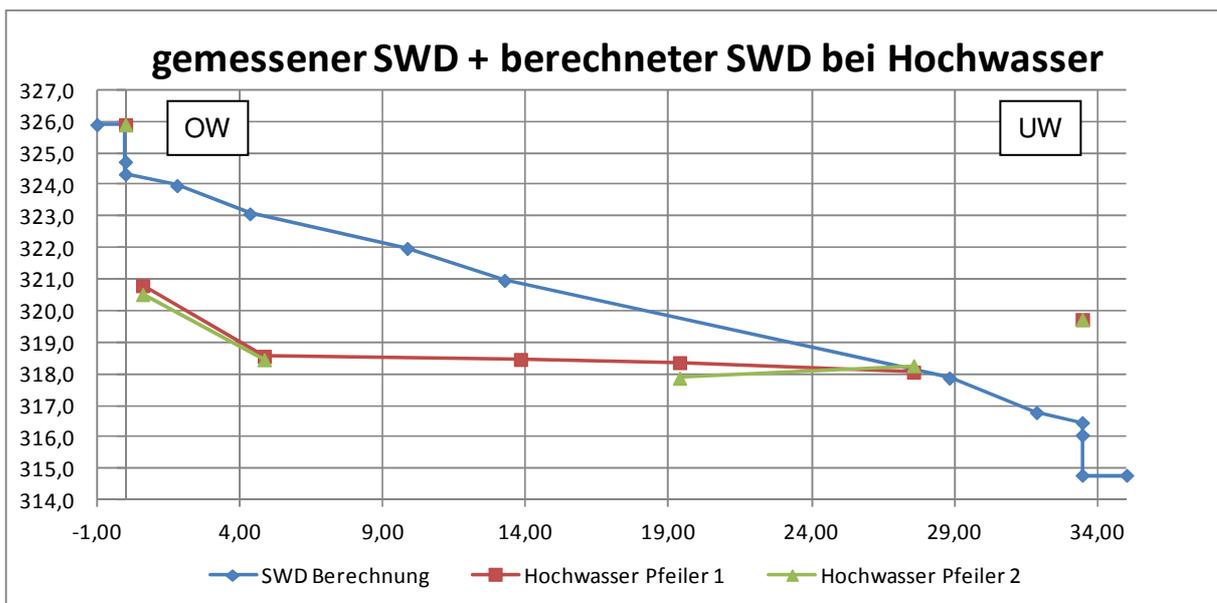


Diagramm 2: Sohlwasserdruck bei Hochwasser

Wie in den Diagrammen zu erkennen ist, sind die berechneten Sohlwasserdrücke sehr konservativ in den Nachweisen berücksichtigt. Eine Anpassung der rechnerischen Sohlwasserdrücke ist daher vertretbar. Weiterhin ist ersichtlich, dass bei Hochwasser der Sohlwasserdruck unter den Pfeilern nicht wesentlich ansteigt während der Unterwasserspiegel deutlich höher liegt (siehe Diagramm 2). Anscheinend ist der anstehenden Flinz unter der Wehrsohle relativ dicht, sodass dies bei Hochwasser kaum zu einem Anstieg des Sohlwasserdruckes führt.

Die folgenden beiden Diagramme zeigen die gemessenen Sohlwasserdrücke der Pfeiler 1 und 2 aus dem Jahr 2015. Dabei werden die minimalen, mittleren und maximalen Sohlwasserdrücke der jeweiligen Messpunkte aufgeführt. Die Sohlwasserdrücke liegen hier selbst bei höheren Unterwasserspiegeln ebenfalls niedriger als bei den berechneten.

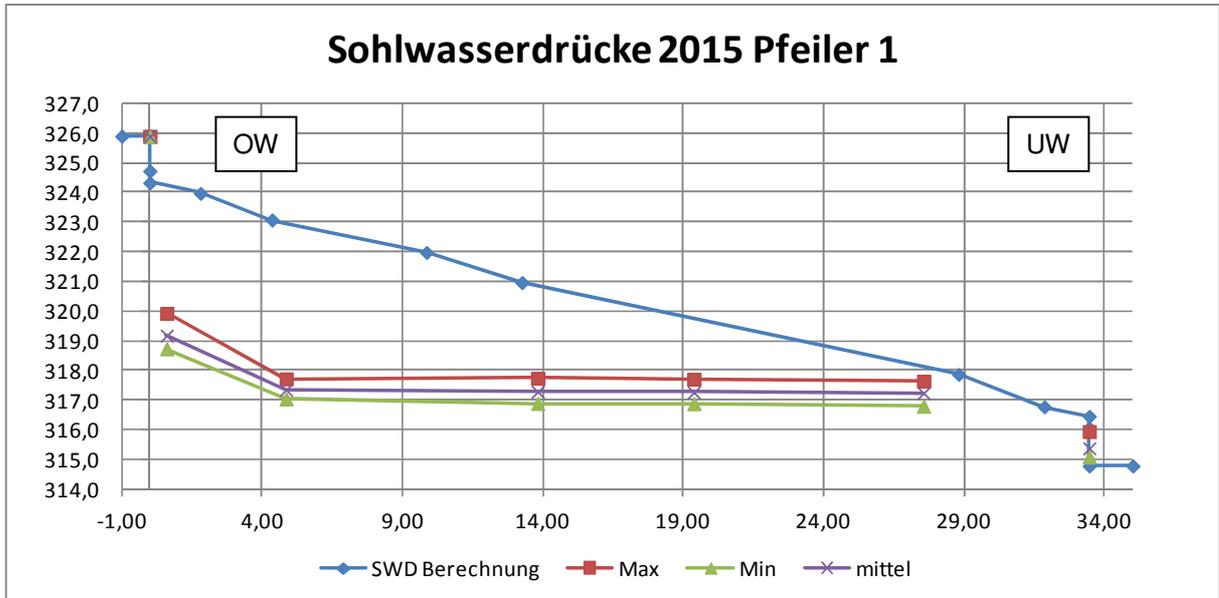


Diagramm 3: Sohlwasserdrücke 2015 Pfeiler 1

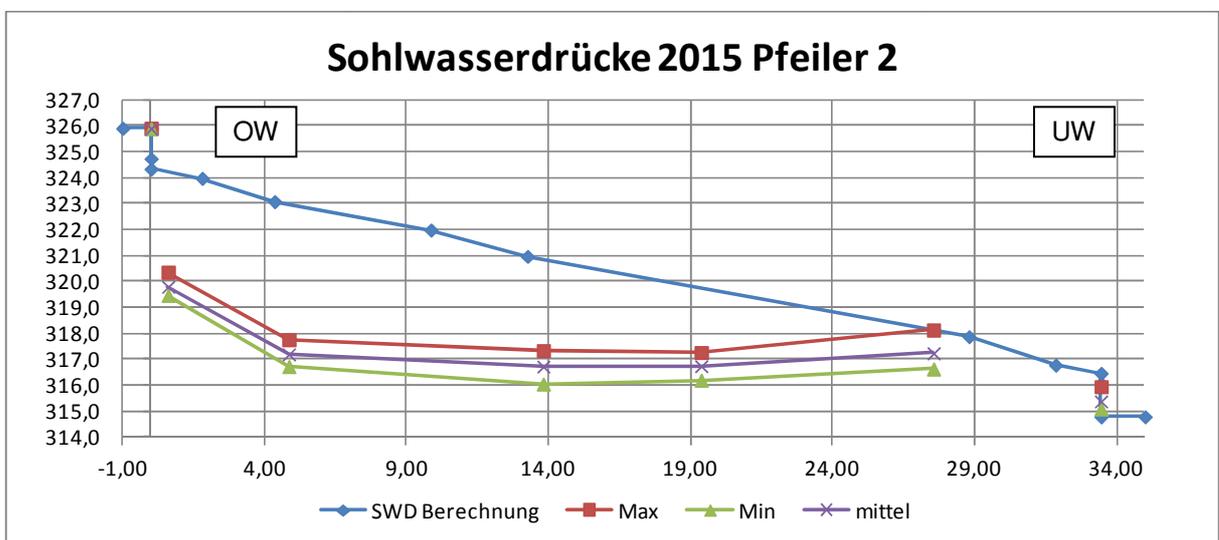


Diagramm 4: Sohlwasserdrücke 2015 Pfeiler 2

Für die Anpassung der Sohlwasserdrücke an die gemessenen Werte werden in den Berechnungen die folgenden Randbedingungen geändert:

- Die Unterkante der OW-Spundwand wird fiktiv auf +301,00 vertieft,
- der UW-Spundwand als durchlässig angesetzt und
- der Verlängerungsfaktor  $\lambda$  auf 10,0 erhöht.

Der sich daraus ergebende Sohlwasserdruckverlauf ist im folgenden Diagramm aufgeführt.

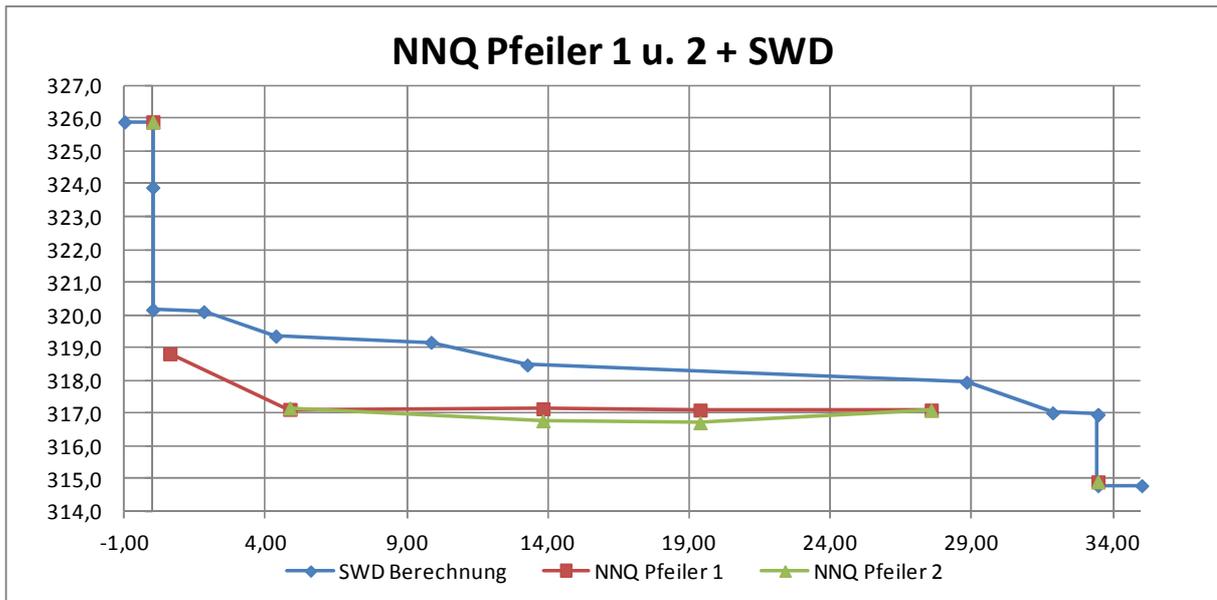


Diagramm 5: Angepasster Sohlwasserdruck

Auf der sicheren Seite liegend wurden jedoch die Sohlwasserdruckwerte in der Berechnung 10% höher als die gemessenen Werte angesetzt.

Die Nachweise der Gleitsicherheit sind mit den Sohlwasserdrücken entsprechend den gemessenen Werten erfüllt. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Tabelle 6: Ergebnisse Nachweis der Gleitsicherheit (Sohlwasserdrücke mit angepassten Werten)

Lastfall	$T_d$	$R_{T,d} + E_{pt,d}$	E/R	
Betrieb	120.330	125.229	0,96	< 1,00
Revision + NNQ	106.690	107.368	1,00	= 1,00
Revision + BHQ1	97.120	101.006	0,96	< 1,00

Eine weitere Tragreserve besteht in der Kohäsion des Flinkes. Diese wurde mit dem vorsichtigen Wert von 3,0 kN/m<sup>2</sup> angenommen. Die Ergebnisse in den Nachweisen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

*Tabelle 7: Ergebnisse Nachweis der Gleitsicherheit (mit angepasstem Sohlwasserdruck und Kohäsion)*

<b>Lastfall</b>	<b>T<sub>d</sub></b>	<b>R<sub>T,d</sub> + E<sub>pt,d</sub></b>	<b>E/R</b>	
Betrieb	120.330	131.469	0,92	< 1,00
Revision + NNQ	106.960	113.608	0,94	< 1,00
Revision + BHQ1	97.120	107.246	0,91	< 1,00

Die Berechnungen zum Gleitnachweis mit den angepassten Sohlwasserdrücken und der Berücksichtigung der Kohäsion sind in Anlage 12 bis Anlage 14 aufgeführt.

### 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 3 aufgeführt.

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

Zusammenfassung der Ergebnisse siehe Tabelle 8.

*Tabelle 8: Ergebnisse Nachweis gegen Aufschwimmen (Sohlwasserdrücke nach theoretischem Ansatz)*

<b>Lastfall</b>	<b>G<sub>dst</sub> · γ<sub>dst</sub></b>	<b>G<sub>stb</sub> · γ<sub>stb</sub></b>	<b>E/R</b>	
Betrieb	269.359	387.162	0,70	< 1,00
Revision + NNQ	269.359	352.012	0,77	< 1,00
Revision + BQH1	286.660	361.513	0,78	< 1,00

#### Nachweis für Hochwasser, BS-T

Bei Hochwasser ist der Nachweis gegen Aufschwimmen nicht maßgebend, da die Schützen geöffnet sind und die Wasserspiegel auf beiden Seiten der Schützen annähernd gleich sind. 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 in Anlage 10 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 9.

*Tabelle 9: Ergebnisse Nachweis gegen Kippen (Sohlwasserdrücke nach theoretischem Ansatz)*

Lastfall	e	e <sub>zul</sub>	E/R	
Betrieb	2,03	5,58	0,36	< 1,00
Revision + NNQ	1,31	11,15	0,12	< 1,00
Revision + BHQ1	3,30	11,15	0,30	< 1,00

### Nachweis für Hochwasser, BS-T

Bei Hochwasser ist der Nachweis gegen Kippen nicht maßgebend, da die Schützen geöffnet sind und die Wasserspiegel auf beiden Seiten der Schützen annähernd gleich sind. 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 Exzentrizität sind Anlage 11 aufgeführt.

## **5 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG**

Für die Wehranlage konnten alle Nachweise der globalen Standsicherheit unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten erbracht werden.

Die Wehranlage ist dementsprechend nach aktuellen Vorschriften standsicher.

## VERWENDETE UNTERLAGEN

- [1] Innwerk Töging, Staustufe Obernberg, Statische Berechnung für das Wehr;  
Ingenieurbüro Sauerteig, Neuhausener Str. 29/3, München, 17.06.1942  
(*Stauanlagenbuch Dokument GEO\_5\_3\_2\_\_1*)
- [2] Wehranlage Innstufe Ering, Neuötting, Gars, Teufelsbruck, Wasserburg -  
Sohlwasserdruckberechnung, Ingenieurbüro EDR GmbH, Dezember 1996  
(*Stauanlagenbuch Dokument 5\_3\_2\_\_25*)
- [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\_2\_\_8*)
- [4] Geologische Querprofile des Flußbettes an der Wehrstelle; Plan-Nr. BJ-  
11007; Innwerk AG, Töging am Inn; 15.9.1953  
(*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

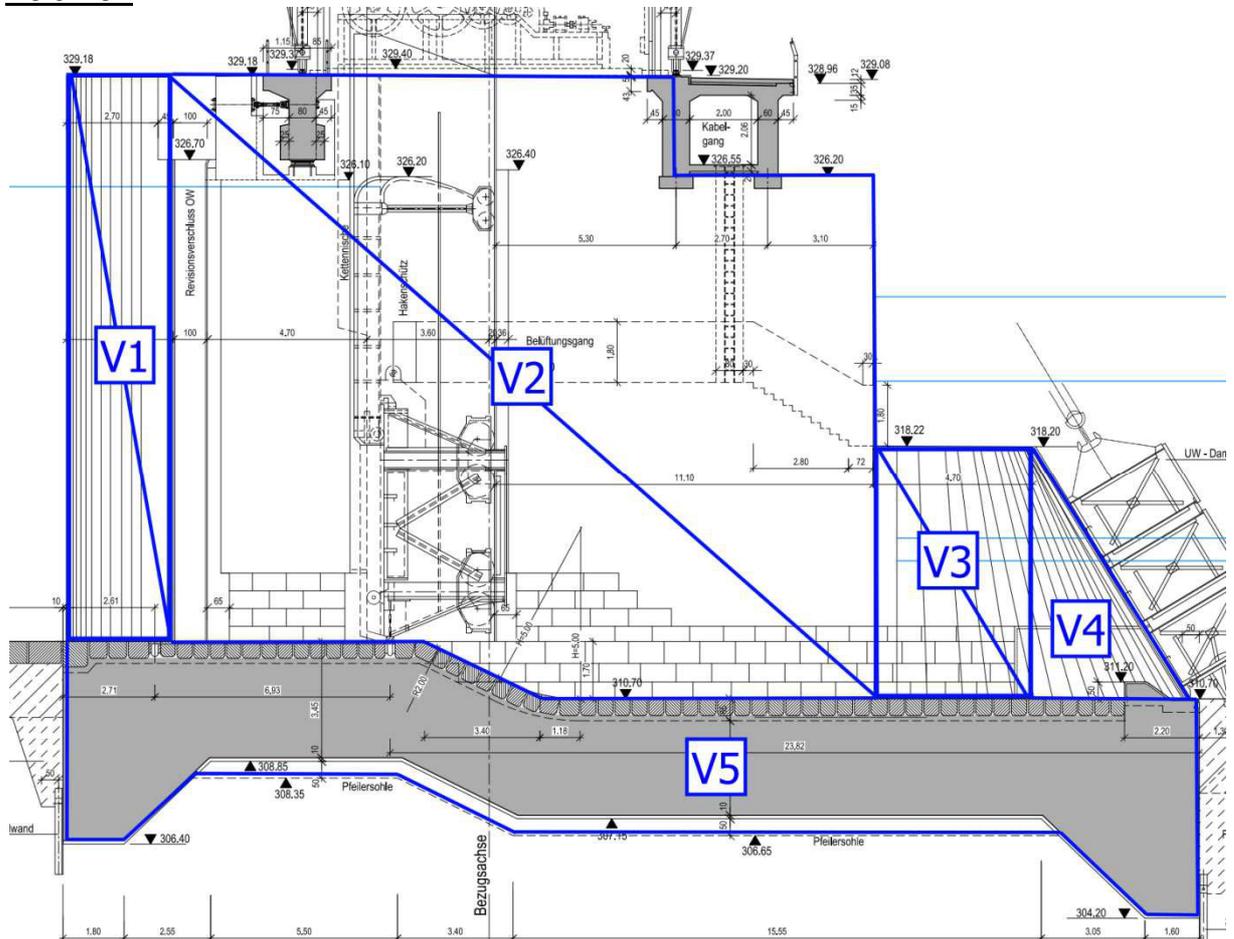
## **ANLAGENVERZEICHNIS**

Anlage 1	Eigengewichtslasten aus Wehrpfeiler, Wehrfeld und Stahlwasserbau
Anlage 2	Berechnung Erddruck
Anlage 3	Berechnung Sohlwasserdruck auf Pfeiler
Anlage 4	Berechnung Sohlwasserdruck auf Wehrfeld
Anlage 5	Berechnung Horizontaler Wasserdruck auf Pfeiler
Anlage 6	Berechnung Horizontaler Wasserdruck auf Wehrfeld
Anlage 7	Ermittlung Wasserauflasten
Anlage 8	Zusammenfassung Lasten aus Wasserdruck
Anlage 9	Berechnungen zum Nachweis gegen Gleiten
Anlage 10	Berechnungen zum Nachweis gegen Aufschwimmen
Anlage 11	Berechnungen zum Nachweis gegen Kippen
Anlage 12	Nachweis der Gleitsicherheit mit angepasstem Sohlwasserdruck, Betriebszustand
Anlage 13	Nachweis der Gleitsicherheit mit angepasstem Sohlwasserdruck, Revision + NNQ
Anlage 14	Nachweis der Gleitsicherheit mit angepasstem Sohlwasserdruck, Revision + BHQ1

**Anlage 1 Eigengewichtslasten aus Wehrpfeiler, Wehrfeld und Stahlwasserbau**

Wehrpfeiler, Nummerierung der Volumen und Flächen

Volumen





**Anlage 1**

Bauteil	Fläche [m²]	Dicke/Tiefe [m]	Volumen V <sub>i</sub> [m³]	Wichte [kN/m³]	V <sub>g,k,i</sub> [kN]	Hebelarm a <sub>i</sub> [m]	Moment M <sub>i</sub> [kNm]
V1	-	-	237,22	22,0	5.218,9	31,72	165.553,2
V2	347,72	6,00	2.086,32	22,0	45.899,0	20,05	920.275,8
V3	35,28	6,00	211,68	22,0	4.657,0	7,25	33.763,0
V4	-	-	33,00	22,0	726,0	3,43	2.492,6
V5	145,77	6,00	874,62	22,0	19.241,6	16,61	319.603,6
A1	4,25	2,80	11,90	-22,0	-261,8	29,80	-7.801,6
A2	14,3	2,00	28,60	-22,0	-629,2	29,70	-18.687,2
A3	6,17	6,00	37,02	-22,0	-814,4	26,53	-21.607,1
A4	72,24	3,40	245,62	-22,0	-5.403,6	22,85	-123.471,2
A5	1,21	2,60	3,15	-22,0	-69,2	23,39	-1.618,9
A6	17,86	0,70	12,50	-22,0	-275,0	18,09	-4.975,5
A7	6,74	0,70	4,72	-22,0	-103,8	11,35	-1.178,1
A8	3,44	1,05	3,61	-22,0	-79,5	13,83	-1.099,0
Windwerkhaus	35,1	6,00	210,60	22,0	4.633,2	20,90	96.833,9
	32,66	5,30	173,10	22,0	3.808,2	20,90	79.590,5
KBT OW	2,66	29,00	77,14	22,0	1.697,1	26,46	44.904,7
KBT UW	10,11	29,00	293,19	22,0	6.450,2	14,11	91.012,0
	4,06	29,00	117,74	-22,0	-2.590,3	14,00	-36.263,9

Wichte Beton gemäß Bestandsstatik = 22,0 kN/m³

ΣV <sub>g,k,i</sub> [kN]	Σa <sub>v,i</sub> [m]	ΣM <sub>v,g,k,i</sub> [kNm]
82.104	18,72	1.537.327

KBT...Kranbahnträger

**Berechnung von V1**

Radius	3,00 m
Grundfläche	14,14 m²
Höhe	16,78 m (329,18 - 312,40)
Volumen	237,22 m³
e <sub>r</sub>	1,27 m
a <sub>1</sub>	31,72 m

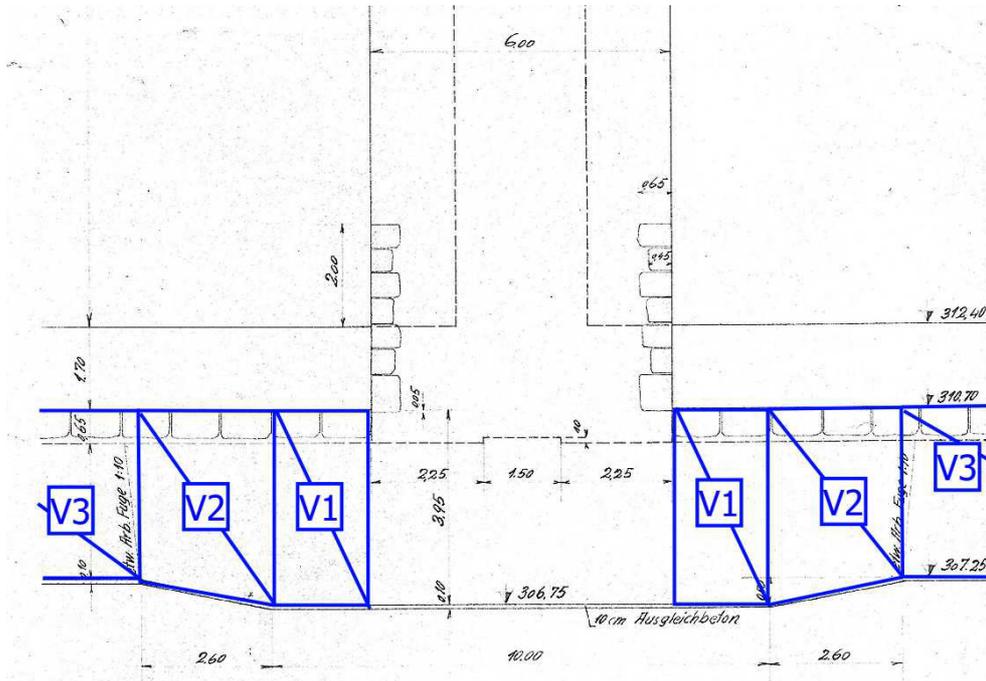
**Berechnung von V4 (2 Dreieckspyramiden)**

Länge	4,40 m
Breite	3,00 m
Höhe	7,50 m (318,20 - 310,70)
Volumen	33,00 m³ (V = 1/6 · L · H · B · 2)
e <sub>v4</sub>	2,93 m
a <sub>v4</sub>	3,43 m

- Tiefe A1 = 2 · 1,4 = 2,8 m
- Tiefe A2 = 2 · 1,0 = 2,0 m
- Tiefe A3 = 6,0 m
- Tiefe A4 = 2 · 1,7 = 3,4 m
- Tiefe A5 = 6,0 - 2 · 1,7 = 2,6 m
- Tiefe A6 = 0,7 m
- Tiefe A7 = 0,7 m
- Tiefe A8 = 1,05 m

KBT...Kranbahnträger

Wehrfeld, Beschriftung der Bauteile



Bauteil	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Dicke/Tiefe [m]	Volumen V <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> ]	Wichte [kN/m <sup>3</sup> ]	V <sub>g,k,i</sub> [kN]	Hebelarm a <sub>i</sub> [m]	Moment M <sub>i</sub> [kNm]
V1	145,77	4,00	583,1	22,0	12.827,8	16,61	213.069,1
V2	139,41	5,20	724,9	22,0	15.947,9	16,60	264.655,9
V3	133,04	13,80	1.836,0	22,0	40.390,9	16,58	669.681,9

ΣV <sub>g,k,i</sub> [kN]	Σa <sub>v,i</sub> [m]	ΣM <sub>v,g,k,i</sub> [kNm]
69.167	16,59	1.147.407

Berechnung Fläche von V1-V2

Fläche V1	145,77 m <sup>2</sup>	Querschnittsfläche Sohle unter Pfeiler
Fläche V3	133,04 m <sup>2</sup>	Querschnittsfläche Wehrfeld
Fläche V2	139,41 m <sup>2</sup>	Mittel aus V1 und V3
a <sub>v1</sub>	16,61 m	
a <sub>v3</sub>	16,58 m	
a <sub>v2</sub>	16,60 m	Mittel aus V1 und V3

Tiefe V1 = 2 · 2,0 = 4,0 m

Tiefe V2 = 2 · 2,6 = 5,2 m

Tiefe V3 = 13,8 m

## Lasten aus Stahlwasserbau

### Eigengewicht Schütztafeln

$G_{k,1} =$	<b>800</b> kN	Obertafel (75,0 + 5,0 to)
$G_{k,2} =$	<b>1.417</b> kN	Untertafel (136,0 + 5,7 to)
$G_{k,ges} =$	<b>2.217</b> kN	Gesamtgewicht
$a_{g,k} =$	<b>23,82</b> m	
$M_{g,k} =$	<b>52.809</b> kNm	

Lastangaben aus

"Berechnung des maschinellen Teiles der Wehranlage Obernberg am Inn"

Dortmunder Union Brückenbau-AG

Kom.Nr. 35031

### Eigengewicht Dammbalken OW

$G_{k,ges} =$	<b>2.400</b> kN	Gesamtgewicht
$a_{g,k} =$	<b>23,82</b> m	
$M_{g,k} =$	<b>57.168</b> kNm	

### Eigengewicht Dammbalken UW

$G_{k,ges} =$	<b>840</b> kN	Gesamtgewicht
$a_{g,k} =$	<b>2,70</b> m	
$M_{g,k} =$	<b>2.268</b> kNm	

**Anlage 2    Berechnung Erddruck**

Die Lasten aus Erddruck sind lastfallunabhängig.

**Eingangswerte**

OK Boden OW	312,40 m üNN
OK Boden UW	310,70 m üNN
UK Pfeiler	304,30 m üNN

**Bodenkennwerte Flinz (angenommen)**

$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>3</sup> ]
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 <sup>2</sup> ]	Pkt. unten	Randwert Trapez unten [kN/m <sup>2</sup> ]	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	23,7	8,10	2,70	96,1	259,5

**Horizontaler Erddruck von UW (als Widerstand für Gleitsicherheit)**

Pkt. oben	Randwert Trapez oben	Pkt. unten	Randwert Trapez unten [kN/m <sup>2</sup> ]	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	385,7	6,40	2,13	1.234,3	2.633,2

**Horizontaler Erddruck von UW (als Einwirkung für Kippsicherheit)**

Pkt. oben	Randwert Trapez oben	Pkt. unten	Randwert Trapez unten [kN/m <sup>2</sup> ]	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	18,7	6,40	2,13	60,0	128,0

**Breitenbezug****Pfeiler**

$$b_{PF, Einfluss} = 6,00 \text{ m}$$

$$E_{agh,k,PF,OW} = b_{PF, Einfluss} * E_{agh,k} = 577 \text{ kN}$$

$$M_{agh,k,PF,OW} = 1.557 \text{ kNm}$$

$$a_{e,agh,PF,OW} = 2,70 \text{ m}$$

$$E_{ph,k,PF,UW} = b_{PF, Einfluss} * E_{ph,k} = 7.406 \text{ kN}$$

$$E_{agh,k,PF,UW} = b_{PF, Einfluss} * E_{agh,k} = 360 \text{ kN}$$

$$M_{agh,k,PF,UW} = 768 \text{ kNm}$$

$$a_{e,agh,PF,UW} = 2,13 \text{ m}$$

**Wehrfeld**

$$b_{WF, Einfluss} = 23,00 \text{ m}$$

$$E_{agh,k,WF,OW} = b_{WF, Einfluss} * E_{agh,k} = 2.210 \text{ kN}$$

$$M_{agh,k,PF,OW} = 5.968 \text{ kNm}$$

$$a_{e,agh,WF,OW} = 2,70 \text{ m}$$

$$E_{ph,k,WF,UW} = b_{WF, Einfluss} * E_{ph,k} = 28.390 \text{ kN}$$

$$E_{agh,k,WF,UW} = b_{WF, Einfluss} * E_{agh,k} = 1.380 \text{ kN}$$

$$M_{agh,k,PF,UW} = 2.944 \text{ kNm}$$

$$a_{e,agh,WF,UW} = 2,13 \text{ m}$$

**Anlage 3    Berechnung Sohlwasserdruck auf Pfeiler**



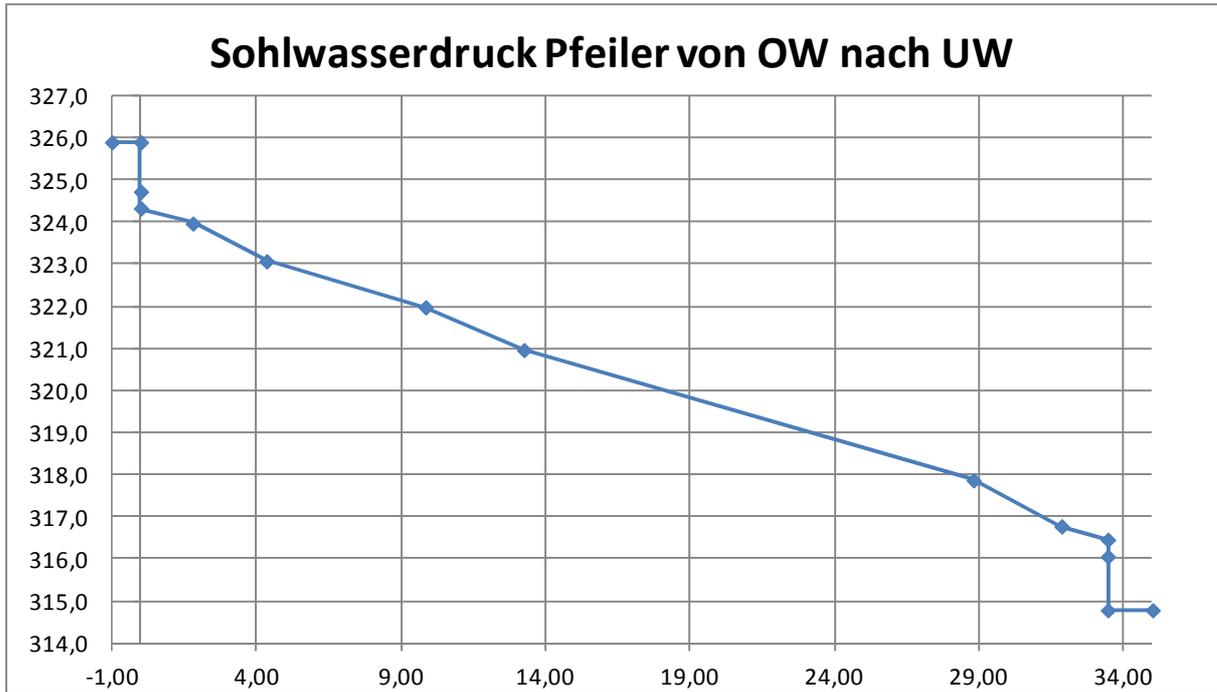
Lastfall „Betrieb“

Eingangswerte:	WSP OW	325,90
	WSP UW	314,79
	Z <sub>Boden,OW</sub>	11,11
	Z <sub>Boden,UW</sub>	13,50
	UK Pfeiler	304,30
	λ [-]	1,0

Δh [m] =	11,11
h <sub>o</sub> [m] =	13,50
h <sub>u</sub> [m] =	4,09
λ [-] =	1,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L <sub>i</sub> [m]	ΔhL <sub>i</sub> /L <sub>ges</sub> [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	5,90	0,00	5,90	0,43	18,23
1.1	305,50	6,90	0,00	20,40	1,00	6,90	6,90	0,00	6,90	0,51	19,03
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	1,00	7,90	7,90	0,00	7,90	0,58	17,83
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	7,90	7,90	1,80	9,70	0,71	17,47
3	308,45	3,95	2,55	17,45	1,95	9,85	9,85	4,35	14,20	1,04	14,63
4	308,45	3,95	5,50	17,45	0,00	9,85	9,85	9,85	19,70	1,44	13,53
5	306,75	5,65	3,40	19,15	1,70	11,55	11,55	13,25	24,80	1,82	14,22
6	306,75	5,65	15,55	19,15	0,00	11,55	11,55	28,80	40,35	2,95	11,12
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,45	14,00	14,00	31,85	45,85	3,36	12,48
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	14,00	14,00	33,45	47,45	3,47	12,16
8.1	303,30	9,10	0,00	22,60	1,00	15,00	15,00	33,45	48,45	3,55	12,96
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	1,00	16,00	16,00	33,45	49,45	3,62	11,76
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	22,40	22,40	33,45	55,85	4,09	4,09

Kontrolle d. Länge:	33,45	m
$L_i' = \lambda \cdot \Sigma L_{v,i} + \Sigma L_{h,i} \quad L_{ges}' = \lambda \cdot \Sigma L_{v,ges} + \Sigma L_{h,ges}$		
$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		
$p_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + Z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L_i'}{L_{ges}'} \right)$		



### Resultierender Sohlenwasserdruck Pfeiler

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	13,50	1	18,23	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	18,23	1.1	19,03	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	19,03	1.2	17,83	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	17,83	2	17,47	1,80	317,7	31,65	32,55	10.341,8
2	17,47	3	14,63	2,55	409,2	29,10	30,41	12.445,5
3	14,63	4	13,53	5,50	774,3	23,60	26,39	20.430,4
4	13,53	5	14,22	3,40	471,7	20,20	21,89	10.323,9
5	14,22	6	11,12	15,55	1.970,2	4,65	12,74	25.102,8
6	11,12	7	12,48	3,05	359,9	1,60	3,10	1.114,3
7	12,48	8	12,16	1,60	197,1	0,00	0,80	158,4
8	12,16	8.1	12,96	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	12,96	8.2	11,76	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	11,76	9	4,09	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

<b>Summen Sohle</b>	$\sum b_i$ [m]	$\sum V_{so,i}$ [kN/m]
	33,45	4.500,2

$\sum a_{V,so,i}$ [m]	$\sum M_{V,so,i}$ [kNm/m]
17,76	79.917,1

Lastfall „**Revision + NNQ**“

Sohlwasserdruck wie bei Lastfall „Betrieb“

Lastfall „Revision + BHQ1“ (UW = 316,50)

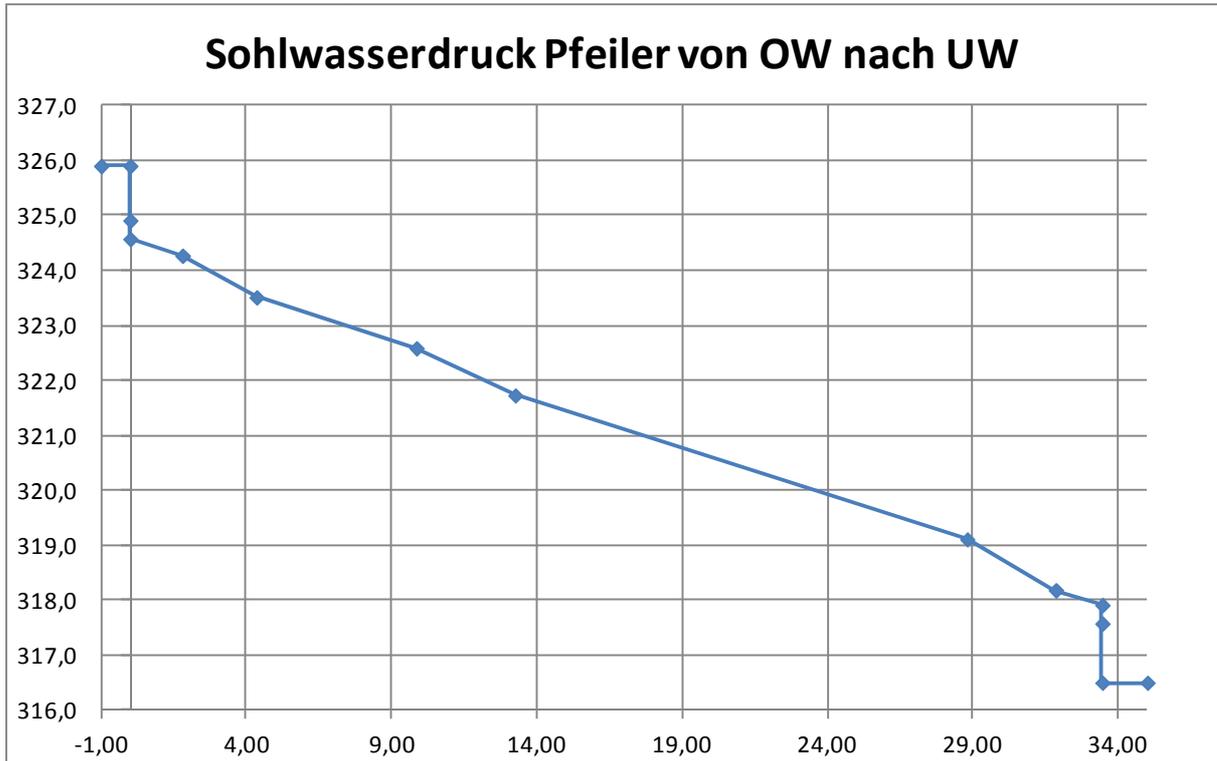
Eingangswerte:		WSP OW	325,90			Δh [m] =	9,40
		WSP UW	316,50			h <sub>o</sub> [m] =	13,50
		Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40			h <sub>u</sub> [m] =	5,80
		Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70			λ [-] =	1,0
		UK Pfeiler	304,30				

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L <sub>i</sub> [m]	Δh L <sub>i</sub> /L <sub>ges</sub> [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	5,90	0,00	5,90	0,61	18,41
1.1	305,50	6,90	0,00	20,40	1,00	6,90	6,90	0,00	6,90	0,72	19,24
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	1,00	7,90	7,90	0,00	7,90	0,82	18,07
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	7,90	7,90	1,80	9,70	1,01	17,77
3	308,45	3,95	2,55	17,45	1,95	9,85	9,85	4,35	14,20	1,47	15,06
4	308,45	3,95	5,50	17,45	0,00	9,85	9,85	9,85	19,70	2,05	14,13
5	306,75	5,65	3,40	19,15	1,70	11,55	11,55	13,25	24,80	2,58	14,98
6	306,75	5,65	15,55	19,15	0,00	11,55	11,55	28,80	40,35	4,19	12,36
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,45	14,00	14,00	31,85	45,85	4,76	13,88
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	14,00	14,00	33,45	47,45	4,93	13,61
8.1	303,30	9,10	0,00	22,60	1,00	15,00	15,00	33,45	48,45	5,03	14,45
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	1,00	16,00	16,00	33,45	49,45	5,14	13,28
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	22,40	22,40	33,45	55,85	5,80	5,80

Kontrolle d. Länge:	33,45	m	$L_i = \lambda \sum L_{v,i} + \sum L_{h,i}$	$L_{ges} = \lambda \sum L_{v,ges} + \sum L_{h,ges}$	$p_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + Z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L_i}{L_{ges}} \right)$
			$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		



### Resultierender Sohlenwasserdruck Pfeiler

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	13,50	1	18,41	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	18,41	1.1	19,24	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	19,24	1.2	18,07	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	18,07	2	17,77	1,80	322,5	31,65	32,55	10.499,5
2	17,77	3	15,06	2,55	418,5	29,10	30,41	12.728,1
3	15,06	4	14,13	5,50	802,8	23,60	26,38	21.178,3
4	14,13	5	14,98	3,40	494,9	20,20	21,88	10.829,7
5	14,98	6	12,36	15,55	2.125,3	4,65	12,67	26.933,9
6	12,36	7	13,88	3,05	400,2	1,60	3,10	1.238,8
7	13,88	8	13,61	1,60	220,0	0,00	0,80	176,6
8	13,61	8.1	14,45	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	14,45	8.2	13,28	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	13,28	9	5,80	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

<b>Summen Sohle</b>	$\sum b_i$ [m]	$\sum V_{so,i}$ [kN/m]	$\sum a_{v,so,i}$ [m]	$\sum M_{V,so,i}$ [kNm/m]
	33,45	4.784,2	17,47	83.584,8

**Anlage 4    Berechnung Sohlwasserdruck auf Wehrfeld**

Lastfall „Betrieb“

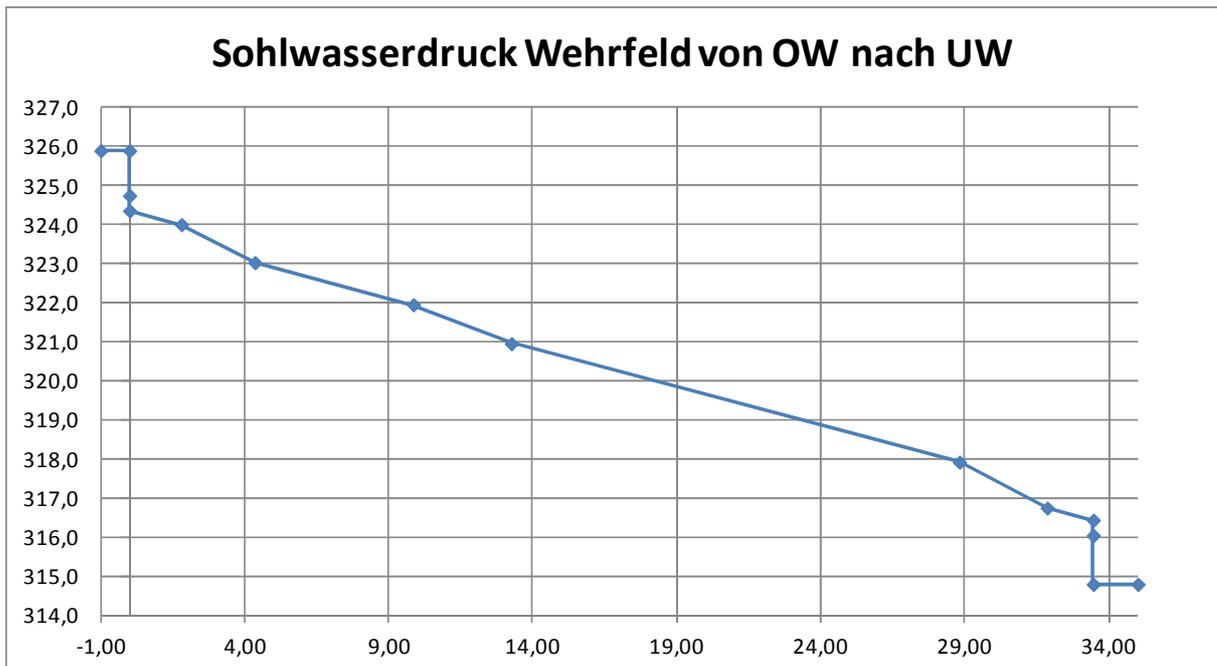
Eingangswerte:	WSP OW	325,90
	WSP UW	314,79
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70
	UK Pfeiler	304,30

$\Delta h$ [m] =	11,11
$h_o$ [m] =	13,50
$h_u$ [m] =	4,09
$\lambda$ [-] =	1,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L <sub>i</sub> [m]	Δh L <sub>i</sub> ' / L <sub>ges</sub> [m]	P <sub>so,i</sub> / ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	5,90	0,00	5,90	0,42	18,25
1.1	305,50	6,90	0,00	20,40	1,00	6,90	6,90	0,00	6,90	0,50	19,05
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	1,00	7,90	7,90	0,00	7,90	0,57	17,86
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	7,90	7,90	1,80	9,70	0,70	17,50
3	308,95	3,45	2,55	16,95	2,45	10,35	10,35	4,35	14,70	1,06	14,08
4	308,95	3,45	5,50	16,95	0,00	10,35	10,35	9,85	20,20	1,45	13,00
5	307,25	5,15	3,40	18,65	1,70	12,05	12,05	13,25	25,30	1,82	13,71
6	307,25	5,15	15,55	18,65	0,00	12,05	12,05	28,80	40,85	2,94	10,67
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,95	15,00	15,00	31,85	46,85	3,37	12,44
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	15,00	15,00	33,45	48,45	3,49	12,13
8.1	303,30	9,10	0,00	22,60	1,00	16,00	16,00	33,45	49,45	3,56	12,94
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	1,00	17,00	17,00	33,45	50,45	3,63	11,74
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	23,40	23,40	33,45	56,85	4,09	4,09

Kontrolle d. Länge:	33,45	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 Sohlenwasserdruck Wehrfeld

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	13,50	1	18,25	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	18,25	1.1	19,05	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	19,05	1.2	17,86	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	17,86	2	17,50	1,80	318,2	31,65	32,55	10.359,8
2	17,50	3	14,08	2,55	402,7	29,10	30,42	12.249,5
3	14,08	4	13,00	5,50	744,7	23,60	26,39	19.649,7
4	13,00	5	13,71	3,40	454,0	20,20	21,89	9.936,6
5	13,71	6	10,67	15,55	1.895,0	4,65	12,75	24.157,3
6	10,67	7	12,44	3,05	352,4	1,60	3,09	1.087,6
7	12,44	8	12,13	1,60	196,6	0,00	0,80	158,0
8	12,13	8.1	12,94	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	12,94	8.2	11,74	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	11,74	9	4,09	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

<b>Summen Sohle</b>	$\sum b_i$ [m]	$\sum V_{so,i}$ [kN/m]	$\sum a_{v,so,i}$ [m]	$\sum M_{v,so,i}$ [kNm/m]
	33,45	4.363,7	17,78	77.598,5

Lastfall „**Revision + NNQ**“

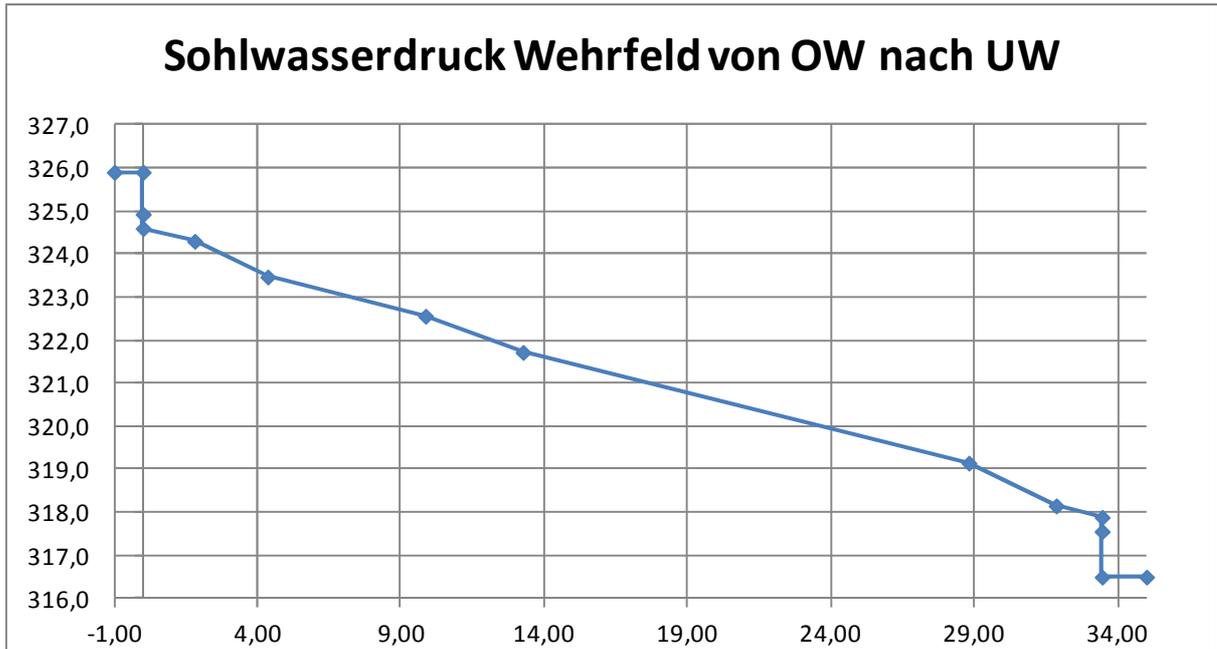
Sohlwasserdruck wie bei Lastfall „Betrieb“

Lastfall „Revision + BHQ1“ (UW = 316,50)

Eingangswerte:	WSP OW	325,90
	WSP UW	316,50
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70
	UK Pfeiler	304,30
	Δh [m] =	9,40
	h <sub>o</sub> [m] =	13,50
	h <sub>u</sub> [m] =	5,80
	λ [-] =	1,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L <sub>i</sub> [m]	Δh L <sub>i</sub> /L <sub>ges</sub> [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	5,90	0,00	5,90	0,60	18,42
1.1	305,50	6,90	0,00	20,40	1,00	6,90	6,90	0,00	6,90	0,70	19,26
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	1,00	7,90	7,90	0,00	7,90	0,81	18,09
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	7,90	7,90	1,80	9,70	0,99	17,80
3	308,95	3,45	2,55	16,95	2,45	10,35	10,35	4,35	14,70	1,50	14,52
4	308,95	3,45	5,50	16,95	0,00	10,35	10,35	9,85	20,20	2,06	13,61
5	307,25	5,15	3,40	18,65	1,70	12,05	12,05	13,25	25,30	2,58	14,47
6	307,25	5,15	15,55	18,65	0,00	12,05	12,05	28,80	40,85	4,17	11,90
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,95	15,00	15,00	31,85	46,85	4,78	13,85
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	15,00	15,00	33,45	48,45	4,94	13,59
8.1	303,30	9,10	0,00	22,60	1,00	16,00	16,00	33,45	49,45	5,05	14,42
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	1,00	17,00	17,00	33,45	50,45	5,15	13,26
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	23,40	23,40	33,45	56,85	5,80	5,80

Kontrolle d. Länge:	33,45	m
$L_i' = \lambda \Sigma L_{v,i} + \Sigma L_{h,i} \quad L_{ges}' = \lambda \Sigma L_{v,ges} + \Sigma L_{h,ges}$		
$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		
$p_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L_i'}{L_{ges}'} \right)$		



### Resultierender Sohlenwasserdruck Wehrfeld

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	13,50	1	18,42	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	18,42	1.1	19,26	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	19,26	1.2	18,09	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	18,09	2	17,80	1,80	323,0	31,65	32,55	10.514,7
2	17,80	3	14,52	2,55	412,0	29,10	30,42	12.533,0
3	14,52	4	13,61	5,50	773,6	23,60	26,38	20.406,2
4	13,61	5	14,47	3,40	477,3	20,20	21,88	10.444,7
5	14,47	6	11,90	15,55	2.049,7	4,65	12,68	25.985,2
6	11,90	7	13,85	3,05	392,7	1,60	3,09	1.211,9
7	13,85	8	13,59	1,60	219,5	0,00	0,80	176,2
8	13,59	8.1	14,42	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	14,42	8.2	13,26	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	13,26	9	5,80	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
<b>Summen Sohle</b>				$\sum b_i$ [m]	$\sum V_{so,i}$ [kN/m]		$\sum a_{v,so,i}$ [m]	$\sum M_{v,so,i}$ [kNm/m]
				33,45	4.647,8		17,49	81.271,9

**Anlage 5    Berechnung Horizontaler Wasserdruck auf Pfeiler**

Lastfall „Betrieb“

WSP OW	325,90	$h_{ges,OW}$ [m] =	21,60
WSP UW	314,79	$h_{ges,UW}$ [m] =	10,49
UK KW	304,30	$h_{z,ges}$ [m] =	8,10 ( $Z_{Boden,OW} - UK_{KW}$ )

Horizontaler Wasserdruck von OW auf Pfeiler

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8	
0	13,50	1	18,23	5,90	2,80	5,00	935,9	4.682,9	
1		1.1							
1.1		1.2							
1.2	17,83	2	17,47	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0	
2	17,47	3	14,63	-1,95	-1,00	3,15	-312,9	-984,5	
3	14,63	4	13,53	0,00	0,00	4,15	0,0	0,0	
4	13,53	5	14,22	1,70	0,84	3,29	235,9	776,7	
5	14,22	6	11,12	0,00	0,00	2,45	0,0	0,0	
6	11,12	7	12,48	2,45	1,20	1,20	289,1	347,4	
7	12,48	8	12,16	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	
8		8.1							
Punkte WSP OW bis 0 und 0 bis 7						<b>Summen OW</b>	$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{ow,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{wh,ow,1,i}$ [kNm/m]
							7,92	2.059,2	16.304,2

Horizontaler Wasserdruck von UW auf Pfeiler

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	4,09	4,09	1,36	7,76	83,6	649,3	
9	4,09	8.2	11,76	6,40	2,68	2,68	507,3	1.361,5	
8.2		8.1							
Punkte 8 bis 9 und 9 bis WSP UW						<b>Summen UW</b>	$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{uw,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{uw,1,i}$ [kNm/m]
							3,40	590,9	2.010,8

Lastfall „Revision + NNQ“

Horizontaler Wasserdruck wie bei Lastfall „Betrieb“

Lastfall „Revision + BHQ1“

WSP OW	325,90	$h_{ges,OW}$ [m] =	21,60
WSP UW	316,50	$h_{ges,UW}$ [m] =	12,20
UK KW	304,30	$h_{z,ges}$ [m] =	8,10 ( $Z_{Boden,OW} - UK_{KW}$ )

Horizontaler Wasserdruck von OW auf Pfeiler

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8	
0	13,50	1	18,41	5,90	2,80	5,00	941,3	4.705,1	
1		1.1							
1.1		1.2							
1.2	18,07	2	17,77	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0	
2	17,77	3	15,06	-1,95	-1,00	3,15	-320,1	-1.007,6	
3	15,06	4	14,13	0,00	0,00	4,15	0,0	0,0	
4	14,13	5	14,98	1,70	0,84	3,29	247,4	814,5	
5	14,98	6	12,36	0,00	0,00	2,45	0,0	0,0	
6	12,36	7	13,88	2,45	1,20	1,20	321,5	386,2	
7	13,88	8	13,61	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	
8		8.1							
Punkte WSP OW bis 0 und 0 bis 7						<b>Summen OW</b>	$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{ow,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{wh,ow,1,i}$ [kNm/m]
							7,79	2.101,3	16.379,9

Horizontaler Wasserdruck von UW auf Pfeiler

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	5,80	5,80	1,93	8,33	168,2	1.401,7	
9	5,80	8.2	13,28	6,40	2,78	2,78	610,5	1.698,3	
8.2		8.1							
Punkte 8 bis 9 und 9 bis WSP UW						<b>Summen UW</b>	$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{uw,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{uw,1,i}$ [kNm/m]
							3,98	778,7	3.099,9

**Anlage 6    Berechnung Horizontaler Wasserdruck auf Wehrfeld**

Lastfall „Betrieb“

WSP OW	325,90	$h_{ges,OW}$ [m] =	21,60
WSP UW	314,79	$h_{ges,UW}$ [m] =	10,49
UK KW	304,30	$h_{z,ges}$ [m] =	8,10 ( $Z_{Boden,OW} - UK_{KW}$ )

Horizontaler Wasserdruck von OW auf Wehrfeld

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8	
0	13,50	1	18,25	5,90	2,80	5,00	936,5	4.685,5	
1		1.1							
1.1		1.2							
1.2	17,86	2	17,50	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0	
2	17,50	3	14,08	-2,45	-1,27	3,38	-386,9	-1.307,9	
3	14,08	4	13,00	0,00	0,00	4,65	0,0	0,0	
4	13,00	5	13,71	1,70	0,84	3,79	227,0	861,0	
5	13,71	6	10,67	0,00	0,00	2,95	0,0	0,0	
6	10,67	7	12,44	2,95	1,44	1,44	340,9	489,9	
7	12,44	8	12,13	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	
8		8.1							
Punkte WSP OW bis 0 und 0 bis 7						<b>Summen OW</b>	$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{ow,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{wh,ow,1,i}$ [kNm/m]
							7,99	2.028,8	16.210,2

Horizontaler Wasserdruck von UW auf Wehrfeld

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	4,09	4,09	1,36	7,76	83,6	649,3	
9	4,09	8.2	11,74	6,40	2,68	2,68	506,6	1.359,9	
8.2		8.1							
Punkte 8 bis 9 und 9 bis WSP UW						<b>Summen UW</b>	$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{uw,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{uw,1,i}$ [kNm/m]
							3,40	590,2	2.009,3

Lastfall „Revision + NNQ“

Horizontaler Wasserdruck wie bei Lastfall „Betrieb“

Lastfall „Revision + BHQ1“

WSP OW	325,90	$h_{ges,OW}$ [m] =	21,60
WSP UW	316,50	$h_{ges,UW}$ [m] =	12,20
UK KW	304,30	$h_{z,ges}$ [m] =	8,10 ( $Z_{Boden,OW} - UK_{KW}$ )

**Horizontaler Wasserdruck von OW auf Wehrfeld**

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8
0	13,50	1	18,42	5,90	2,80	5,00	941,8	4.707,3
1		1.1						
1.1		1.2						
1.2	18,09	2	17,80	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0
2	17,80	3	14,52	-2,45	-1,27	3,38	-395,9	-1.339,4
3	14,52	4	13,61	0,00	0,00	4,65	0,0	0,0
4	13,61	5	14,47	1,70	0,84	3,79	238,7	904,8
5	14,47	6	11,90	0,00	0,00	2,95	0,0	0,0
6	11,90	7	13,85	2,95	1,44	1,44	379,8	546,0
7	13,85	8	13,59	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
8		8.1						
Summen OW						$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{ow,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{wh,ow,1,i}$ [kNm/m]
Punkte WSP OW bis 0 und 0 bis 7						7,85	2.075,6	16.300,4

**Horizontaler Wasserdruck von UW auf Wehrfeld**

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	5,80	5,80	1,93	8,33	168,2	1.401,7
9	5,80	8.2	13,26	6,40	2,78	2,78	609,9	1.697,0
8.2		8.1						
Summen UW						$\sum a_{h,k,ow,i}$ [m]	$\sum H_{uw,1,i}$ [kN/m]	$\sum M_{uw,1,i}$ [kNm/m]
Punkte 8 bis 9 und 9 bis WSP UW						3,98	778,1	3.098,7

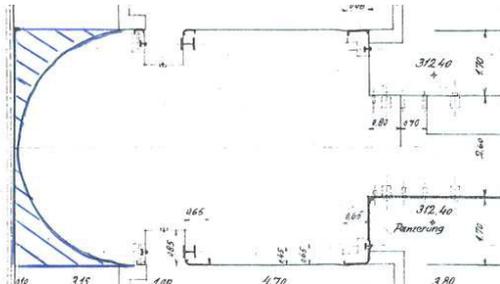
**Anlage 7    Ermittlung Wasserauflasten**

Lastfall „Betrieb“

Eingangswerte:	WSP OW	325,90	OW1	312,40	UW1	312,40
	WSP UW	314,79	OW2	312,40	UW2	312,40
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40			UW3	310,70
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70			UW4	310,70

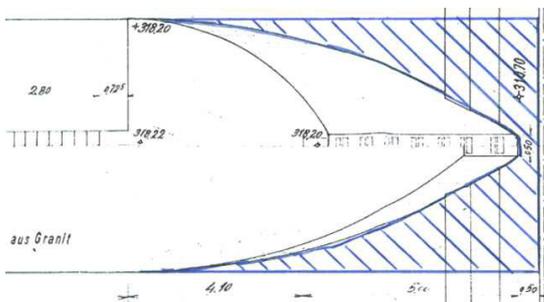
Wasserauflast Pfeiler im OW

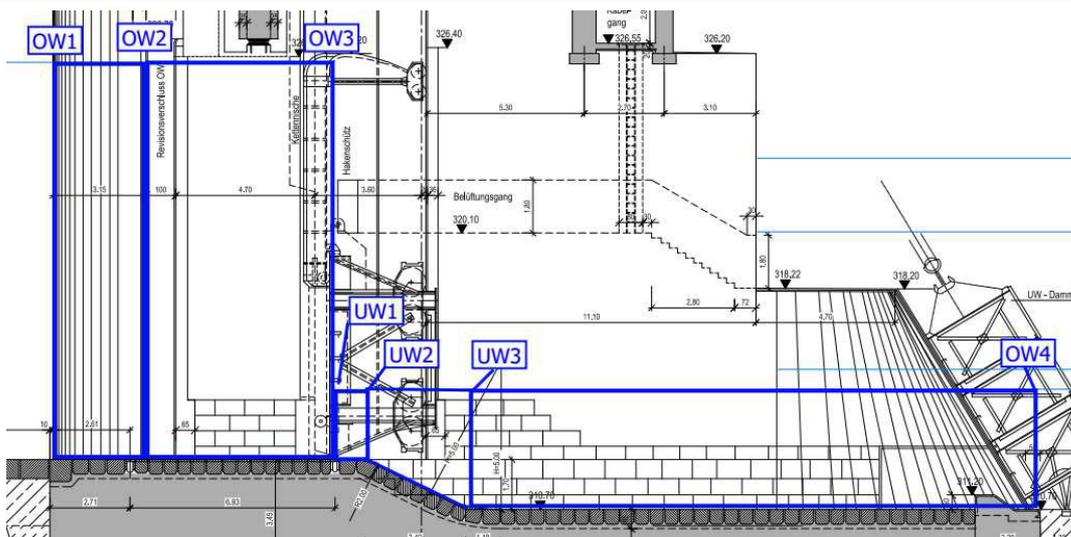
Flächen-Nr.	Flächenbreite b <sub>i</sub> [m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Wasserhöhe [m]	Schwerpunkt Fläche [m]	b <sub>ges</sub> - Σ b <sub>i</sub> [m]	Hebelarm a <sub>h,OW,1,i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>k,i</sub> [kN]	Teilmom. M <sub>v,k,OW,i</sub> [kNm]
1	3,00	1,93	13,50	2,33	30,45	32,78	260,74	8.547,0
<b>Summen OW</b>						Σ a <sub>v,k,OW,i</sub> [m]	Σ V <sub>k,OW,i</sub> [kN]	Σ M <sub>v,k,OW,i</sub> [kNm]
						32,78	260,7	8.547,0



Wasserauflast Pfeiler im UW

Flächen-Nr.	Wasserhöhe [m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Schwerpunkt Fläche [m]	Hebelarm a <sub>h,UW,1,i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>k,i</sub> [kN]	Teilmom. M <sub>v,k,UW,i</sub> [kNm]
1	2,39	19,08	2,34	2,34	456,01	1.067,1
<b>Summen UW</b>				Σ a <sub>v,k,UW,i</sub> [m]	Σ V <sub>k,UW,i</sub> [kN]	Σ M <sub>v,k,UW,i</sub> [kNm]
				2,34	456,0	1.067,1





**Wasserauflast 1 Wehrfeld im OW (Vorderkante Wehrfeld bis Vorderkante RV-Nische)**

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	13,50	OW2	13,50	3,15	1,58	30,30	31,88	425,25	13.554,8
Summen OW							$\sum a_{v,k,ow,i}$ [m]	$\sum V_{k,ow,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,ow,i}$ [kNm/m]
							31,88	425,3	13.554,8

**Wasserauflast 2 Wehrfeld im OW (Vorderkante RV-Nische bis Stauschütz)**

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]
OW2	13,50	OW3	13,50	5,70	2,85	24,60	27,45	769,5	21.122,8
Summen OW							$\sum a_{v,k,ow,i}$ [m]	$\sum V_{k,ow,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,ow,i}$ [kNm/m]
							27,45	769,5	21.122,8

**Wasserauflast Wehrfeld 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	2,39	UW2	2,39	1,00	0,50	23,60	24,10	23,9	576,0
UW2	2,39	UW3	4,09	3,40	1,55	20,20	21,75	110,16	2.396,1
UW3	4,09	UW4	4,09	20,20	10,10	0,00	10,10	826,18	8.344,4
Summen UW				$\sum b_i$ [m]					
				24,60	$\sum a_{v,k,uw,i}$ [m]	$\sum V_{k,uw,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,uw,i}$ [kNm/m]		
					11,79	960,2	11.316,5		

Lastfall „Revision + NNQ“

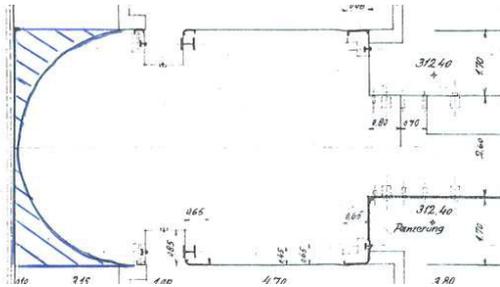
Wasserauflast wie bei Lastfall „Betrieb“

Lastfall „Revision + BHQ1“

Eingangswerte:	WSP OW	325,90	OW1	312,40	UW1	312,40
	WSP UW	316,50	OW2	312,40	UW2	312,40
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40			UW3	310,70
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70			UW4	310,70

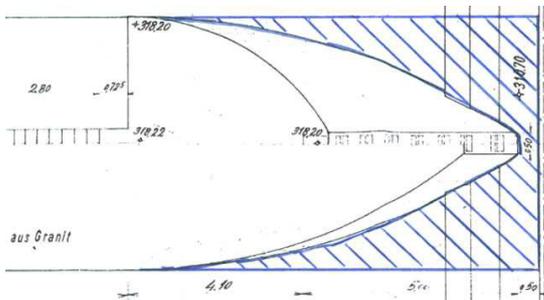
Wasserauflast Pfeiler im OW

Flächen-Nr.	Flächenbreite b <sub>i</sub> [m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Wasserhöhe [m]	Schwerpunkt Fläche [m]	b <sub>ges</sub> - Σ b <sub>i</sub> [m]	Hebelarm a <sub>h,OW,1,i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>k,i</sub> [kN]	Teilmom. M <sub>v,k,OW,i</sub> [kNm]	
1	3,00	1,93	13,50	2,33	30,45	32,78	260,74	8.547,0	
<b>Summen OW</b>							Σ a <sub>v,k,OW,i</sub> [m]	Σ V <sub>k,OW,i</sub> [kN]	Σ M <sub>v,k,OW,i</sub> [kNm]
							32,78	260,7	8.547,0



Wasserauflast Pfeiler im UW

Flächen-Nr.	Wasserhöhe [m]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Schwerpunkt Fläche [m]	Hebelarm a <sub>h,UW,1,i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>k,i</sub> [kN]	Teilmom. M <sub>v,k,UW,i</sub> [kNm]	
1	4,10	19,08	2,34	2,34	782,28	1.830,5	
<b>Summen UW</b>					Σ a <sub>v,k,UW,i</sub> [m]	Σ V <sub>k,UW,i</sub> [kN]	Σ M <sub>v,k,UW,i</sub> [kNm]
					2,34	782,3	1.830,5



**Wasserauflast 1 Wehrfeld im OW (Vorderkante Wehrfeld bis Vorderkante RV-Nische)**

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	13,50	OW2	13,50	3,15	1,58	30,30	31,88	425,25	13.554,8
Summen OW							$\sum a_{v,k,OW,i}$ [m]	$\sum V_{k,OW,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,OW,i}$ [kNm/m]
							31,88	425,3	13.554,8

**Wasserauflast 2 Wehrfeld im OW (Vorderkante RV-Nische bis Stauschütz)**

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]
OW2	13,50	OW3	13,50	5,70	2,85	24,60	27,45	769,5	21.122,8
Summen OW							$\sum a_{v,k,OW,i}$ [m]	$\sum V_{k,OW,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,OW,i}$ [kNm/m]
							27,45	769,5	21.122,8

**Wasserauflast Wehrfeld 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	4,10	UW2	4,10	1,00	0,50	23,60	24,10	41	988,1
UW2	4,10	UW3	5,80	3,40	1,60	20,20	21,80	168,3	3.669,4
UW3	5,80	UW4	5,80	20,20	10,10	0,00	10,10	1171,6	11.833,2
Summen UW				$\sum b_i$ [m]			$\sum a_{v,k,UW,i}$ [m]	$\sum V_{k,UW,i}$ [kN/m]	$\sum M_{v,k,UW,i}$ [kNm/m]
				24,60			11,94	1.380,9	16.490,7

**Anlage 8 Zusammenfassung Lasten aus Wasserdruck**

Lastfall „Betrieb“

	Oberwasser	Unterwasser
WSP-Lage	325,90 m ü NN	314,79 m ü NN
Sohle	312,40 m ü NN	310,70 m ü NN
$h_o/h_u$	13,50 m	4,09 m
$\Delta h$	11,11 m (WSP <sub>OW</sub> - WSP <sub>UW</sub> )	

**Sohlenwasserdruck**

**Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$  10,00 m (siehe Skizze)

$\Sigma V_{so,i}$	4.500 kN/m	$\Sigma M_{V,so,i}$	79.917 kNm/m
$V_{so,i}$	<b>45.002 kN</b>	$M_{V,so,i}$	<b>799.171 kNm</b>
$a_{V,so,i}$	<b>17,76 m</b>		

**Wehrfeld, Übergangsbereich**

$b_{\text{Einfluss}}$  5,20 m (2 · 2,6 m)

$\Sigma V_{so,Pf,i}$	4.500 kN/m	$\Sigma M_{V,so,Pf,i}$	79.917 kNm/m
$\Sigma V_{so,WF,i}$	4.364 kN/m	$\Sigma M_{V,so,WF,i}$	77.598 kNm/m
$V_{so,i}$	<b>23.046 kN</b>	$M_{V,so,i}$	<b>409.541 kNm</b>
$a_{V,so,i}$	<b>17,77 m</b>		

**Wehrfeld, Hauptbereich**

$b_{\text{Einfluss}}$  13,80 m

$\Sigma V_{so,WF,i}$	4.364 kN/m	$\Sigma M_{V,so,WF,i}$	77.598 kNm/m
$V_{so,i}$	<b>60.218 kN</b>	$M_{V,so,i}$	<b>1.070.859 kNm</b>
$a_{V,so,i}$	<b>17,78 m</b>		

**Wasserauflast**

**Pfeiler**

$V_{k,OW}$	<b>261 kN</b>	$M_{k,OW}$	<b>8.547 kNm</b>
$a_{V,OW}$	<b>32,78 m</b>		
$V_{k,UW}$	<b>456 kN</b>	$M_{k,UW}$	<b>1.067 kNm</b>
$a_{V,UW}$	<b>2,34 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	23,00 m		
$\Sigma V_{k,1,OW}$	425 kN	$\Sigma M_{v,k,1,OW}$	13.555 kNm
$V_{k,1,OW}$	<b>9.781 kN</b>	$M_{v,k,1,OW}$	<b>311.761 kNm</b>
$a_{v,1,OW}$	<b>31,88 m</b>		
$\Sigma V_{k,2,OW}$	<b>769,50 kN</b>	$\Sigma M_{v,k,2,OW}$	<b>21.123 kNm</b>
$V_{k,2,OW}$	<b>17.699 kN</b>	$M_{v,k,2,OW}$	<b>485.824 kNm</b>
$a_{v,2,OW}$	<b>27,45 m</b>		
$\Sigma V_{k,UW}$	960 kN	$\Sigma M_{v,k,UW}$	11.317 kNm
$V_{k,UW}$	<b>22.086 kN</b>	$M_{v,k,UW}$	<b>260.280 kNm</b>
$a_{v,UW}$	<b>11,79 m</b>		

**Horizontaler Wasserdruck OW****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	<b>6,00 m</b>		
$\Sigma H_{OW,1,i}$	2.059 kN/m	$\Sigma M_{Wh,OW,1,i}$	16.304 kNm/m
$H_{OW,1,i}$	<b>12.355 kN</b>	$M_{Wh,OW,1,i}$	<b>97.825 kNm</b>
$a_{h,OW}$	<b>7,92 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	<b>23,00 m</b>		
$\Sigma H_{OW,1,i}$	2.029 kN/m	$\Sigma M_{Wh,OW,1,i}$	16.210 kNm/m
$H_{OW,1,i}$	<b>46.663 kN</b>	$M_{Wh,OW,1,i}$	<b>372.835 kNm</b>
$a_{h,OW}$	<b>7,99 m</b>		

**Horizontaler Wasserdruck UW****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	6,00 m		
$\Sigma H_{UW,1,i}$	591 kN/m	$\Sigma M_{Wh,UW,1,i}$	2.011 kNm/m
$H_{UW,1,i}$	<b>3.546 kN</b>	$M_{Wh,UW,1,i}$	<b>12.065 kNm</b>
$a_{h,UW}$	<b>3,40 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	23,00 m		
$\Sigma H_{UW,1,i}$	590 kN/m	$\Sigma M_{Wh,UW,1,i}$	2.009 kNm/m
$H_{UW,1,i}$	<b>13.575 kN</b>	$M_{Wh,UW,1,i}$	<b>46.213 kNm</b>
$a_{h,UW}$	<b>3,40 m</b>		

Lastfall „Revision + NNQ“

Wasserdruck wie bei Lastfall „Betrieb“

Lastfall „Revision + BHQ1“

	Oberwasser	Unterwasser
WSP-Lage	325,90 m ü NN	316,50 m ü NN
Sohle	312,40 m ü NN	310,70 m ü NN
$h_o/h_u$	13,50 m	5,80 m
$\Delta h$	9,40 m ( $WSP_{OW} - WSP_{UW}$ )	

**Sohlenwasserdruck**

**Pfeiler**

$b_{Einfluss}$  10,00 m (siehe Skizze)

$\sum V_{so,i}$	4.784 kN/m	$\sum M_{V,so,i}$	83.585 kNm/m
$V_{so,i}$	<b>47.842 kN</b>	$M_{V,so,i}$	<b>835.848 kNm</b>
$a_{V,so,i}$	<b>17,47 m</b>		

**Wehrfeld, Übergangsbereich**

$b_{Einfluss}$  5,20 m (2 · 2,6 m)

$\sum V_{so,Pf,i}$	4.784 kN/m	$\sum M_{V,so,Pf,i}$	83.585 kNm/m
$\sum V_{so,WF,i}$	4.648 kN/m	$\sum M_{V,so,WF,i}$	81.272 kNm/m
$V_{so,i}$	<b>24.523 kN</b>	$M_{V,so,i}$	<b>428.627 kNm</b>
$a_{V,so,i}$	<b>17,48 m</b>		

**Wehrfeld, Hauptbereich**

$b_{Einfluss}$  13,80 m

$\sum V_{so,WF,i}$	4.648 kN/m	$\sum M_{V,so,WF,i}$	81.272 kNm/m
$V_{so,i}$	<b>64.139 kN</b>	$M_{V,so,i}$	<b>1.121.552 kNm</b>
$a_{V,so,i}$	<b>17,49 m</b>		

**Wasserauflast**

**Pfeiler**

$V_{k,OW}$	<b>261 kN</b>	$M_{k,OW}$	<b>8.547 kNm</b>
$a_{V,OW}$	<b>32,78 m</b>		
$V_{k,UW}$	<b>782 kN</b>	$M_{k,UW}$	<b>1.831 kNm</b>
$a_{V,UW}$	<b>2,34 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	23,00 m		
$\Sigma V_{k,1,OW}$	425 kN	$\Sigma M_{v,k,1,OW}$	13.555 kNm
$V_{k,1,OW}$	<b>9.781 kN</b>	$M_{v,k,1,OW}$	<b>311.761 kNm</b>
$a_{v,1,OW}$	<b>31,88 m</b>		
$\Sigma V_{k,2,OW}$	<b>769,50 kN</b>	$\Sigma M_{v,k,2,OW}$	<b>21.123 kNm</b>
$V_{k,2,OW}$	<b>17.699 kN</b>	$M_{v,k,2,OW}$	<b>485.824 kNm</b>
$a_{v,2,OW}$	<b>27,45 m</b>		
$\Sigma V_{k,UW}$	1.381 kN	$\Sigma M_{v,k,UW}$	16.491 kNm
$V_{k,UW}$	<b>31.761 kN</b>	$M_{v,k,UW}$	<b>379.285 kNm</b>
$a_{v,UW}$	<b>11,94 m</b>		

**Horizontaler Wasserdruck OW****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	<b>6,00 m</b>		
$\Sigma H_{OW,1,i}$	2.101 kN/m	$\Sigma M_{Wh,OW,1,i}$	16.380 kNm/m
$H_{OW,1,i}$	<b>12.608 kN</b>	$M_{Wh,OW,1,i}$	<b>98.280 kNm</b>
$a_{h,OW}$	<b>7,79 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	<b>23,00 m</b>		
$\Sigma H_{OW,1,i}$	2.076 kN/m	$\Sigma M_{Wh,OW,1,i}$	16.300 kNm/m
$H_{OW,1,i}$	<b>47.739 kN</b>	$M_{Wh,OW,1,i}$	<b>374.909 kNm</b>
$a_{h,OW}$	<b>7,85 m</b>		

**Horizontaler Wasserdruck UW****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	6,00 m		
$\Sigma H_{UW,1,i}$	779 kN/m	$\Sigma M_{Wh,UW,1,i}$	3.100 kNm/m
$H_{UW,1,i}$	<b>4.672 kN</b>	$M_{Wh,UW,1,i}$	<b>18.600 kNm</b>
$a_{h,UW}$	<b>3,98 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	23,00 m		
$\Sigma H_{UW,1,i}$	778 kN/m	$\Sigma M_{Wh,UW,1,i}$	3.099 kNm/m
$H_{UW,1,i}$	<b>17.895 kN</b>	$M_{Wh,UW,1,i}$	<b>71.269 kNm</b>
$a_{h,UW}$	<b>3,98 m</b>		

**Anlage 9    Berechnungen zum Nachweis gegen Gleiten**

## Nachweis für „Betrieb“, BS-P

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	456	2	2	912
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	1+2·1/2	2	35.397
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	22.086	1+2·1/2	2	44.171
+	Dambalken OW	2.400	0	0	0
+	Dambalken UW	840	0	0	0
-	SWD-Pfeiler	45.002	2	2	90.003
-	SWD-Wehrfeld ÜB	23.046	1+2·1/2	2	46.092
-	SWD-Wehrfeld HB	60.218	1+2·1/2	2	120.437
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				407.539
-	<b>Auftrieb</b>				256.532
	<b>G<sub>k</sub></b>				151.007

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.355	2	2	24.711
-	H-Druck Wehrfeld OW	46.663	1+2·1/2	2	93.326
+	H-Druck Pfeiler UW	3.546	2	2	7.091
+	H-Druck Wehrfeld UW	13.575	1+2·1/2	2	27.150
-	<b>destabilisierend</b>				118.036
+	<b>stabilisierend</b>				34.242
	<b>Wasserdruck H<sub>w,k</sub></b>				83.795

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421
+	pass. Erddruck Pfeiler UW	7.406	2	2	14.812
+	pass. Erddruck Wehrfeld UW	28.390	1+2·1/2	2	56.779
-	<b>destabilisierend</b>				5.574
+	<b>stabilisierend</b>				71.591

**Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	83.795	1,35	113.123
Erddruck	5.574	1,35	7.525

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>120.648 kN</b>
---------------------------------------	-------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	151.007 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

$$R_{t,d} = G_k * \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 80.864 \text{ kN}$$

Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.591 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,4

$$E_{pt,d} = 0,5 * E_{pt,k} / \gamma_{R,e} = 25.568 \text{ kN}$$

**Nachweis Gleiten**

T <sub>d</sub> =	120.648 kN
R <sub>t,d</sub> + E <sub>pt,d</sub> =	106.432 kN

E/R =	1,13 > 1,00
-------	-------------

Nachweis nicht erfüllt.

## Nachweis für „Revision + NNQ“, BS-T

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	456	2·1/2	1	456
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	2·1/2	1	17.699
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	22.086	2·1/2	1	22.086
+	Dambalken OW	2.400	1	1	2.400
+	Dambalken UW	840	1	1	840
-	SWD-Pfeiler	45.002	2	2	90.003
-	SWD-Wehrfeld ÜB	23.046	1+2·1/2	2	46.092
-	SWD-Wehrfeld HB	60.218	1+2·1/2	2	120.437
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				370.539
-	<b>Auftrieb</b>				256.532
	<b>G<sub>k</sub></b>				114.007

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.355	2	2	24.711
-	H-Druck Wehrfeld OW	46.663	1+2·1/2	2	93.326
+	H-Druck Pfeiler UW	3.546	2	2	7.091
+	H-Druck Wehrfeld UW	13.575	1+2·1/2	2	27.150
-	<b>destabilisierend</b>				118.036
+	<b>stabilisierend</b>				34.242
	<b>Wasserdruck H<sub>w,k</sub></b>				83.795

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421
+	pass. Erddruck Pfeiler UW	7.402	2	2	14.804
+	pass. Erddruck Wehrfeld UW	28.375	1+2·1/2	2	56.749
-	<b>destabilisierend</b>				5.574
+	<b>stabilisierend</b>				71.554

**Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	83.795	1,20	100.554
Erddruck	5.574	1,20	6.689

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>107.243 kN</b>
---------------------------------------	-------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	114.007 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

**R<sub>t,d</sub> = G<sub>k</sub> · tan(φ) / γ<sub>R,h</sub> = 61.050 kN**

Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.554 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,30

**E<sub>pt,d</sub> = 0,5 · E<sub>pt,k</sub> / γ<sub>R,e</sub> = 27.521 kN**

**Nachweis Gleiten**

T <sub>d</sub> =	<b>107.243 kN</b>
R <sub>t,d</sub> + E <sub>pt,d</sub> =	<b>88.571 kN</b>

E/R =	<b>1,21 &gt; 1,00</b>
-------	-----------------------

Nachweis nicht erfüllt.

## Nachweis für „Revision + BHQ1“, BS-T

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	782	2·1/2	1	782
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	2·1/2	1	17.699
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	31.761	2·1/2	1	31.761
+	Dambalken OW	2.400	1	1	2.400
+	Dambalken UW	840	1	1	840
-	SWD-Pfeiler	47.842	2	2	95.685
-	SWD-Wehrfeld ÜB	24.523	1+2·1/2	2	49.047
-	SWD-Wehrfeld HB	64.139	1+2·1/2	2	128.279
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				380.540
-	<b>Auftrieb</b>				273.010
	<b>G<sub>k</sub></b>				107.530

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.608	2	2	25.216
-	H-Druck Wehrfeld OW	47.739	1+2·1/2	2	95.478
+	H-Druck Pfeiler UW	4.672	2	2	9.344
+	H-Druck Wehrfeld UW	17.895	1+2·1/2	2	35.791
-	<b>destabilisierend</b>				120.694
+	<b>stabilisierend</b>				45.135
	<b>Wasserdruck H<sub>w,k</sub></b>				75.559

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421
+	pass. Erddruck Pfeiler UW	7.402	2	2	14.804
+	pass. Erddruck Wehrfeld UW	28.375	1+2·1/2	2	56.749
-	<b>destabilisierend</b>				5.574
+	<b>stabilisierend</b>				71.554

**Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	75.559	1,20	90.671
Erddruck	5.574	1,20	6.689

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>97.360 kN</b>
---------------------------------------	------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	107.530 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

$$R_{t,d} = G_k * \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 57.582 \text{ kN}$$

Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.554 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,30

$$E_{pt,d} = 0,5 \cdot E_{pt,k} / \gamma_{R,e} = 27.521 \text{ kN}$$

**Nachweis Gleiten**

T <sub>d</sub> =	97.360 kN
R <sub>t,d</sub> + E <sub>pt,d</sub> =	85.103 kN

E/R =	1,14 > 1,00
-------	-------------

Nachweis nicht erfüllt.

**Anlage 10 Berechnungen zum Nachweis gegen Aufschwimmen**

Nachweis für „Betrieb“ BS-P

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	456	2	2	912
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	1+2·1/2	2	35.397
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	22.086	1+2·1/2	2	44.171
+	Dammbalken OW	2.400	0	0	0
+	Dammbalken UW	840	0	0	0
-	SWD-Pfeiler	45.002	2	2	90.003
-	SWD-Wehrfeld ÜB	23.046	1+2·1/2	2	46.092
-	SWD-Wehrfeld HB	60.218	1+2·1/2	2	120.437
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				407.539
-	<b>Auftrieb</b>				256.532
	<b>G<sub>k</sub></b>				151.007

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	G <sub>dst,k</sub> [kN]	Y <sub>G,dst</sub>	G <sub>dst,k</sub> · Y <sub>G,dst</sub> [kN]
Sohlwasserdruck	256.532	1,05	269.359
<b>Bemessungswert dest. Einw.</b>			<b>269.359 kN</b>

Bemessungswerte Widerstandsseite

Lastart	G <sub>stb,k</sub> [kN]	Y <sub>G,stb</sub>	G <sub>stb,k</sub> · Y <sub>G,stb</sub> [kN]
EG Bauwerk + Wasserauflast	407.539	0,95	387.162
<b>Bemessungswert stab. Einw.</b>			<b>387.162 kN</b>

Nachweis Aufschwimmen

$G_{dst,k} \cdot Y_{G,dst} =$	<b>269.359 kN</b>
$G_{stb,k} \cdot Y_{G,stb} =$	<b>387.162 kN</b>

$E/R =$	<b>0,70 &lt; 1,00</b>	Nachweis erfüllt.
---------	-----------------------	-------------------

Nachweis für „Revision + NNQ“ BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	456	2·1/2	1	456
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	2·1/2	1	17.699
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	22.086	2·1/2	1	22.086
+	Dammbalken OW	2.400	1	1	2.400
+	Dammbalken UW	840	1	1	840
-	SWD-Pfeiler	45.002	2	2	90.003
-	SWD-Wehrfeld ÜB	23.046	1+2·1/2	2	46.092
-	SWD-Wehrfeld HB	60.218	1+2·1/2	2	120.437
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				370.539
-	<b>Auftrieb</b>				256.532
	<b>G<sub>k</sub></b>				114.007

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	G <sub>dst,k</sub> [kN]	Y <sub>G,dst</sub>	G <sub>dst,k</sub> · Y <sub>G,dst</sub> [kN]
Sohlwasserdruck	256.532	1,05	269.359
<b>Bemessungswert dest. Einw.</b>			<b>269.359 kN</b>

Bemessungswerte Widerstandsseite

Lastart	G <sub>stb,k</sub> [kN]	Y <sub>G,stb</sub>	G <sub>stb,k</sub> · Y <sub>G,stb</sub> [kN]
EG Bauwerk + Wasserauflast	370.539	0,95	352.012
<b>Bemessungswert stab. Einw.</b>			<b>352.012 kN</b>

Nachweis Aufschwimmen

$G_{dst,k} \cdot Y_{G,dst} =$	<b>269.359 kN</b>
$G_{stb,k} \cdot Y_{G,stb} =$	<b>352.012 kN</b>

$E/R =$	<b>0,77 &lt; 1,00</b>	Nachweis erfüllt.
---------	-----------------------	-------------------

Nachweis für „Revision + BHQ1“ BS-T

Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	782	2·1/2	1	782
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	2·1/2	1	17.699
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	31.761	2·1/2	1	31.761
+	Dammbalken OW	2.400	1	1	2.400
+	Dammbalken UW	840	1	1	840
-	SWD-Pfeiler	47.842	2	2	95.685
-	SWD-Wehrfeld ÜB	24.523	1+2·1/2	2	49.047
-	SWD-Wehrfeld HB	64.139	1+2·1/2	2	128.279
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				380.540
-	<b>Auftrieb</b>				273.010
	<b>G<sub>k</sub></b>				107.530

Bemessungswerte Einwirkungsseite

Lastart	G <sub>dst,k</sub> [kN]	Y <sub>G,dst</sub>	G <sub>dst,k</sub> · Y <sub>G,dst</sub> [kN]
Sohlwasserdruck	273.010	1,05	286.660
<b>Bemessungswert dest. Einw.</b>			<b>286.660 kN</b>

Bemessungswerte Widerstandsseite

Lastart	G <sub>stb,k</sub> [kN]	Y <sub>G,stb</sub>	G <sub>stb,k</sub> · Y <sub>G,stb</sub> [kN]
EG Bauwerk + Wasserauflast	380.540	0,95	361.513
<b>Bemessungswert stab. Einw.</b>			<b>361.513 kN</b>

Nachweis Aufschwimmen

$G_{dst,k} \cdot Y_{G,dst} =$	<b>286.660 kN</b>
$G_{stb,k} \cdot Y_{G,stb} =$	<b>361.513 kN</b>

$E/R =$	<b>0,79 &lt; 1,00</b>	Nachweis erfüllt.
---------	-----------------------	-------------------

**Anlage 11 Berechnungen zum Nachweis gegen Kippen**

Nachweis für „Betrieb“ BS-P

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209	18,72	3.074.653
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333	16,59	2.294.814
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434	23,82	105.618
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521	32,78	17.094
+	Wasserauflast Pfeiler UW	456	2	2	912	2,34	2.134
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562	31,88	623.523
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	1+2·1/2	2	35.397	27,45	971.648
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	22.086	1+2·1/2	2	44.171	11,79	520.561
+	Dammbalken OW	2.400	0	0	0	23,82	0
+	Dammbalken UW	840	0	0	0	2,70	0
-	SWD-Pfeiler	45.002	2	2	90.003	17,76	1.598.342
-	SWD-Wehrfeld ÜB	23.046	1+2·1/2	2	46.092	17,77	819.090
-	SWD-Wehrfeld HB	60.218	1+2·1/2	2	120.437	17,78	2.141.718
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>				407.539		7.610.044
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>				256.532		4.559.150

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.355	2	2	24.711	7,92	195.650
-	H-Druck Wehrfeld OW	46.663	1+2·1/2	2	93.326	7,99	745.669
+	H-Druck Pfeiler UW	3.546	2	2	7.091	3,40	24.129
+	H-Druck Wehrfeld UW	13.575	1+2·1/2	2	27.150	3,40	92.426
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>						116.555
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>						941.320

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153	2,70	3.114
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421	2,70	11.936
+	akt. Erddruck Pfeiler UW	360	2	2	720	2,13	1.536
+	akt. Erddruck Wehrfeld UW	1.380	1+2·1/2	2	2.760	2,13	5.888
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>						7.424
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>						15.050

**Zusammenfassung**

$\Sigma M_{gUZS}$	7.734.023 kNm
$\Sigma M_{iUZS}$	5.515.519 kNm
$M_{res} = \Sigma M_{gUZS} - \Sigma M_{iUZS} =$	<b>2.218.504 kNm</b>
$V_{k,res} = G_k - \text{Auftrieb} =$	151.007 kN
Außermittle $x_s = \Sigma M / V_{res} =$	14,69 m

**Nachweis Kippen**

$L_{ges} =$	33,45 m
$e =  L_{ges}/2 - x_s  =$	<b>2,03 m</b>
$e_{zul} = L/6 =$	5,58 m
$E/R =$	<b>0,36 &lt; 1,00</b>

Nachweis erfüllt.

## Nachweis für „Revision + NNQ“ BS-T

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209	18,72	3.074.653
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333	16,59	2.294.814
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434	23,82	105.618
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521	32,78	17.094
+	Wasserauflast Pfeiler UW	456	2·1/2	1	456	2,34	1.067
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562	31,88	623.523
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	2·1/2	1	17.699	27,45	485.824
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	22.086	2·1/2	1	22.086	11,79	260.280
+	Dammbalken OW	2.400	1	1	2.400	23,82	57.168
+	Dammbalken UW	840	1	1	840	2,70	2.268
-	SWD-Pfeiler	45.002	2	2	90.003	17,76	1.598.342
-	SWD-Wehrfeld ÜB	23.046	1+2·1/2	2	46.092	17,77	819.090
-	SWD-Wehrfeld HB	60.218	1+2·1/2	2	120.437	17,78	2.141.718
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>				370.539		6.922.309
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>				256.532		4.559.150

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.355	2	2	24.711	7,92	195.650
-	H-Druck Wehrfeld OW	46.663	1+2·1/2	2	93.326	7,99	745.669
+	H-Druck Pfeiler UW	3.546	2	2	7.091	3,40	24.129
+	H-Druck Wehrfeld UW	13.575	1+2·1/2	2	27.150	3,40	92.426
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>						116.555
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>						941.320

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153	2,70	3.114
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421	2,70	11.936
+	akt. Erddruck Pfeiler UW	360	2	2	720	2,13	1.536
+	akt. Erddruck Wehrfeld UW	1.380	1+2·1/2	2	2.760	2,13	5.888
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>						7.424
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>						15.050

**Zusammenfassung**

$\Sigma M_{gUZS}$	7.046.288 kNm
$\Sigma M_{iUZS}$	5.515.519 kNm
$M_{res} = \Sigma M_{gUZS} - \Sigma M_{iUZS} =$	<b>1.530.768 kNm</b>
$V_{k,res} = G_k - \text{Auftrieb} =$	114.007 kN
Außermitte $x_s = \Sigma M / V_{res} =$	13,43 m

**Nachweis Kippen**

$L_{ges} =$	33,45 m
$e =  L_{ges}/2 - x_s  =$	<b>3,30 m</b>
$e_{zul} = L/3 =$	11,15 m

$E/R =$	<b>0,30 &lt; 1,00</b>	Nachweis erfüllt.
---------	-----------------------	-------------------

## Nachweis für „Revision + BHQ1“, BS-T

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209	18,72	3.074.653
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333	16,59	2.294.814
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434	23,82	105.618
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521	32,78	17.094
+	Wasserauflast Pfeiler UW	782	2·1/2	1	782	2,34	1.831
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562	31,88	623.523
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	2·1/2	1	17.699	27,45	485.824
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	31.761	2·1/2	1	31.761	11,94	379.285
+	Dammbalken OW	2.400	1	1	2.400	23,82	57.168
+	Dammbalken UW	840	1	1	840	2,70	2.268
-	SWD-Pfeiler	47.842	2	2	95.685	17,47	1.671.696
-	SWD-Wehrfeld ÜB	24.523	1+2·1/2	2	49.047	17,48	857.260
-	SWD-Wehrfeld HB	64.139	1+2·1/2	2	128.279	17,49	2.243.104
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>				380.540		7.042.077
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>				273.010		4.772.061

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.608	2	2	25.216	7,79	196.559
-	H-Druck Wehrfeld OW	47.739	1+2·1/2	2	95.478	7,85	749.818
+	H-Druck Pfeiler UW	4.672	2	2	9.344	3,98	37.199
+	H-Druck Wehrfeld UW	17.895	1+2·1/2	2	35.791	3,98	142.538
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>						179.737
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>						946.377

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]	Hebelarm [m]	Moment [kNm]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153	2,70	3.114
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421	2,70	11.936
+	akt. Erddruck Pfeiler UW	360	2	2	720	2,13	1.536
+	akt. Erddruck Wehrfeld UW	1.380	1+2·1/2	2	2.760	2,13	5.888
+	<b>gegen Uhrzeigersinn (gUZS)</b>						7.424
-	<b>im Uhrzeigersinn (iUZS)</b>						15.050

**Zusammenfassung**

$\Sigma M_{gUZS}$	7.229.238 kNm
$\Sigma M_{iUZS}$	5.733.488 kNm
$M_{res} = \Sigma M_{gUZS} - \Sigma M_{iUZS} =$	<b>1.495.751 kNm</b>
$V_{k,res} = G_k - \text{Auftrieb} =$	107.530 kN
Außermitte $x_s = \Sigma M / V_{res} =$	13,91 m

**Nachweis Kippen**

$L_{ges} =$	33,45 m
$e =  L_{ges}/2 - x_s  =$	<b>2,81 m</b>
$e_{zul} = L/3 =$	11,15 m

$E/R =$	<b>0,25 &lt; 1,00</b>	Nachweis erfüllt.
---------	-----------------------	-------------------

**Anlage 12 Nachweis der Gleitsicherheit mit angepasstem Sohlwasserdruck,  
Betriebszustand**

**Sohlenwasserdruckberechnung Pfeiler**

Eingangswerte:	WSP OW	325,90	$\Delta h$ [m] = 11,11
	WSP UW	314,79	
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40	
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70	
	UK Pfeiler	304,30	
			$h_o$ [m] = 13,50
			$h_u$ [m] = 4,09
			$\lambda$ [-] = 10,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L' <sub>i</sub> [m]	Δh L'/L <sub>ges</sub> ' [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	59,00	0,00	59,00	0,74	17,40
1.1	301,00	11,40	0,00	24,90	5,50	11,40	114,00	0,00	114,00	1,42	21,03
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	5,50	16,90	169,00	0,00	169,00	2,11	13,67
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	16,90	169,00	1,80	170,80	2,13	13,60
3	308,45	3,95	2,55	17,45	1,95	18,85	188,50	4,35	192,85	2,41	10,91
4	308,45	3,95	5,50	17,45	0,00	18,85	188,50	9,85	198,35	2,48	10,72
5	306,75	5,65	3,40	19,15	1,70	20,55	205,50	13,25	218,75	2,73	11,73
6	306,75	5,65	15,55	19,15	0,00	20,55	205,50	28,80	234,30	2,93	11,20
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,45	23,00	230,00	31,85	261,85	3,27	12,72
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	3,29	12,66
8.1	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	3,29	12,66
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	3,29	12,66
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	29,40	294,00	33,45	327,45	4,09	4,09

Kontrolle d. Länge: 33,45 m	$L'_i = \lambda \sum L_{v,i} + \sum L_{h,i}$	$L'_{ges} = \lambda \sum L_{v,ges} + \sum L_{h,ges}$	$P_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L'_i}{L'_{ges}} \right)$
	$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		

**Resultierender Sohlenwasserdruck Pfeiler**

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b <sub>i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>so,i</sub> [kN/m]	b <sub>ges</sub> - Σb <sub>i</sub> [m]	Hebelarm a <sub>v,so,i</sub> [m]	Teilmoment M <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
0	13,50	1	17,40	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	17,40	1.1	21,03	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	21,03	1.2	13,67	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	13,67	2	13,60	1,80	245,4	31,65	32,55	7.989,2
2	13,60	3	10,91	2,55	312,5	29,10	30,42	9.507,6
3	10,91	4	10,72	5,50	594,7	23,60	26,36	15.676,2
4	10,72	5	11,73	3,40	381,6	20,20	21,87	8.347,8
5	11,73	6	11,20	15,55	1.782,7	4,65	12,48	22.256,3
6	11,20	7	12,72	3,05	364,7	1,60	3,09	1.128,0
7	12,72	8	12,66	1,60	203,0	0,00	0,80	162,5
8	12,66	8.1	12,66	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	12,66	8.2	12,66	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	12,66	9	4,09	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

Summen Sohle	Σb <sub>i</sub> [m]	ΣV <sub>so,i</sub> [kN/m]	Σa <sub>v,so,i</sub> [m]	ΣM <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
	33,45	3.884,8	16,75	65.067,6

**Sohlenwasserdruckberechnung Wehrfeld**

Eingangswerte:	WSP OW	325,90	$\Delta h$ [m] = 11,11
	WSP UW	314,79	
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40	
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70	
	UK Pfeiler	304,30	
			$h_o$ [m] = 13,50
			$h_u$ [m] = 4,09
			$\lambda$ [-] = 10,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L' <sub>i</sub> [m]	Δh L' <sub>i</sub> /L <sub>ges</sub> ' [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	59,00	0,00	59,00	0,72	17,46
1.1	301,00	11,40	0,00	24,90	5,50	11,40	114,00	0,00	114,00	1,38	21,15
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	5,50	16,90	169,00	0,00	169,00	2,05	13,84
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	16,90	169,00	1,80	170,80	2,07	13,78
3	308,95	3,45	2,55	16,95	2,45	19,35	193,50	4,35	197,85	2,40	10,44
4	308,95	3,45	5,50	16,95	0,00	19,35	193,50	9,85	203,35	2,46	10,26
5	307,25	5,15	3,40	18,65	1,70	21,05	210,50	13,25	223,75	2,71	11,28
6	307,25	5,15	15,55	18,65	0,00	21,05	210,50	28,80	239,30	2,90	10,77
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,95	24,00	240,00	31,85	271,85	3,29	12,65
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	3,31	12,60
8.1	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	3,31	12,60
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	3,31	12,60
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	30,40	304,00	33,45	337,45	4,09	4,09

Kontrolle d. Länge: 33,45 m	$L'_i = \lambda \Sigma L_{v,i} + \Sigma L_{h,i}$	$L'_{ges} = \lambda \Sigma L_{v,ges} + \Sigma L_{h,ges}$	$P_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L'_i}{L'_{ges}} \right)$
	$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		

**Resultierender Sohlenwasserdruck Wehrfeld**

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b <sub>i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>so,i</sub> [kN/m]	b <sub>ges</sub> - Σb <sub>i</sub> [m]	Hebelarm a <sub>v,so,i</sub> [m]	Teilmoment M <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
0	13,50	1	17,46	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	17,46	1.1	21,15	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	21,15	1.2	13,84	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	13,84	2	13,78	1,80	248,5	31,65	32,55	8.089,3
2	13,78	3	10,44	2,55	308,7	29,10	30,43	9.395,3
3	10,44	4	10,26	5,50	569,0	23,60	26,36	14.997,9
4	10,26	5	11,28	3,40	366,2	20,20	21,87	8.008,8
5	11,28	6	10,77	15,55	1.714,8	4,65	12,49	21.409,1
6	10,77	7	12,65	3,05	357,2	1,60	3,08	1.101,6
7	12,65	8	12,60	1,60	202,0	0,00	0,80	161,7
8	12,60	8.1	12,60	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	12,60	8.2	12,60	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	12,60	9	4,09	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

Summen Sohle	Σb <sub>i</sub> [m]	ΣV <sub>so,i</sub> [kN/m]	Σa <sub>v,so,i</sub> [m]	ΣM <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
	33,45	3.766,3	16,77	63.163,6

**Horizontaler Wasserdruck von OW auf Pfeiler**

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8
0	13,50	1	17,40	5,90	2,83	5,03	911,5	4.581,1
1		1.1						
1.1		1.2						
1.2	13,67	2	13,60	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0
2	13,60	3	10,91	-1,95	-1,01	3,14	-239,0	-750,2
3	10,91	4	10,72	0,00	0,00	4,15	0,0	0,0
4	10,72	5	11,73	1,70	0,84	3,29	190,8	627,2
5	11,73	6	11,20	0,00	0,00	2,45	0,0	0,0
6	11,20	7	12,72	2,45	1,20	1,20	293,0	351,3
7	12,72	8	12,66	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
8		8.1						

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]
		7,88	2.067,5

**Horizontaler Wasserdruck von UW auf Pfeiler**

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	4,09	4,09	1,36	7,76	83,6	649,3
9	4,09	8.2	12,66	6,40	2,65	2,65	536,0	1.422,8
8.2		8.1						

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]
		3,34	619,7

**Horizontaler Wasserdruck von OW auf Wehrfeld**

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8
0	13,50	1	17,46	5,90	2,82	5,02	913,2	4.588,4
1		1.1						
1.1		1.2						
1.2	13,84	2	13,78	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0
2	13,78	3	10,44	-2,45	-1,28	3,37	-296,6	-999,2
3	10,44	4	10,26	0,00	0,00	4,65	0,0	0,0
4	10,26	5	11,28	1,70	0,84	3,79	183,1	693,2
5	11,28	6	10,77	0,00	0,00	2,95	0,0	0,0
6	10,77	7	12,65	2,95	1,44	1,44	345,5	495,9
7	12,65	8	12,60	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
8		8.1						

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]
		7,91	2.056,4

**Horizontaler Wasserdruck von UW auf Wehrfeld**

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	4,09	4,09	1,36	7,76	83,6	649,3
9	4,09	8.2	12,60	6,40	2,66	2,66	534,0	1.418,4
8.2		8.1						

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]
		3,35	617,6

**Sohlenwasserdruck****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	10,00 m (siehe Skizze)		
$\Sigma V_{\text{so},i}$	3.885 kN/m	$\Sigma M_{V,\text{so},i}$	65.068 kNm/m
$V_{\text{so},i}$	<b>38.848 kN</b>	$M_{V,\text{so},i}$	<b>650.676 kNm</b>
$a_{V,\text{so},i}$	<b>16,75 m</b>		

**Wehrfeld, Übergangsbereich**

$b_{\text{Einfluss}}$	5,20 m (2 · 2,6 m)		
$\Sigma V_{\text{so},\text{Pf},i}$	3.885 kN/m	$\Sigma M_{V,\text{so},\text{Pf},i}$	65.068 kNm/m
$\Sigma V_{\text{so},\text{WF},i}$	3.766 kN/m	$\Sigma M_{V,\text{so},\text{WF},i}$	63.164 kNm/m
$V_{\text{so},i}$	<b>19.893 kN</b>	$M_{V,\text{so},i}$	<b>333.401 kNm</b>
$a_{V,\text{so},i}$	<b>16,76 m</b>		

**Wehrfeld, Hauptbereich**

$b_{\text{Einfluss}}$	13,80 m		
$\Sigma V_{\text{so},\text{WF},i}$	3.766 kN/m	$\Sigma M_{V,\text{so},\text{WF},i}$	63.164 kNm/m
$V_{\text{so},i}$	<b>51.975 kN</b>	$M_{V,\text{so},i}$	<b>871.658 kNm</b>
$a_{V,\text{so},i}$	<b>16,77 m</b>		

**Horizontaler Wasserdruck OW****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	6,00 m		
$\Sigma H_{\text{OW},1,i}$	2.068 kN/m	$\Sigma M_{\text{Wh},\text{OW},1,i}$	16.291 kNm/m
$H_{\text{OW},1,i}$	<b>12.405 kN</b>	$M_{\text{Wh},\text{OW},1,i}$	<b>97.747 kNm</b>
$a_{h,\text{OW}}$	<b>7,88 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	23,00 m		
$\Sigma H_{\text{OW},1,i}$	2.056 kN/m	$\Sigma M_{\text{Wh},\text{OW},1,i}$	16.260 kNm/m
$H_{\text{OW},1,i}$	<b>47.298 kN</b>	$M_{\text{Wh},\text{OW},1,i}$	<b>373.983 kNm</b>
$a_{h,\text{OW}}$	<b>7,91 m</b>		

**Horizontaler Wasserdruck UW****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	6,00 m		
$\Sigma H_{\text{UW},1,i}$	620 kN/m	$\Sigma M_{\text{Wh},\text{UW},1,i}$	2.072 kNm/m
$H_{\text{UW},1,i}$	<b>3.718 kN</b>	$M_{\text{Wh},\text{UW},1,i}$	<b>12.433 kNm</b>
$a_{h,\text{UW}}$	<b>3,34 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	23,00 m		
$\Sigma H_{\text{UW},1,i}$	618 kN/m	$\Sigma M_{\text{Wh},\text{UW},1,i}$	2.068 kNm/m
$H_{\text{UW},1,i}$	<b>14.205 kN</b>	$M_{\text{Wh},\text{UW},1,i}$	<b>47.557 kNm</b>
$a_{h,\text{UW}}$	<b>3,35 m</b>		

Gleitnachweis

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	456	2	2	912
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	1+2·1/2	2	35.397
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	22.086	1+2·1/2	2	44.171
+	Dambalken OW	2.400	0	0	0
+	Dambalken UW	840	0	0	0
-	SWD-Pfeiler	38.848	2	2	77.695
-	SWD-Wehrfeld ÜB	19.893	1+2·1/2	2	39.786
-	SWD-Wehrfeld HB	51.975	1+2·1/2	2	103.950
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				407.539
-	<b>Auftrieb</b>				221.431
	<b>G<sub>k</sub></b>				186.108

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.405	2	2	24.810
-	H-Druck Wehrfeld OW	47.298	1+2·1/2	2	94.596
+	H-Druck Pfeiler UW	3.718	2	2	7.436
+	H-Druck Wehrfeld UW	14.205	1+2·1/2	2	28.411
-	<b>destabilisierend</b>				119.406
+	<b>stabilisierend</b>				35.847
	<b>Wasserdruck H<sub>w,k</sub></b>				83.559

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421
+	pass. Erddruck Pfeiler UW	7.406	2	2	14.812
+	pass. Erddruck Wehrfeld UW	28.390	1+2·1/2	2	56.779
-	<b>destabilisierend</b>				5.574
+	<b>stabilisierend</b>				71.591

**Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	83.559	1,35	112.805
Erddruck	5.574	1,35	7.525

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>120.330 kN</b>
---------------------------------------	-------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	186.108 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

$$R_{t,d} = G_k * \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 99.660 \text{ kN}$$

Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.591 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,4

$$E_{pt,d} = 0,5 * E_{pt,k} / \gamma_{R,e} = 25.568 \text{ kN}$$

**Nachweis Gleiten**

T <sub>d</sub> =	120.330 kN
R <sub>t,d</sub> + E <sub>pt,d</sub> =	125.229 kN

E/R =	0,96 < 1,00	Nachweis erfüllt.
-------	-------------	-------------------

**Gleitnachweis mit Kohäsion**

**Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	83.559	1,35	112.805
Erddruck	5.574	1,35	7.525

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>120.330 kN</b>
---------------------------------------	-------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	186.108 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

**R<sub>t,d</sub> = G<sub>k</sub> \* tan(φ) / γ<sub>R,h</sub> = 99.660 kN**

Bemessungswert Gleitwiderstand durch Kohäsion

Kohäsion c <sub>u,k</sub>	3,0 kN/m <sup>2</sup>
Fläche	2288 m <sup>2</sup>
γ <sub>R,h</sub>	1,10

**R<sub>t,d</sub> = c<sub>u,k</sub> \* A / γ<sub>R,h</sub> = 6.240 kN**

Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.591 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,4

**E<sub>pt,d</sub> = 0,5 \* E<sub>pt,k</sub> / γ<sub>R,e</sub> = 25.568 kN**

**Nachweis Gleiten**

<b>T<sub>d</sub> = 120.330 kN</b>
<b>R<sub>t,d</sub> + E<sub>pt,d</sub> = 131.469 kN</b>

<b>E/R = 0,92 &lt; 1,00</b>	Nachweis erfüllt.
-----------------------------	-------------------

**Anlage 13 Nachweis der Gleitsicherheit mit angepasstem Sohlwasserdruck,  
Revision + NNQ**

**Sohlenwasserdruckberechnung Pfeiler**

Eingangswerte:	WSP OW	325,90	$\Delta h$ [m] = 11,11
	WSP UW	314,79	
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40	
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70	
	UK Pfeiler	304,30	
			$h_o$ [m] = 13,50
			$h_u$ [m] = 4,09
			$\lambda$ [-] = 10,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L' <sub>i</sub> [m]	Δh L'/L <sub>ges</sub> ' [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	59,00	0,00	59,00	0,74	17,40
1.1	301,00	11,40	0,00	24,90	5,50	11,40	114,00	0,00	114,00	1,42	21,03
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	5,50	16,90	169,00	0,00	169,00	2,11	13,67
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	16,90	169,00	1,80	170,80	2,13	13,60
3	308,45	3,95	2,55	17,45	1,95	18,85	188,50	4,35	192,85	2,41	10,91
4	308,45	3,95	5,50	17,45	0,00	18,85	188,50	9,85	198,35	2,48	10,72
5	306,75	5,65	3,40	19,15	1,70	20,55	205,50	13,25	218,75	2,73	11,73
6	306,75	5,65	15,55	19,15	0,00	20,55	205,50	28,80	234,30	2,93	11,20
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,45	23,00	230,00	31,85	261,85	3,27	12,72
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	3,29	12,66
8.1	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	3,29	12,66
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	3,29	12,66
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	29,40	294,00	33,45	327,45	4,09	4,09

Kontrolle d. Länge: 33,45 m	$L'_i = \lambda \Sigma L_{v,i} + \Sigma L_{h,i}$	$L'_{ges} = \lambda \Sigma L_{v,ges} + \Sigma L_{h,ges}$	$P_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L'_i}{L'_{ges}} \right)$
	$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		

**Resultierender Sohlenwasserdruck Pfeiler**

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b <sub>i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>so,i</sub> [kN/m]	b <sub>ges</sub> - Σb <sub>i</sub> [m]	Hebelarm a <sub>v,so,i</sub> [m]	Teilmoment M <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
0	13,50	1	17,40	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	17,40	1.1	21,03	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	21,03	1.2	13,67	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	13,67	2	13,60	1,80	245,4	31,65	32,55	7.989,2
2	13,60	3	10,91	2,55	312,5	29,10	30,42	9.507,6
3	10,91	4	10,72	5,50	594,7	23,60	26,36	15.676,2
4	10,72	5	11,73	3,40	381,6	20,20	21,87	8.347,8
5	11,73	6	11,20	15,55	1.782,7	4,65	12,48	22.256,3
6	11,20	7	12,72	3,05	364,7	1,60	3,09	1.128,0
7	12,72	8	12,66	1,60	203,0	0,00	0,80	162,5
8	12,66	8.1	12,66	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	12,66	8.2	12,66	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	12,66	9	4,09	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

Summen Sohle	Σb <sub>i</sub> [m]	ΣV <sub>so,i</sub> [kN/m]	Σa <sub>v,so,i</sub> [m]	ΣM <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
	33,45	3.884,8	16,75	65.067,6

**Sohlenwasserdruckberechnung Wehrfeld**

Eingangswerte:	WSP OW	325,90	$\Delta h$ [m] = 11,11
	WSP UW	314,79	
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40	
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70	
	UK Pfeiler	304,30	
			$h_o$ [m] = 13,50
			$h_u$ [m] = 4,09
			$\lambda$ [-] = 10,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L' <sub>i</sub> [m]	Δh L'/L <sub>ges</sub> ' [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	59,00	0,00	59,00	0,72	17,46
1.1	301,00	11,40	0,00	24,90	5,50	11,40	114,00	0,00	114,00	1,38	21,15
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	5,50	16,90	169,00	0,00	169,00	2,05	13,84
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	16,90	169,00	1,80	170,80	2,07	13,78
3	308,95	3,45	2,55	16,95	2,45	19,35	193,50	4,35	197,85	2,40	10,44
4	308,95	3,45	5,50	16,95	0,00	19,35	193,50	9,85	203,35	2,46	10,26
5	307,25	5,15	3,40	18,65	1,70	21,05	210,50	13,25	223,75	2,71	11,28
6	307,25	5,15	15,55	18,65	0,00	21,05	210,50	28,80	239,30	2,90	10,77
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,95	24,00	240,00	31,85	271,85	3,29	12,65
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	3,31	12,60
8.1	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	3,31	12,60
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	3,31	12,60
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	30,40	304,00	33,45	337,45	4,09	4,09

Kontrolle d. Länge: 33,45 m	$L'_i = \lambda \sum L_{v,i} + \sum L_{h,i}$	$L'_{ges} = \lambda \sum L_{v,ges} + \sum L_{h,ges}$	$P_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L'_i}{L'_{ges}} \right)$
	$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		

**Resultierender Sohlenwasserdruck Wehrfeld**

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b <sub>i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>so,i</sub> [kN/m]	b <sub>ges</sub> - Σb <sub>i</sub> [m]	Hebelarm a <sub>v,so,i</sub> [m]	Teilmoment M <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
0	13,50	1	17,46	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	17,46	1.1	21,15	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	21,15	1.2	13,84	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	13,84	2	13,78	1,80	248,5	31,65	32,55	8.089,3
2	13,78	3	10,44	2,55	308,7	29,10	30,43	9.395,3
3	10,44	4	10,26	5,50	569,0	23,60	26,36	14.997,9
4	10,26	5	11,28	3,40	366,2	20,20	21,87	8.008,8
5	11,28	6	10,77	15,55	1.714,8	4,65	12,49	21.409,1
6	10,77	7	12,65	3,05	357,2	1,60	3,08	1.101,6
7	12,65	8	12,60	1,60	202,0	0,00	0,80	161,7
8	12,60	8.1	12,60	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	12,60	8.2	12,60	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	12,60	9	4,09	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

Summen Sohle	Σb <sub>i</sub> [m]	ΣV <sub>so,i</sub> [kN/m]	Σa <sub>v,so,i</sub> [m]	ΣM <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
	33,45	3.766,3	16,77	63.163,6

**Horizontaler Wasserdruck von OW auf Pfeiler**

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8
0	13,50	1	17,40	5,90	2,83	5,03	911,5	4.581,1
1		1.1						
1.1		1.2						
1.2	13,67	2	13,60	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0
2	13,60	3	10,91	-1,95	-1,01	3,14	-239,0	-750,2
3	10,91	4	10,72	0,00	0,00	4,15	0,0	0,0
4	10,72	5	11,73	1,70	0,84	3,29	190,8	627,2
5	11,73	6	11,20	0,00	0,00	2,45	0,0	0,0
6	11,20	7	12,72	2,45	1,20	1,20	293,0	351,3
7	12,72	8	12,66	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
8		8.1						

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]
		7,88	2.067,5

**Horizontaler Wasserdruck von UW auf Pfeiler**

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	4,09	4,09	1,36	7,76	83,6	649,3
9	4,09	8.2	12,66	6,40	2,65	2,65	536,0	1.422,8
8.2		8.1						

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]
		3,34	619,7

**Horizontaler Wasserdruck von OW auf Wehrfeld**

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8
0	13,50	1	17,46	5,90	2,82	5,02	913,2	4.588,4
1		1.1						
1.1		1.2						
1.2	13,84	2	13,78	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0
2	13,78	3	10,44	-2,45	-1,28	3,37	-296,6	-999,2
3	10,44	4	10,26	0,00	0,00	4,65	0,0	0,0
4	10,26	5	11,28	1,70	0,84	3,79	183,1	693,2
5	11,28	6	10,77	0,00	0,00	2,95	0,0	0,0
6	10,77	7	12,65	2,95	1,44	1,44	345,5	495,9
7	12,65	8	12,60	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
8		8.1						

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]
		7,91	2.056,4

**Horizontaler Wasserdruck von UW auf Wehrfeld**

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	4,09	4,09	1,36	7,76	83,6	649,3
9	4,09	8.2	12,60	6,40	2,66	2,66	534,0	1.418,4
8.2		8.1						

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]
		3,35	617,6

**Sohlenwasserdruck****Pfeiler** $b_{\text{Einfluss}}$  10,00 m (siehe Skizze) $\Sigma V_{\text{so},i}$  3.885 kN/m $\Sigma M_{V,\text{so},i}$  65.068 kNm/m $V_{\text{so},i}$  38.848 kN $M_{V,\text{so},i}$  650.676 kNm $a_{V,\text{so},i}$  16,75 m**Wehrfeld, Übergangsbereich** $b_{\text{Einfluss}}$  5,20 m (2 · 2,6 m) $\Sigma V_{\text{so},\text{Pf},i}$  3.885 kN/m $\Sigma M_{V,\text{so},\text{Pf},i}$  65.068 kNm/m $\Sigma V_{\text{so},\text{WF},i}$  3.766 kN/m $\Sigma M_{V,\text{so},\text{WF},i}$  63.164 kNm/m $V_{\text{so},i}$  19.893 kN $M_{V,\text{so},i}$  333.401 kNm $a_{V,\text{so},i}$  16,76 m**Wehrfeld, Hauptbereich** $b_{\text{Einfluss}}$  13,80 m $\Sigma V_{\text{so},\text{WF},i}$  3.766 kN/m $\Sigma M_{V,\text{so},\text{WF},i}$  63.164 kNm/m $V_{\text{so},i}$  51.975 kN $M_{V,\text{so},i}$  871.658 kNm $a_{V,\text{so},i}$  16,77 m**Horizontaler Wasserdruck OW****Pfeiler** $b_{\text{Einfluss}}$  6,00 m $\Sigma H_{\text{ow},1,i}$  2.068 kN/m $\Sigma M_{\text{Wh},\text{OW},1,i}$  16.291 kNm/m $H_{\text{ow},1,i}$  12.405 kN $M_{\text{Wh},\text{OW},1,i}$  97.747 kNm $a_{h,\text{OW}}$  7,88 m**Wehrfeld** $b_{\text{Einfluss}}$  23,00 m $\Sigma H_{\text{ow},1,i}$  2.056 kN/m $\Sigma M_{\text{Wh},\text{OW},1,i}$  16.260 kNm/m $H_{\text{ow},1,i}$  47.298 kN $M_{\text{Wh},\text{OW},1,i}$  373.983 kNm $a_{h,\text{OW}}$  7,91 m**Horizontaler Wasserdruck UW****Pfeiler** $b_{\text{Einfluss}}$  6,00 m $\Sigma H_{\text{UW},1,i}$  620 kN/m $\Sigma M_{\text{Wh},\text{UW},1,i}$  2.072 kNm/m $H_{\text{UW},1,i}$  3.718 kN $M_{\text{Wh},\text{UW},1,i}$  12.433 kNm $a_{h,\text{UW}}$  3,34 m**Wehrfeld** $b_{\text{Einfluss}}$  23,00 m $\Sigma H_{\text{UW},1,i}$  618 kN/m $\Sigma M_{\text{Wh},\text{UW},1,i}$  2.068 kNm/m $H_{\text{UW},1,i}$  14.205 kN $M_{\text{Wh},\text{UW},1,i}$  47.557 kNm $a_{h,\text{UW}}$  3,35 m

Gleitnachweis

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	456	2·1/2	1	456
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	2·1/2	1	17.699
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	22.086	2·1/2	1	22.086
+	Dambalken OW	2.400	1	1	2.400
+	Dambalken UW	840	1	1	840
-	SWD-Pfeiler	38.848	2	2	77.695
-	SWD-Wehrfeld ÜB	19.893	1+2·1/2	2	39.786
-	SWD-Wehrfeld HB	51.975	1+2·1/2	2	103.950
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				370.539
-	<b>Auftrieb</b>				221.431
	<b>G<sub>k</sub></b>				149.108

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.405	2	2	24.810
-	H-Druck Wehrfeld OW	47.298	1+2·1/2	2	94.596
+	H-Druck Pfeiler UW	3.718	2	2	7.436
+	H-Druck Wehrfeld UW	14.205	1+2·1/2	2	28.411
-	<b>destabilisierend</b>				119.406
+	<b>stabilisierend</b>				35.847
	<b>Wasserdruck H<sub>w,k</sub></b>				83.559

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421
+	pass. Erddruck Pfeiler UW	7.402	2	2	14.804
+	pass. Erddruck Wehrfeld UW	28.375	1+2·1/2	2	56.749
-	<b>destabilisierend</b>				5.574
+	<b>stabilisierend</b>				71.554

**Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	83.559	1,20	100.271
Erddruck	5.574	1,20	6.689

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>106.960 kN</b>
---------------------------------------	-------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	149.108 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

**R<sub>t,d</sub> = G<sub>k</sub> · tan(φ) / γ<sub>R,h</sub> = 79.847 kN**

Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.554 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,30

**E<sub>pt,d</sub> = 0,5 · E<sub>pt,k</sub> / γ<sub>R,e</sub> = 27.521 kN**

**Nachweis Gleiten**

T <sub>d</sub> =	<b>106.960 kN</b>
R <sub>t,d</sub> + E <sub>pt,d</sub> =	<b>107.368 kN</b>

<b>E/R = 1,00 = 1,00</b>	Nachweis erfüllt.
--------------------------	-------------------

**Gleitnachweis mit Kohäsion****Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	83.559	1,20	100.271
Erddruck	5.574	1,20	6.689

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>106.960 kN</b>
---------------------------------------	-------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

## Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	149.108 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

<b>R<sub>t,d</sub> = G<sub>k</sub> · tan(φ) / γ<sub>R,h</sub> =</b>	<b>79.847 kN</b>
---	------------------

## Bemessungswert Gleitwiderstand durch Kohäsion

Kohäsion c <sub>u,k</sub>	3,0 kN/m <sup>2</sup>
Fläche	2288 m <sup>2</sup>
γ <sub>R,h</sub>	1,10

<b>R<sub>t,d</sub> = c<sub>u,k</sub> · A / γ<sub>R,h</sub> =</b>	<b>6.240 kN</b>
--	-----------------

## Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.554 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,30

<b>E<sub>pt,d</sub> = 0,5 · E<sub>pt,k</sub> / γ<sub>R,e</sub> =</b>	<b>27.521 kN</b>
--	------------------

**Nachweis Gleiten**

<b>T<sub>d</sub> =</b>	<b>106.960 kN</b>
<b>R<sub>t,d</sub> + E<sub>pt,d</sub> =</b>	<b>113.608 kN</b>

<b>E/R =</b>	<b>0,94 &lt; 1,00</b>	Nachweis erfüllt.
--------------	-----------------------	-------------------

**Anlage 14 Nachweis der Gleitsicherheit mit angepasstem Sohlwasserdruck,  
Revision + BHQ1**

**Sohlenwasserdruckberechnung Pfeiler**

Eingangswerte:	WSP OW	325,90	$\Delta h$ [m] = 9,40
	WSP UW	316,50	
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40	
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70	
	UK Pfeiler	304,30	
			$h_o$ [m] = 13,50
			$h_u$ [m] = 5,80
			$\lambda$ [-] = 10,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L <sub>i</sub> [m]	Δh L <sub>i</sub> /L <sub>ges</sub> [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	59,00	0,00	59,00	1,05	17,71
1.1	301,00	11,40	0,00	24,90	5,50	11,40	114,00	0,00	114,00	2,02	21,63
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	5,50	16,90	169,00	0,00	169,00	2,99	14,55
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	16,90	169,00	1,80	170,80	3,03	14,50
3	308,45	3,95	2,55	17,45	1,95	18,85	188,50	4,35	192,85	3,42	11,91
4	308,45	3,95	5,50	17,45	0,00	18,85	188,50	9,85	198,35	3,51	11,76
5	306,75	5,65	3,40	19,15	1,70	20,55	205,50	13,25	218,75	3,87	12,87
6	306,75	5,65	15,55	19,15	0,00	20,55	205,50	28,80	234,30	4,15	12,42
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,45	23,00	230,00	31,85	261,85	4,64	14,08
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	4,67	14,04
8.1	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	4,67	14,04
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	23,00	230,00	33,45	263,45	4,67	14,04
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	29,40	294,00	33,45	327,45	5,80	5,80

Kontrolle d. Länge: 33,45 m	$L_i' = \lambda \Sigma L_{v,i} + \Sigma L_{h,i}$	$L_{ges}' = \lambda \Sigma L_{v,ges} + \Sigma L_{h,ges}$	$P_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L_i'}{L_{ges}'} \right)$
	$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		

**Resultierender Sohlenwasserdruck Pfeiler**

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b <sub>i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>so,i</sub> [kN/m]	b <sub>ges</sub> - Σb <sub>i</sub> [m]	Hebelarm a <sub>v,so,i</sub> [m]	Teilmoment M <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
0	13,50	1	17,71	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	17,71	1.1	21,63	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	21,63	1.2	14,55	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	14,55	2	14,50	1,80	261,4	31,65	32,55	8.509,0
2	14,50	3	11,91	2,55	336,7	29,10	30,42	10.242,4
3	11,91	4	11,76	5,50	650,9	23,60	26,36	17.155,8
4	11,76	5	12,87	3,40	418,6	20,20	21,87	9.157,7
5	12,87	6	12,42	15,55	1.966,6	4,65	12,47	24.525,5
6	12,42	7	14,08	3,05	404,2	1,60	3,09	1.250,4
7	14,08	8	14,04	1,60	225,0	0,00	0,80	180,1
8	14,04	8.1	14,04	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	14,04	8.2	14,04	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	14,04	9	5,80	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

Summen Sohle	Σb <sub>i</sub> [m]	ΣV <sub>so,i</sub> [kN/m]	Σa <sub>v,so,i</sub> [m]	ΣM <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
	33,45	4.263,6	16,66	71.020,9

**Sohlenwasserdruckberechnung Wehrfeld**

Eingangswerte:	WSP OW	325,90	$\Delta h$ [m] = 9,40
	WSP UW	316,50	
	Z <sub>Boden,OW</sub>	312,40	
	Z <sub>Boden,UW</sub>	310,70	
	UK Pfeiler	304,30	
			$h_o$ [m] = 13,50
			$h_u$ [m] = 5,80
			$\lambda$ [-] = 10,0

Pkt.	Höhe Z <sub>i</sub> [m ü NN]	Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>h,i</sub> [m]	h <sub>o</sub> + Z <sub>si</sub> [m]	L <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>v,i</sub> [m]	λΣL <sub>v,i</sub> [m]	ΣL <sub>h,i</sub> [m]	L <sub>i</sub> [m]	Δh L <sub>i</sub> /L <sub>ges</sub> [m]	P <sub>so,i</sub> /ρ <sub>w</sub> g [m]
0	312,40	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50
1	306,50	5,90	0,00	19,40	5,90	5,90	59,00	0,00	59,00	1,01	17,76
1.1	301,00	11,40	0,00	24,90	5,50	11,40	114,00	0,00	114,00	1,96	21,72
1.2	306,50	5,90	0,00	19,40	5,50	16,90	169,00	0,00	169,00	2,90	14,69
2	306,50	5,90	1,80	19,40	0,00	16,90	169,00	1,80	170,80	2,94	14,64
3	308,95	3,45	2,55	16,95	2,45	19,35	193,50	4,35	197,85	3,40	11,44
4	308,95	3,45	5,50	16,95	0,00	19,35	193,50	9,85	203,35	3,50	11,29
5	307,25	5,15	3,40	18,65	1,70	21,05	210,50	13,25	223,75	3,85	12,42
6	307,25	5,15	15,55	18,65	0,00	21,05	210,50	28,80	239,30	4,11	11,98
7	304,30	8,10	3,05	21,60	2,95	24,00	240,00	31,85	271,85	4,67	14,03
8	304,30	8,10	1,60	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	4,70	13,98
8.1	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	4,70	13,98
8.2	304,30	8,10	0,00	21,60	0,00	24,00	240,00	33,45	273,45	4,70	13,98
9	310,70	1,70	0,00	15,20	6,40	30,40	304,00	33,45	337,45	5,80	5,80

Kontrolle d. Länge: 33,45 m	$L_i' = \lambda \sum L_{v,i} + \sum L_{h,i}$	$L_{ges}' = \lambda \sum L_{v,ges} + \sum L_{h,ges}$	$P_{so,i} = \rho_w \cdot g \cdot \left( h_o + z_{si} - \frac{\Delta h \cdot L_i'}{L_{ges}'} \right)$
	$Z_{si} = Z_{Boden,OW} - Z_i$		

**Resultierender Sohlenwasserdruck Wehrfeld**

Pkt.	Randwert Trapez links	Pkt.	Randwert Trapez rechts	Trapezbreite b <sub>i</sub> [m]	Teilresult. V <sub>so,i</sub> [kN/m]	b <sub>ges</sub> - Σb <sub>i</sub> [m]	Hebelarm a <sub>v,so,i</sub> [m]	Teilmoment M <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
0	13,50	1	17,76	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1	17,76	1.1	21,72	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.1	21,72	1.2	14,69	0,00	0,0	33,45	33,45	0,0
1.2	14,69	2	14,64	1,80	264,0	31,65	32,55	8.593,7
2	14,64	3	11,44	2,55	332,5	29,10	30,43	10.118,0
3	11,44	4	11,29	5,50	624,9	23,60	26,36	16.470,4
4	11,29	5	12,42	3,40	402,9	20,20	21,87	8.813,6
5	12,42	6	11,98	15,55	1.897,2	4,65	12,47	23.660,0
6	11,98	7	14,03	3,05	396,7	1,60	3,09	1.223,8
7	14,03	8	13,98	1,60	224,1	0,00	0,80	179,4
8	13,98	8.1	13,98	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.1	13,98	8.2	13,98	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0
8.2	13,98	9	5,80	0,00	0,0	0,00	0,00	0,0

Summen Sohle	Σb <sub>i</sub> [m]	ΣV <sub>so,i</sub> [kN/m]	Σa <sub>v,so,i</sub> [m]	ΣM <sub>v,so,i</sub> [kNm/m]
	33,45	4.142,4	16,67	69.058,8

Koordinatenursprung für Hebelarm auf Unterwasserseite

**Horizontaler Wasserdruck von OW auf Pfeiler**

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8
0	13,50	1	17,71	5,90	2,82	5,02	920,6	4.619,0
1		1.1						
1.1		1.2						
1.2	14,55	2	14,50	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0
2	14,50	3	11,91	-1,95	-1,01	3,14	-257,5	-809,4
3	11,91	4	11,76	0,00	0,00	4,15	0,0	0,0
4	11,76	5	12,87	1,70	0,84	3,29	209,3	688,1
5	12,87	6	12,42	0,00	0,00	2,45	0,0	0,0
6	12,42	7	14,08	2,45	1,20	1,20	324,7	389,5
7	14,08	8	14,04	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
8		8.1						

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]
		7,76	2.108,4

**Horizontaler Wasserdruck von UW auf Pfeiler**

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	5,80	5,80	1,93	8,33	168,2	1.401,7
9	5,80	8.2	14,04	6,40	2,76	2,76	634,8	1.750,2
8.2		8.1						

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]
		3,93	803,0

**Horizontaler Wasserdruck von OW auf Wehrfeld**

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	13,50	13,50	4,50	12,60	911,3	11.481,8
0	13,50	1	17,76	5,90	2,82	5,02	922,1	4.625,2
1		1.1						
1.1		1.2						
1.2	14,69	2	14,64	0,00	0,00	2,20	0,0	0,0
2	14,64	3	11,44	-2,45	-1,28	3,37	-319,5	-1.078,2
3	11,44	4	11,29	0,00	0,00	4,65	0,0	0,0
4	11,29	5	12,42	1,70	0,84	3,79	201,5	762,9
5	12,42	6	11,98	0,00	0,00	2,95	0,0	0,0
6	11,98	7	14,03	2,95	1,44	1,44	383,7	551,1
7	14,03	8	13,98	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
8		8.1						

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]
		7,79	2.099,0

**Horizontaler Wasserdruck von UW auf Wehrfeld**

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	5,80	5,80	1,93	8,33	168,2	1.401,7
9	5,80	8.2	13,98	6,40	2,76	2,76	633,0	1.746,5
8.2		8.1						

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]
		3,93	801,2

**Sohlenwasserdruck****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	10,00 m (siehe Skizze)		
$\sum V_{\text{so},i}$	4.264 kN/m	$\sum M_{V,\text{so},i}$	71.021 kNm/m
$V_{\text{so},i}$	<b>42.636 kN</b>	$M_{V,\text{so},i}$	<b>710.209 kNm</b>
$a_{V,\text{so},i}$	<b>16,66 m</b>		

**Wehrfeld, Übergangsbereich**

$b_{\text{Einfluss}}$	5,20 m (2 · 2,6 m)		
$\sum V_{\text{so},\text{Pf},i}$	4.264 kN/m	$\sum M_{V,\text{so},\text{Pf},i}$	71.021 kNm/m
$\sum V_{\text{so},\text{WF},i}$	4.142 kN/m	$\sum M_{V,\text{so},\text{WF},i}$	69.059 kNm/m
$V_{\text{so},i}$	<b>21.855 kN</b>	$M_{V,\text{so},i}$	<b>364.207 kNm</b>
$a_{V,\text{so},i}$	<b>16,66 m</b>		

**Wehrfeld, Hauptbereich**

$b_{\text{Einfluss}}$	13,80 m		
$\sum V_{\text{so},\text{WF},i}$	4.142 kN/m	$\sum M_{V,\text{so},\text{WF},i}$	69.059 kNm/m
$V_{\text{so},i}$	<b>57.165 kN</b>	$M_{V,\text{so},i}$	<b>953.011 kNm</b>
$a_{V,\text{so},i}$	<b>16,67 m</b>		

**Horizontaler Wasserdruck OW****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	6,00 m		
$\sum H_{\text{ow},1,i}$	2.108 kN/m	$\sum M_{\text{Wh},\text{ow},1,i}$	16.369 kNm/m
$H_{\text{ow},1,i}$	<b>12.650 kN</b>	$M_{\text{Wh},\text{ow},1,i}$	<b>98.214 kNm</b>
$a_{h,\text{ow}}$	<b>7,76 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	23,00 m		
$\sum H_{\text{ow},1,i}$	2.099 kN/m	$\sum M_{\text{Wh},\text{ow},1,i}$	16.343 kNm/m
$H_{\text{ow},1,i}$	<b>48.276 kN</b>	$M_{\text{Wh},\text{ow},1,i}$	<b>375.881 kNm</b>
$a_{h,\text{ow}}$	<b>7,79 m</b>		

**Horizontaler Wasserdruck UW****Pfeiler**

$b_{\text{Einfluss}}$	6,00 m		
$\sum H_{\text{uw},1,i}$	803 kN/m	$\sum M_{\text{Wh},\text{uw},1,i}$	3.152 kNm/m
$H_{\text{uw},1,i}$	<b>4.818 kN</b>	$M_{\text{Wh},\text{uw},1,i}$	<b>18.911 kNm</b>
$a_{h,\text{uw}}$	<b>3,93 m</b>		

**Wehrfeld**

$b_{\text{Einfluss}}$	23,00 m		
$\sum H_{\text{uw},1,i}$	801 kN/m	$\sum M_{\text{Wh},\text{uw},1,i}$	3.148 kNm/m
$H_{\text{uw},1,i}$	<b>18.429 kN</b>	$M_{\text{Wh},\text{uw},1,i}$	<b>72.407 kNm</b>
$a_{h,\text{uw}}$	<b>3,93 m</b>		

Gleitnachweis

## Vertikale Einwirkungen aus Bauwerk und Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
+	EG Pfeiler	82.104	2	2	164.209
+	EG Wehrfeld	69.167	1+2·1/2	2	138.333
+	EG Schütz	2.217	1+2·1/2	2	4.434
+	Wasserauflast Pfeiler OW	261	2	2	521
+	Wasserauflast Pfeiler UW	782	2·1/2	1	782
+	Wasserauflast 1 Wehrfeld OW	9.781	1+2·1/2	2	19.562
+	Wasserauflast 2 Wehrfeld OW	17.699	2·1/2	1	17.699
+	Wasserauflast Wehrfeld UW	31.761	2·1/2	1	31.761
+	Dambalken OW	2.400	1	1	2.400
+	Dambalken UW	840	1	1	840
-	SWD-Pfeiler	42.636	2	2	85.271
-	SWD-Wehrfeld ÜB	21.855	1+2·1/2	2	43.711
-	SWD-Wehrfeld HB	57.165	1+2·1/2	2	114.329
+	<b>G<sub>gesamt</sub></b>				380.540
-	<b>Auftrieb</b>				243.311
	<b>G<sub>k</sub></b>				137.229

## Einwirkungen aus horizontalen Wasserdruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	H-Druck Pfeiler OW	12.650	2	2	25.300
-	H-Druck Wehrfeld OW	48.276	1+2·1/2	2	96.552
+	H-Druck Pfeiler UW	4.818	2	2	9.636
+	H-Druck Wehrfeld UW	18.429	1+2·1/2	2	36.857
-	<b>destabilisierend</b>				121.853
+	<b>stabilisierend</b>				46.493
	<b>Wasserdruck H<sub>w,k</sub></b>				75.360

## Einwirkungen aus Erddruck

Vorz.	Bauwerk	Einzellast [kN]	Faktor	Faktor (add.)	Gesamtlast [kN]
-	akt. Erddruck Pfeiler OW	577	2	2	1.153
-	akt. Erddruck Wehrfeld OW	2.210	1+2·1/2	2	4.421
+	pass. Erddruck Pfeiler UW	7.402	2	2	14.804
+	pass. Erddruck Wehrfeld UW	28.375	1+2·1/2	2	56.749
-	<b>destabilisierend</b>				5.574
+	<b>stabilisierend</b>				71.554

**Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	75.360	1,20	90.431
Erddruck	5.574	1,20	6.689

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>97.120 kN</b>
---------------------------------------	------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	137.229 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

$$R_{t,d} = G_k * \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 73.486 \text{ kN}$$

Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.554 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,30

$$E_{pt,d} = 0,5 * E_{pt,k} / \gamma_{R,e} = 27.521 \text{ kN}$$

**Nachweis Gleiten**

T <sub>d</sub> =	97.120 kN
R <sub>t,d</sub> + E <sub>pt,d</sub> =	101.006 kN

E/R =	0,96 < 1,00	Nachweis erfüllt.
-------	-------------	-------------------

**Gleitnachweis mit Kohäsion****Bemessungswerte Einwirkungsseite**

Lastart	H <sub>k</sub> [kN]	γ	H <sub>d</sub> [kN]
Wasserdruck	75.360	1,20	90.431
Erddruck	5.574	1,20	6.689

<b>Bemessungslast T<sub>d</sub> =</b>	<b>97.120 kN</b>
---------------------------------------	------------------

**Bemessungswerte Widerstandsseite**

## Bemessungswert Gleitwiderstand

G <sub>k</sub>	137.229 kN
Reibungswinkel φ' (Flinz)	30,50 °
tanφ'	0,59
γ <sub>R,h</sub>	1,10

$$R_{t,d} = G_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 73.486 \text{ kN}$$

## Bemessungswert Gleitwiderstand durch Kohäsion

Kohäsion c <sub>u,k</sub>	3,0 kN/m <sup>2</sup>
Fläche	2288 m <sup>2</sup>
γ <sub>R,h</sub>	1,10

$$R_{t,d} = c_{u,k} \cdot A / \gamma_{R,h} = 6.240 \text{ kN}$$

## Bemessungswert des passiven Erddrucks

E <sub>pt,k</sub>	71.554 kN
γ <sub>R,e</sub>	1,30

$$E_{pt,d} = 0,5 \cdot E_{pt,k} / \gamma_{R,e} = 27.521 \text{ kN}$$

**Nachweis Gleiten**

T <sub>d</sub> =	97.120 kN
R <sub>t,d</sub> + E <sub>pt,d</sub> =	107.246 kN

E/R =	0,91	< 1,00	Nachweis erfüllt.
-------	------	--------	-------------------