

Übersichtsskizze:



Prüfvermerk:

Auftraggeber des Verfassers:

Staatliches Amt für Landwirtschaft
und Umwelt Westmecklenburg
Am Elbberg 8/9
19258 Boizenburg



Bauherr:

Staatliches Amt für Landwirtschaft
und Umwelt Westmecklenburg
Am Elbberg 8/9
19258 Boizenburg



Projekt:

Hochwasserschutz Boizenburg

Bauteil / Gewerk:

Sude Sperrwerk

Dokument-ID:

HWSB_SP_LP3_STA_SPERRW_6004

Revision:

0

Teilbauteil / -gewerk:

Sperrwerk, Brücke, Gründung, Flügelwände

Datum:

04.10.2021

Seiten:

1 - 139

Fachgebiet:

Berechnung

Dokumentart:

Stand sicherheitsnachweis

Auftragsnummer:

30100 0506

Dokumenttitel:

Sude Sperrwerk - Statik - Massivbau

Planungskoordination:

RAMBOLL

Zinßer

Projektphase:

Entwurfsplanung

Verfasser:



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48
22763 Hamburg
Tel.: +49-(0)40-32818-0
Fax.: +49-(0)40-32818-139

Bearbeitet:

V. Lohse
Cerek



<u>Projekt:</u>	Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
<u>Dokument-Titel:</u>	Sperrwerk - Gründung, Massivbau Brücke - Massivbau Flügelwände - Spezialtiefbau
<u>Dokument-Art:</u>	Standortsicherheitsnachweis
<u>Dokument-ID:</u>	HWSB_SP_LP3_STA_SPERRW_6004
<u>Verfasser:</u>	Ramboll Deutschland GmbH Jürgen-Töpfer-Straße 48 22763 Hamburg GERMANY www.ramboll.de/services/transport/wasserbau-und-haefen M.Sc. Kacper Cerek Durchwahl: +49 40 32818-163 E-Mail: kacper.cerek@ramboll.com
<u>Auftragsnummer:</u>	30100 0506
<u>Auftraggeber:</u>	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg Am Elbberg 8/9 19258 Boizenburg
<u>Bauherr:</u>	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg Am Elbberg 8/9 19258 Boizenburg

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumenthistorie	5
2 Allgemeines	6
2.1 Vorbemerkung	6
2.2 Bauteile	7
2.3 Verwendete Unterlagen	8
2.4 Verwendete Software	10
2.5 Baustoffe	10
3 Übersichtsskizzen	11
3.1 Übersicht - Bestand	11
3.2 Übersichtslageplan - Sperrwerk	11
3.3 Berechnungsschnitte - Sperrwerk	12
4 Baugrund	13
4.1 Bemessungsprofil	13
4.2 Bodenkennwerte	14
4.3 Spitzendruck- und Mantelreibungswerte	15
4.3.1 Spundwand	15
4.3.2 Stahlrammpfähle	15
5 Wasserstände	16
5.1 Sperrwerk - Querschnitt	16
5.2 Sperrwerk - Längsschnitt (Flussrichtung)	19
5.3 Flügelwand	21
6 Einwirkungen	23
6.1 Brücke	23
6.1.1 Eigengewicht	23
6.1.2 EG - Fahrbahnbelag	23
6.1.3 LM1 - Radlast	23
6.1.4 LM1 - Flächenlast	24
6.2 Sperrwerk	25
6.2.1 Eigengewicht	25
6.2.2 EG - HWS-Tore	25
6.2.3 EG - Brücke + Fahrbahnbelag	25
6.2.4 LM1 - Radlast	25
6.2.5 Q - Brücke (LM1 - Flächenlast)	25
6.2.6 Erdruhedruck	25
6.2.7 Wasserüberdruck	25
6.2.8 LM1 - Ersatzflächenlast	26
6.2.9 Treibgutstoß	26
6.2.10 Eislast	26
6.2.11 Abrostung - Gründungspfähle	26
6.3 Flügelwand	27
6.3.1 aktiver Erddruck	27
6.3.2 Erdwiderstand	27
6.3.3 Wasserüberdruck	27
6.3.4 Eigengewicht	27
6.3.5 EG - Holm	27
6.3.6 Q- Holm	27
6.3.7 Verkehrslast-Flügelwand	27
6.3.8 Abrostung	28
7 BT02-01 - Brückenplatte/Überbau (STR)	29
7.1 Geometrie	29

7.2 Belastungen	34
7.2.1 LF1 - Eigengewicht (G)	34
7.2.2 LF2 - EG - Fahrbahnbelag (G)	34
7.2.3 LF3 - LM1 - Flächenlast (Q)	34
7.2.4 LF4-LF5- LM1 - Radlast (Q)	34
7.2.5 Lastfallmatrix	35
7.3 Berechnung und Bemessung	36
8 BT01-01/02/03 - Sperrwerk - Querschnitt (STR)	52
8.1 Geometrie	52
8.2 Belastungen	57
8.2.1 LF1 - Eigengewicht (G)	57
8.2.2 LF2 - BHW - Erdruhedruck/Außenwasser/Innenwasser (G)	57
8.2.3 LF3 - NW - Erdruhedruck/Außenwasser/Innenwasser (G)	58
8.2.4 LF4 - Bordvoll - Erdruhedruck/Außenwasser/Innenwasser (G)	59
8.2.5 LF5 - Revisionsfall - Erdruhedruck/Außenwasser/Innenwasser (G)	60
8.2.6 LF6 - Erdruhedruck infolge vom Verkehr (Q)	61
8.2.7 LF7 - Brückenlasten (G)	61
8.2.8 LF8 - Brückenlasten (Q)	61
8.2.9 LF9 - Brückenlasten - LM1 (Q)	61
8.2.10 Lastfallmatrix	62
8.3 Berechnung und Bemessung	63
8.3.1 BT01-01 - Außenwand	64
8.3.2 BT01-02 - Mittelwand (Mittelpfeiler)	65
8.3.3 BT01-03 - Bodenplatte	66
8.3.4 BT01-04 - lotrechte Pfähle - Pfahlkräfte	67
9 BT01-05 - Schrägpfähle - Abtragung Horizontalkräfte (GEO-2/STR)	89
9.1 Geometrie	89
9.2 Belastungen	92
9.2.1 BHW - Wasserüberdruck Außen +11,50 mNHN (G)	92
9.2.2 Revisionsfall - Wasserüberdruck Außen bei +9,10 mNHN (G)	93
9.2.3 Bordvoll - Wasserüberdruck Außen +12,50 mNHN (G)	94
9.2.4 Wasserüberdruck Innen +8,50 mNHN (G)	95
9.2.5 Eislasten (Q)	96
9.2.6 Treibgutstoß (Q)	96
9.2.7 Lastfallmatrix	97
9.3 Berechnung und Bemessung	98
9.3.1 Äußere axiale Tragfähigkeit (GEO-2)	100
9.3.1.1 LK2 BHW + Eis - BS-P	100
9.3.1.2 LK3 Revisionsfall- BS-T	100
9.3.1.3 LK4 Bordvoll - BS-A	100
9.3.1.4 Nachweis der äußeren Tragfähigkeit	101
9.3.2 Innere axiale Tragfähigkeit (STR)	104
10 BT01 - Sperrwerk - Aufschwimmen (UPL)	105
10.1 Geometrie	105
10.2 Belastungen	106
10.2.1 EG - Sperrwerk (G)	106
10.2.2 EG - HWS-Tore (G)	106
10.2.3 EG - Brücke + Fahrbahnbelag (G)	107
10.2.4 EG - Wasser Innen (G)	107
10.2.5 Auftrieb - BHW (G)	107
10.2.6 Auftrieb - Revisionsfall (G)	107
10.2.7 Auftrieb - Bordvoll (G)	108
10.3 Berechnung	109
10.3.1 LK1/LK2 BHW - BS-P	109
10.3.2 LK3 Revisionsfall - BS-T	109
10.3.3 LK4 Bordvoll - BS-A	110

11 BT01-04 - lotrechte Pfähle - Abtragung Vertikalkräfte (GEO-2/STR)	111
11.1 Geometrie	111
11.2 Belastungen	115
11.2.1 EG - Sperrwerk (G)	115
11.2.2 EG - HWS-Tore (G)	115
11.2.3 EG - Wasser Innen / Auftrieb (G)	115
11.2.4 EG - Brücke + Fahrbahnbelag (G)	115
11.2.5 Q - Brücke (LM1 - Flächenlast) (Q)	116
11.2.6 Q - LM1 (Q)	116
11.2.7 vertikaler Anteil des Erdruhedrucks (G)	116
11.2.8 maximale Druckkraft aus Berechnung des Sperrwerks	117
11.2.9 maximale Zugkraft aus Berechnung des Sperrwerks	117
11.3 Berechnung und Bemessung	118
11.3.1 äußere axiale Tragfähigkeit (GEO-2)	120
11.3.1.1 Druckpfahl	120
11.3.1.2 Zugpfahl	122
11.3.2 Innere axiale Tragfähigkeit (STR)	123
12 FL01 bis FL04 - Flügelwand	124
12.1 Geometrie	124
12.2 Belastungen	130
12.3 Berechnung und Bemessung	131
12.3.1 Spundwand - LK1-LK3	131
12.3.2 Rundstahlanker - LK1-LK4	133
12.3.3 Spundwand - LK4	137

2 Allgemeines

Hinweis Entwurfsstatik:

Diese Vorbemessung ist eine überschlägige statische Berechnung und Bemessung. Die nachfolgenden statischen Nachweise erfolgen im Rahmen der beauftragten Leistung mit der hier ausreichenden Genauigkeit. Die Nachweisverfahren werden ingenieurmäßig gewählt und angewendet. Es erfolgt eine überschlägige Bemessung der maßgebenden Bauteile, untergeordnete Bauteile werden ohne weiteren Nachweis gewählt.

Bei Abweichungen von den Zeichnungen des Objektplaners gelten die Angaben dieser Vorbemessung, Sollten sich im Rahmen der weiteren Bearbeitung die Planungsrandbedingungen ändern, sind die hiervon betroffenen Nachweise neu zu führen.

Diese statische Berechnung ersetzt nicht die im Rahmen der weiteren Planung verantwortlich zu erstellende Ausführungsstatik.

2.1 Vorbemerkung

Die Länder Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein haben sich im Jahr 2012 zusammen mit der BfG für die Aufstellung einer gemeinsamen Kooperationsvereinbarung zur Verbesserung des Hochwasserabflusses in der unteren Mittelelbe verabredet. Aufgrund der Ergebnisse erteilte das Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt MV dem Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt WM den Auftrag, eine Konzeption zur Verbesserung des Hochwasserschutzes mit weiteren baulichen Maßnahmen, wie z. B. Deichrückverlegungen, Anlage von Flutpoldern oder Erhöhung bestehender Anlagen zu erarbeiten.

Die Planung zur Behebung des Defizits der Hochwasserschutzlinie wurde in zwei Teilprojekte aufgeteilt. Teilprojekt 1 „Rückdeichung Hafendeich“ beinhaltet die Planung der Hochwasserschutzlinie zwischen Hafenmauer Boizenburg bis zum Anschluss an den rechten Sudedeich nördlich der Ortschaft Gothmann.

Teilprojekt 2 „Sude Hochwassersperrwerk“ beinhaltet die Planung eines neuen Hochwassersperrwerkes sowie die Erhöhung der Elbedeiche Boizenburg und Mahnkenwerder bis zu Landesgrenze.

Das Bauwerk setzt sich aus den folgenden Hauptteilen zusammen.

- Sperrwerk Massivbau
- Stahlbetonbrücke Massivbau
- Technikgebäude Massivbau
- Spundwandbauwerke/Flügelwände - Stahlwasserbau/Spezialtiefbau
- Hochwasserschutzstore Stahlwasserbau
- (Spundwandkasten/Baugrube Spezialtiefbau)

Die vorliegende Statik befasst sich ausschließlich mit der Bemessung des Sperrwerkes, der Brücke und der Flügelwände. Im Rahmen der statischen Berechnungen der Entwurfsplanung wird die Brückenplatte, das Sperrwerk (Querschnitt), die Abtragung der Horizontallasten durch Schrägpfähle, die Abtragung der Vertikallaste durch lotrechte Pfähle, das Aufschwimmen des Bauwerks und die Flügelwände nachgewiesen.

2.2 Bauteile

Das Projekt wird in die folgenden Bauteile bzw. Gewerke, die in diesem Dokument behandelt werden, unterteilt.

Bauteil-Nr.	Teilbauteil-Nr.	Bezeichnung
000		Bauteilübergreifend
	00	<i>Teilbauteilübergreifend</i>
BT01		Sperrwerk
	00	<i>Teilbauteilübergreifend</i>
	01	<i>Außenwände</i>
	02	<i>Mittelwand (Mittelpfeiler)</i>
	03	<i>Bodenplatte</i>
	04	<i>lotrechte Pfähle</i>
	05	<i>Schrägpfähle</i>
BT02		Brücke
	00	<i>Teilbauteilübergreifend</i>
	01	<i>Brückenplatte/Überbau</i>
	02	<i>Lager</i>
FL01		Flügelwand - Nord-West
	00	<i>Teilbauteilübergreifend</i>
FL02		Flügelwand - Nord-Ost
	00	<i>Teilbauteilübergreifend</i>
FL03		Flügelwand - Süd-West
	00	<i>Teilbauteilübergreifend</i>
FL04		Flügelwand - Süd-Ost
	00	<i>Teilbauteilübergreifend</i>

2.3 Verwendete Unterlagen

- [1] **INGE Ramboll/IKD**, Hochwasserschutz Boizenburg - Sude Sperrwerk - Design Basis - Revision 0, Bericht Nr. HWSB_SP_LP4_BER_SPERRW_6001_Design Basis-Sperrwerk und Baugrube_Rev0, Stand: 09.2021
- [2] **Baugrundgutachten (noch nicht vorliegend)**
- [3] **Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" - EAU**, 12. Auflage 2020, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- [4] **Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle" - EA-Pfähle**, 2. Auflage 2012, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- [5] **DIN EN 1992-1-1**, 01.11, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [6] **DIN EN 1992-1-1/NA**, 04.13, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [7] **DIN EN 1997-1**, 03.14, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- [8] **DIN EN 1997-1/NA**, 12.10, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
- [9] **DIN EN 1992-2**, 12.10, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken - Bemessungs- und Konstruktionsregeln
- [10] **DIN EN 1992-2**, 04.13, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken - Bemessungs- und Konstruktionsregeln
- [11] **DIN EN 19702**, 02.13, Massivbauwerke im Wasserbau - Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit
- [12] **Jahresbericht 2014 - EA-Pfähle**, Bautechnik 91 (2014) Heft 12
- [13] **DIN EN 1993-1-1**, 12.10, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [14] **DIN EN 1993-1-1/A1**, 07.14, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Änderung A1
- [15] **DIN EN 1993-1-1/NA**, 12.18, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [16] **DIN EN 1990**, 12.10, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung
- [17] **DIN EN 1990/NA**, 12.10, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung
- [18] **DIN EN 1990/NA/A1**, 08.12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Änderung A1
- [19] **DIN EN 1991-2**, 12.10, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken
- [20] **DIN EN 1991-2/NA**, 08.12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken

-
- [21] **DIN EN 1992-2**, 12.10, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken - Bemessungs- und Konstruktionsregeln
- [22] **DIN EN 1992-2**, 04.13, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 2: Betonbrücken - Bemessungs- und Konstruktionsregeln

2.4 Verwendete Software

Programm	Version	Hersteller	Verwendung
VCMaster	2020.01	Veit Christoph GmbH	Erstellung des Dokuments
GGU-RETAIN	10.36	GGU Software	Berechnung und Bemessung der Spundwand
RFEM	5.26	Dlubal	Berechnung und Bemessung - Stahlbau/Massivbau

2.5 Baustoffe

Spundwand	S240GP
Baustahl	S355 / S235
Beton	C20/25(LP) / C30/37

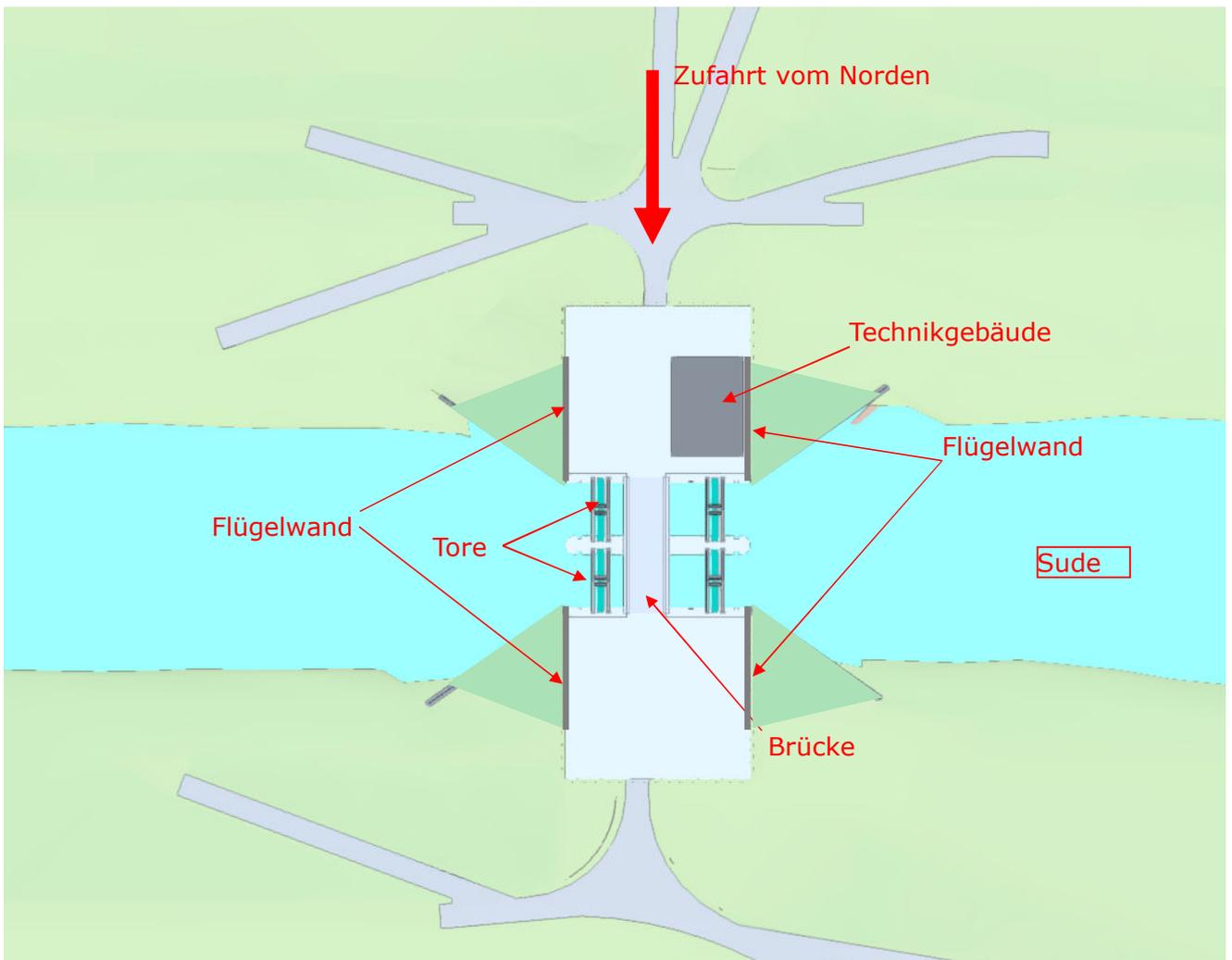
3 Übersichtsskizzen

Alle grafischen Darstellungen in diesem Dokument sind - wenn nicht anders angegeben - ohne Maßstab!

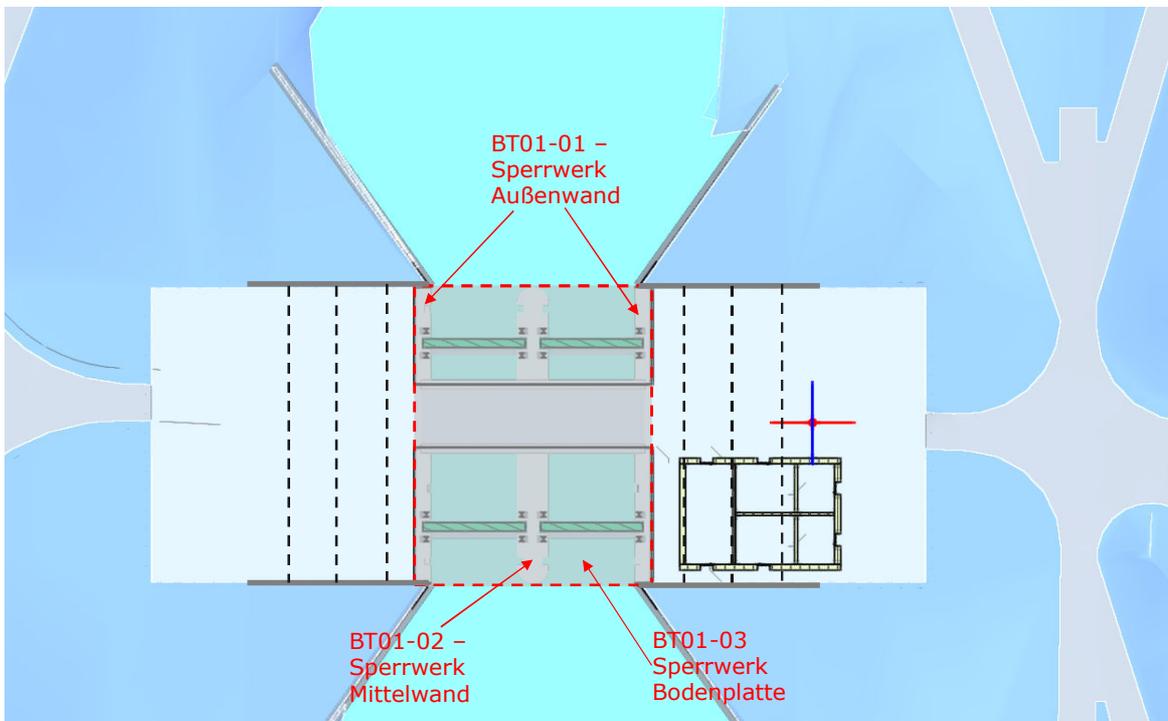
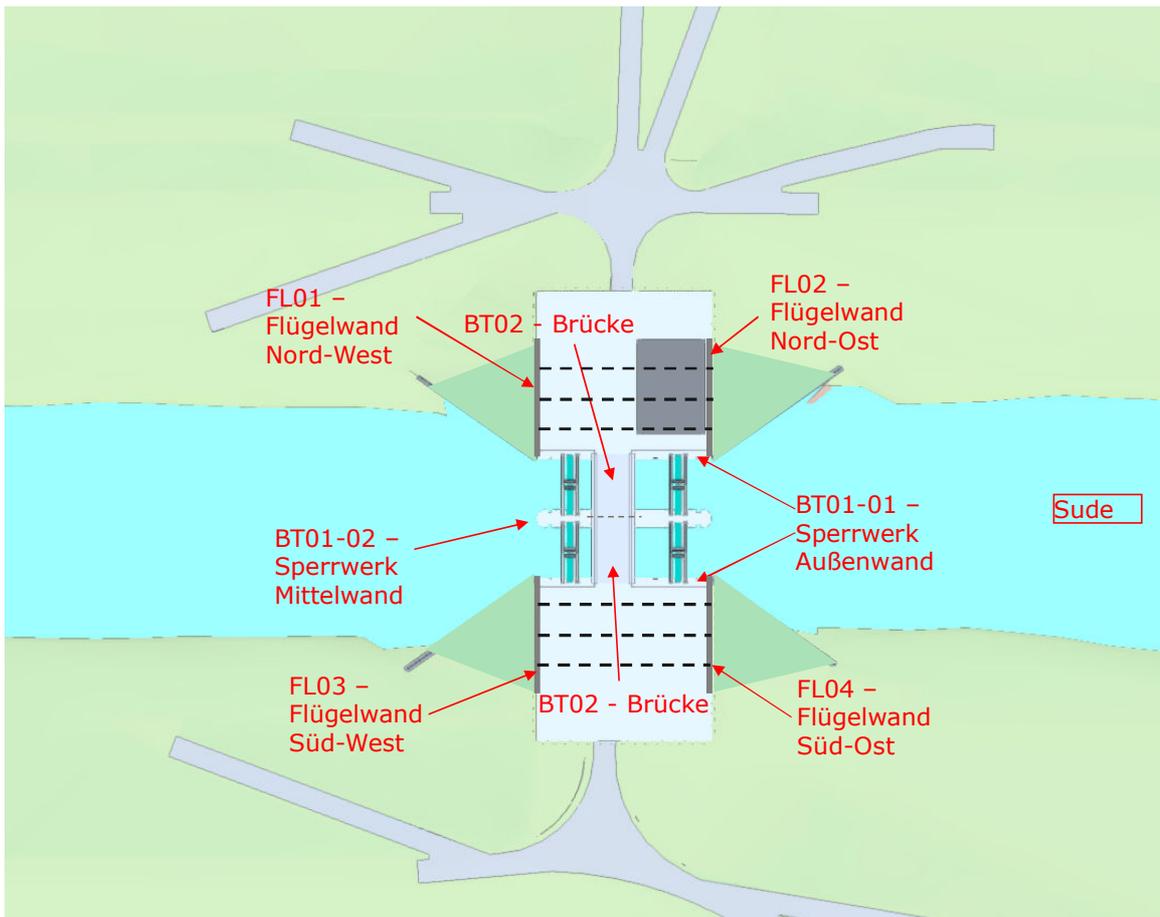
3.1 Übersicht - Bestand



3.2 Übersichtslageplan - Sperrwerk



3.3 Berechnungsschnitte - Sperrwerk



4 Baugrund

Hier werden die Angaben zum Baugrund gem. der Design Basis [1] und dem Baugrundgutachten [2] aufgeführt.

Die nachfolgenden geotechnischen Berechnungsgrundlagen sind zwingend in weiteren Planungsphasen, nach Fertigstellung des Baugrundgutachtens und geohydrologischen Gutachtens, zu überprüfen und ggf. anzupassen.

4.1 Bemessungsprofil

Tabelle 3-2: Bemessungsprofil - Entwurfsplanung

Anmerkung	Schichtoberkante	Bodenart
	m NHN	
Über UK Sperrwerk	+3,80	Holozäne Sande
-	-3,00	Pleistozäne Sande
Weichschicht	-6,70	Beckenschluff
-	-9,20	Pleistozäne Sande
Unterkante Erkundung	-12,20	(Pleistozäne Sande)

Sperrwerk

Zu Vereinfachung der Berechnungen wird es angenommen, dass sich ausschließlich die Hinterfüllung hinter den Wänden des Sperrwerks befindet. Für die Hinterfüllung werden die folgenden Höhenlagen angenommen

- OK Hinterfüllung = OK Sperrwerk +12,50 m NHN
- UK Hinterfüllung = UK Sperrwerk +2,00 m NHN

Flügelwände

Für die Spundwandberechnung wird die OK des gewachsenen Bodens (Holozäne Sande) bei +3,50 m NHN angenommen.

- OK Hinterfüllung = GOK +12,50 m NHN
- UK Hinterfüllung = Gewässersohle +3,50 m NHN

4.2 Bodenkennwerte

Tabelle 3-1: Bodenkennwerte - Entwurfsplanung

Bodenparameter	Bodenart		
	Holozäne Sande	Pleistozäne Sande	Becken-schluff
Wichte des feuchten Bodens γ [kN/m ³]	18,0	19,0	18,0
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ' [kN/m ³]	10,5	11,0	8,0
Steifemodul E_s [MN/m ²]	25-40	80	3
Anfangsscherfestigkeit:			
Kohäsion des undrÄinierten Bodens c_u [kN/m ²]	-	-	50
Endscherfestigkeit:			
Effektiver Reibungswinkel φ' [°]	31,0	35,0	20,0
Effektive Kohäsion c' [kN/m ²]	-	-	5
Durchlässigkeit k [m/s]	$1 \cdot 10^{-4} - 6 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$< 1 \cdot 10^{-9}$

Für die Hinterfüllung werden die folgenden Bodenkennwerte angenommen.

- Wichte / Wichte unter Auftrieb γ / γ' = 18,0 / 10,0 kN/m³
- Reibungswinkel φ = 30,0°
- keine Kohäsion
- Erdruhedruckbeiwert $K_{0gh} = 1 - \sin\varphi$ = 0,50 [-]

4.3 Spitzendruck- und Mantelreibungsbeiwerte

Für die Auftriebssicherung der UWBS in der Baugrube werden Stahlrampfpfähle eingebaut. Die Pfähle werden ebenso für die Tiefgründung des Sperrwerks benutzt.

4.3.1 Spundwand

Tabelle 3-3: Spitzendruck und Mantelreibung – Spundwand - Entwurfsplanung

Spundwand				
Bodenart	Schichtoberkante	Zug	Druck	
		Mantelreibung	Spitzendruck	Mantelreibung
	m NHN	kN/m ²	MN/m ²	kN/m ²
Holozäne Sande	+3,80	20	9	20
Pleistozäne Sande	-3,00	45	22	45
Beckenschluff	-6,70	0	0	0
Pleistozäne Sande	-9,20	45	22	45

Die Spitzendruck- und Mantelreibungswerte für Stahlträgerprofil (z. B. HP-

4.3.2 Stahlrampfpfähle

Tabelle 3-4: Spitzendruck und Mantelreibung – Stahlträgerprofil - Entwurfsplanung

Stahlträgerprofil				
Bodenart	Schichtoberkante	Zug	Druck	
		Mantelreibung	Spitzendruck	Mantelreibung
	m NHN	kN/m ²	MN/m ²	kN/m ²
Holozäne Sande	+3,80	40	9	40
Pleistozäne Sande	-3,00	95	22	95
Beckenschluff	-6,70	0	0	0
Pleistozäne Sande	-9,20	95	22	95

Der bindige Boden (Beckenschluff) weist die Scherfestigkeit $c_u > 30 \text{ kN/m}^2$ auf, daher findet das Knicken in der Schicht nicht statt. Hier wird auf Kap. 7.8 der DIN EN 1997-1 [7] verwiesen.

Die negative Mantelreibung ist ebenso nicht anzusetzen.

5 Wasserstände

Hier werden die Angaben zu Wasserständen gem. der Design Basis [1] aufgeführt.

5.1 Sperrwerk - Querschnitt

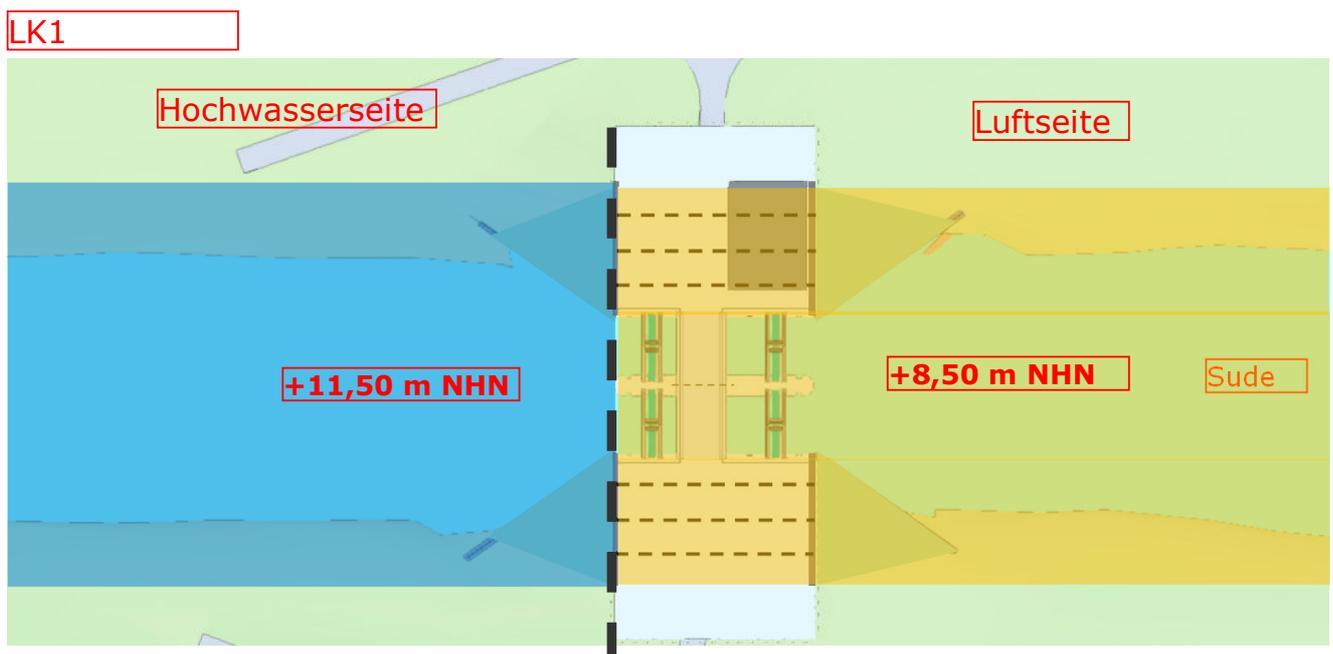
Für die Querschnittsberechnung wird es angenommen, dass der Hochwasserstand hinter den Wänden des Sperrwerks steht.

Tabelle 5-2: Bemessungswasserstände – Sperrwerk - Querschnitt

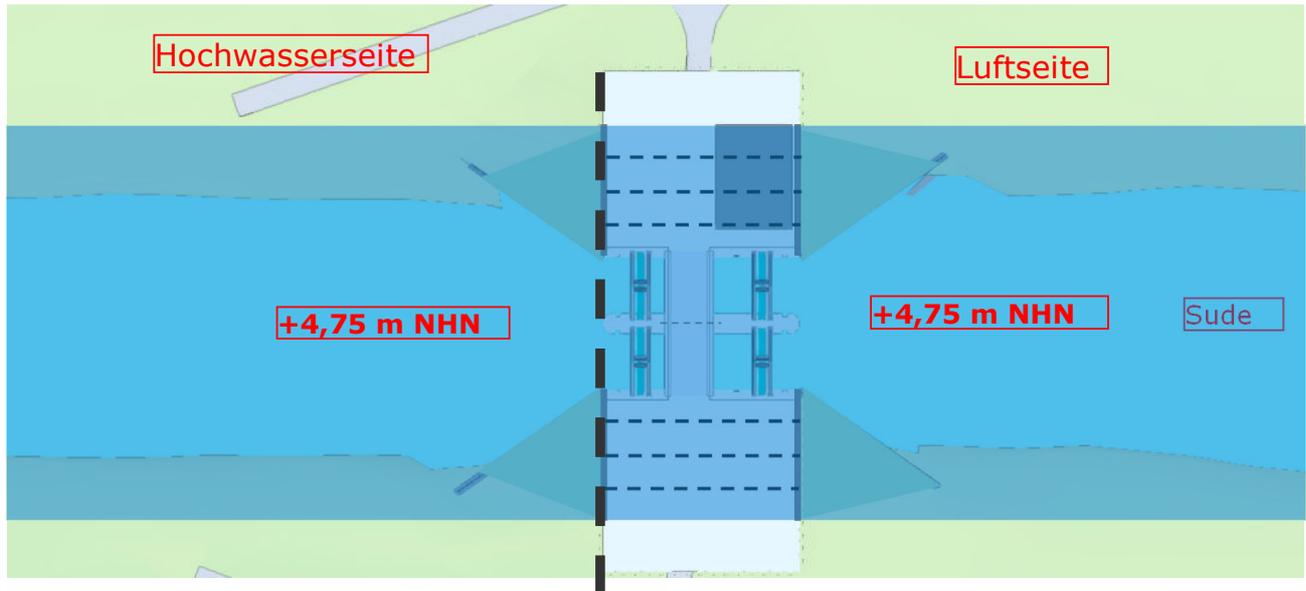
Bemes- sungs-situa- tion	Lastkombination		Grundwasserstand		Wasser- stand in Kammer	Wasserüber- druck
			[m NHN]		[m NHN]	Δh [m]
BS-P	LK1 (Tore ge- schlossen)	Bemessungs- hochwasser- stand	BHW-EZ	+11,50	+8,50	3,0
	LK2	NW	NW	+4,75	+4,75	0,0
BS-T (Revisionsfall)	LK3	Revisionsfall	-	+9,10	1 Kammer trocken +3,50/ 1 Kammer +9,10	5,6
BS-A	LK4	Bordvoll	OK Sperrwerk	+12,50	+8,50	4,0

Nach Abstimmung mit AG wird eine **maximale Wasserspiegeldifferenz von 3,0 m** (Außenwasser – Innenwasser) festgelegt. Es wird dadurch gewährleistet, dass die HWS-Tore erst bei **+8,50 m NHN** geschlossen werden.

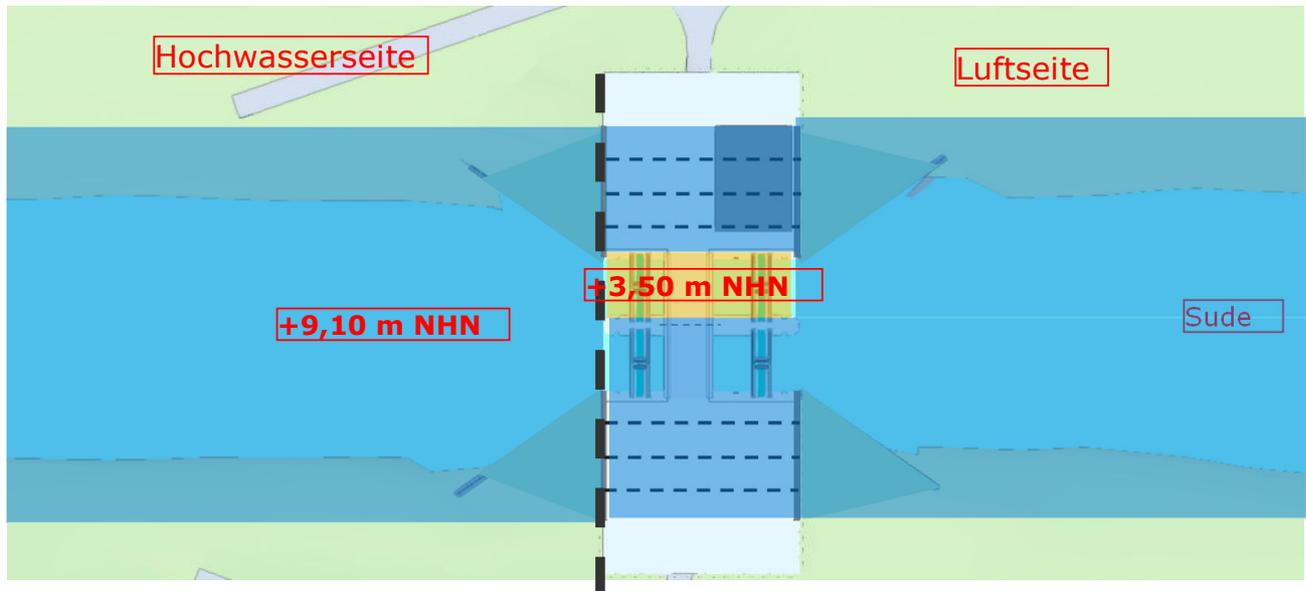
Für den **Revisionsfall**, wobei eine Sperrwerkammer trockengelegt wird, wird es angenom-
men, dass der **Außenwasserstand maximal bei +9,10 m NHN** liegen darf. **Falls der Au-
ßenwasserstand höher ansteigt, sind zwingend die zusätzlichen Maßnahmen zur Si-
cherung des Sperrwerks gegen Auftrieb (z.B. Überfluten der Kammer) zu ergreifen!**



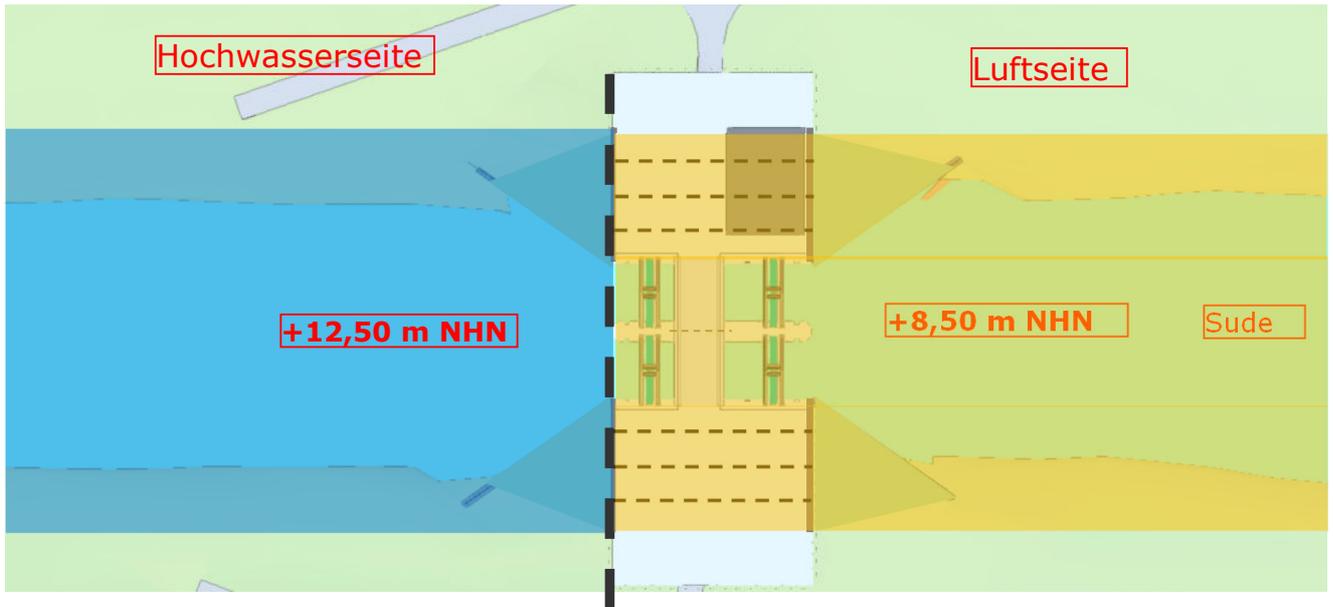
LK2



LK3



LK4

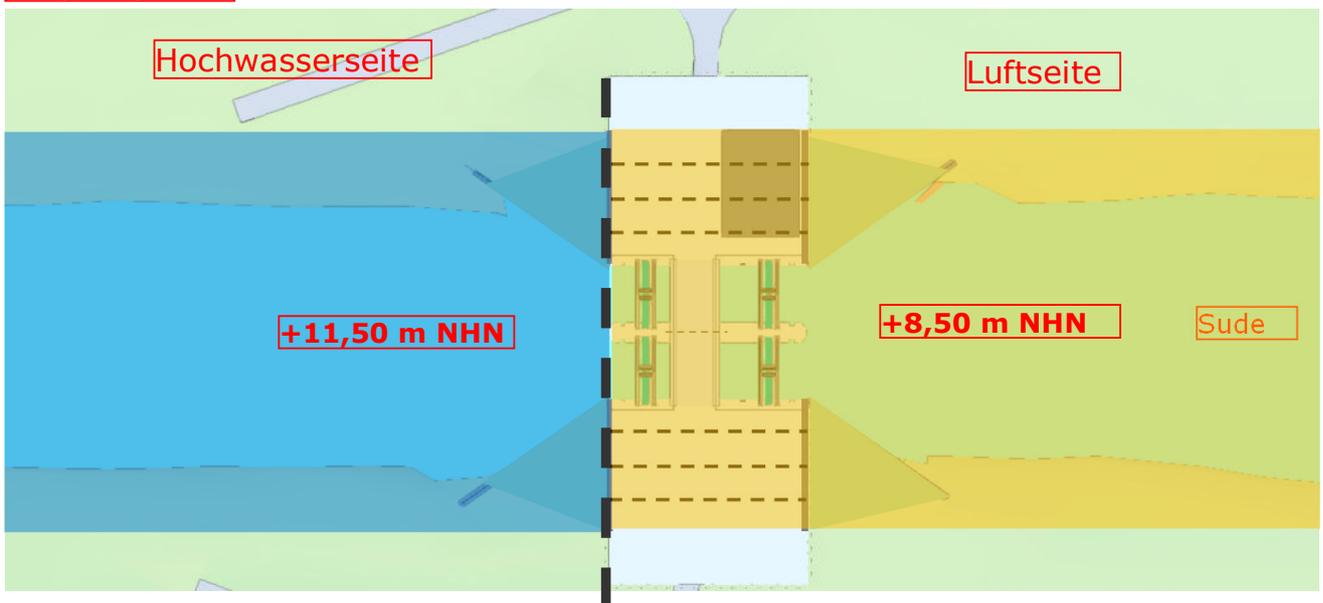


5.2 Sperrwerk - Längsschnitt (Flussrichtung)

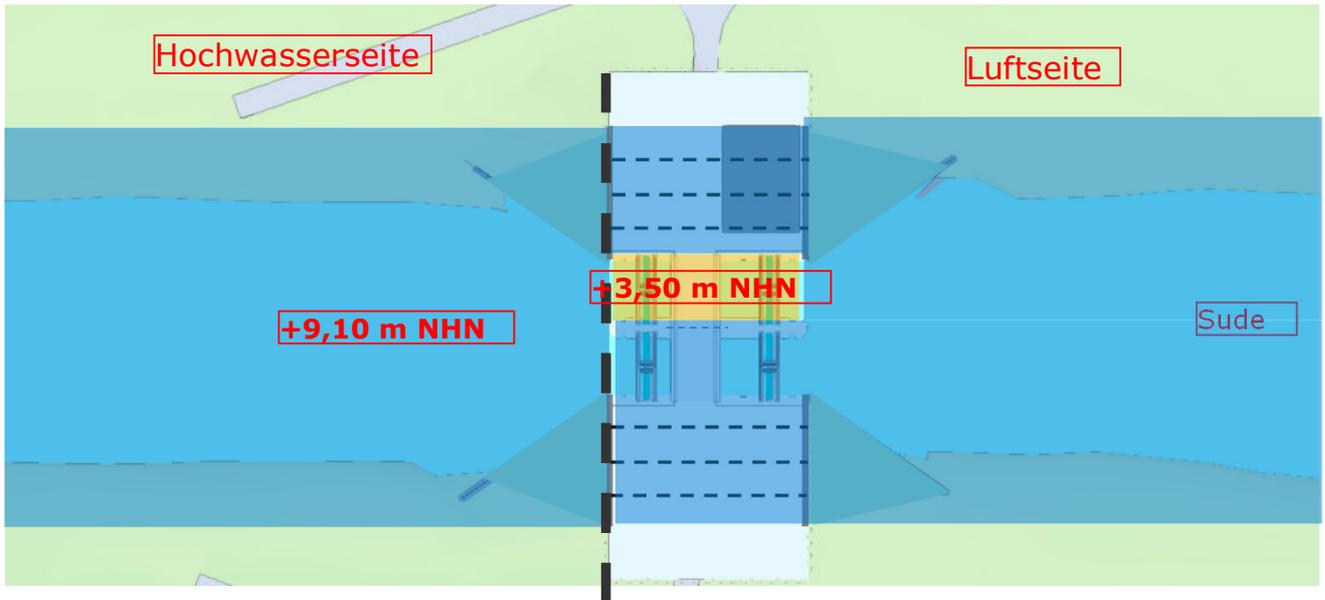
Tabelle 5-3: Bemessungswasserstände – Sperrwerk – Längsschnitt (Flussrichtung)

Bemessungssituation	Lastkombination		Wasserstand in Sude Oberwasser		Wasserstand in Sude Unterwasser	
			Wst,O [m NHN]		Wst,U [m NHN]	
BS-P	LK1	Bemessungshochwasser	BHW-EZ	+11,50	BHW-3m	+8,50
	LK2	Bemessungshochwasser + Eis	BHW-EZ	+11,50	BHW-3m	+8,50
BS-T (Revisionsfall)	LK3	Revisionsfall	-	+9,10	OK Sohle (eine Kammer)	+3,50
BS-A	LK4	Bordvoll	OK Sperrwerk	+12,50	Bordvoll-4m	+8,50
	LK5	Bemessungshochwasser + Treibgutstoß	BHW-EZ	+11,50	BHW-3m	+8,50

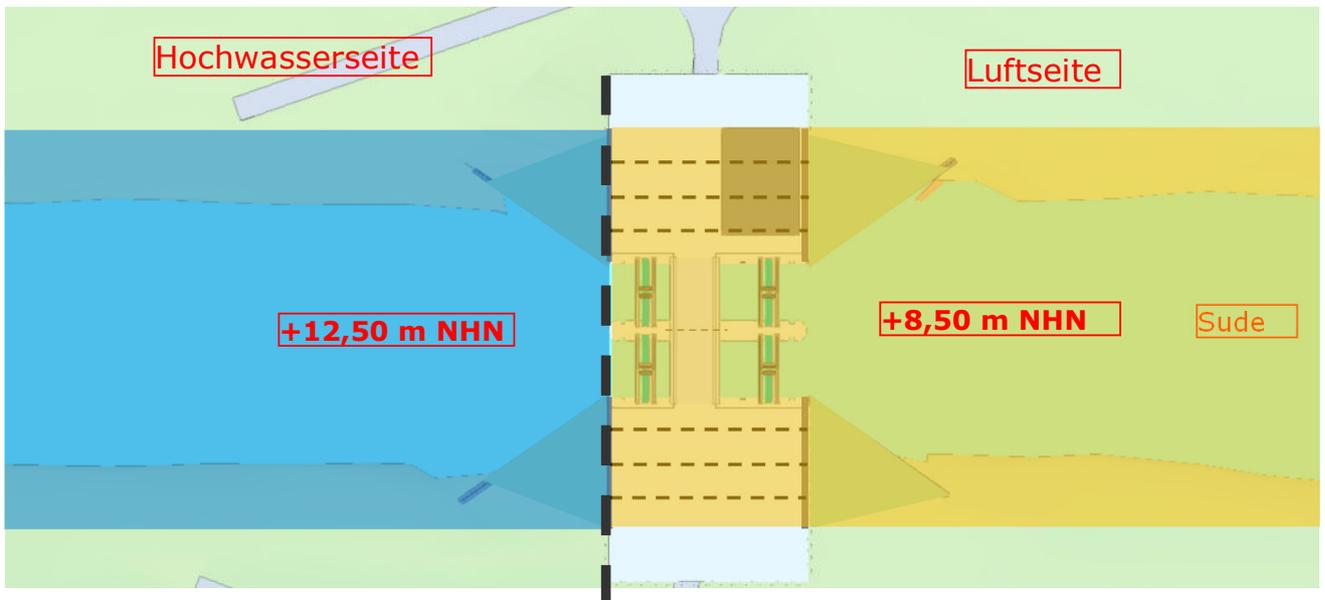
LK1/LK2/LK5



LK3



LK4



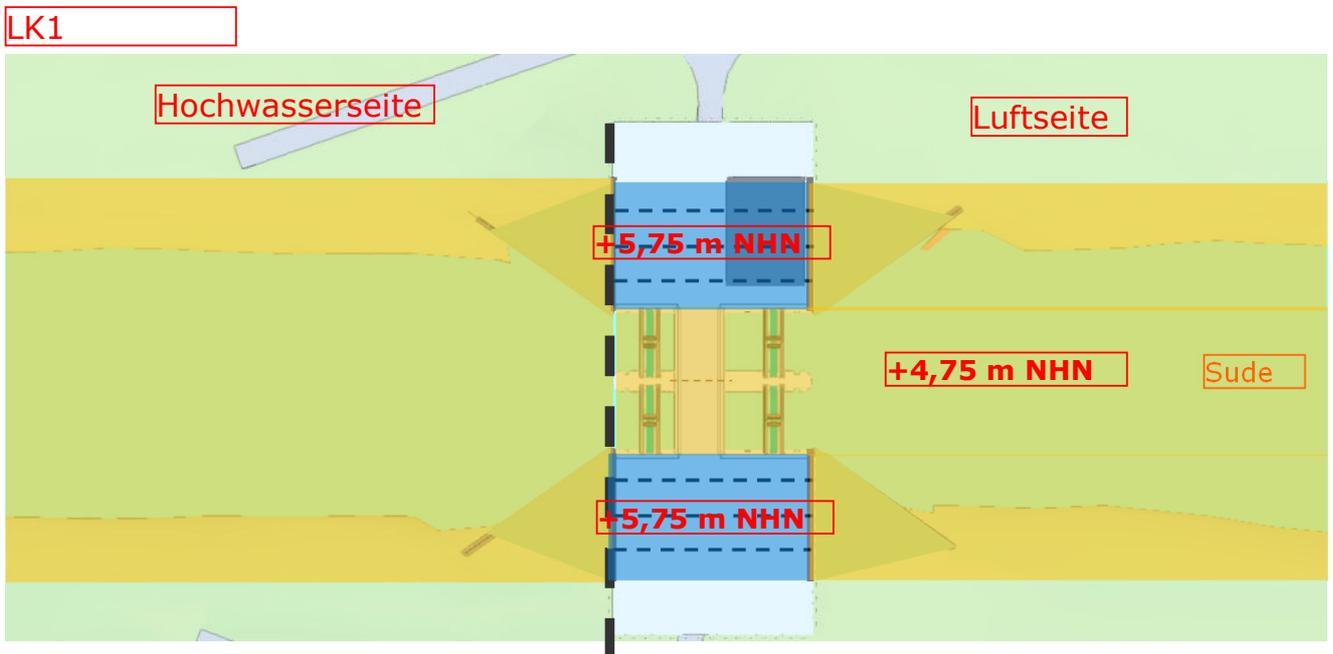
5.3 Flügelwand

Die Tabelle 5-4 beinhaltet die anzusetzenden Wasserstände für die Berechnung der Flügelwände. Es werden die Wasserstände für Nicht-Tidegebiet nach (Kap. 3.3.2 - Abb. 3.2 - Situation-2b) EAU 2020 [5] sowie die herrschenden Niedrigwasserstände mit der Annahme des Wasserüberdrucks von 1,0 m angesetzt.

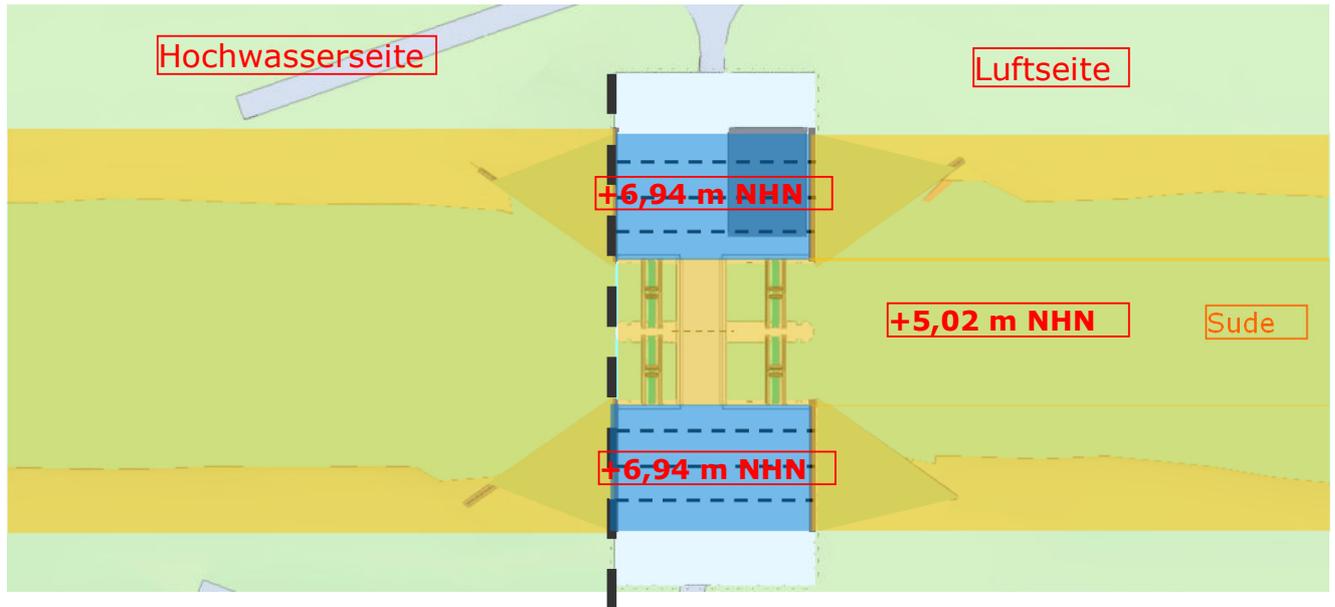
Für den Spundwandschnitt an OK Berme, wobei die GOK bei etwa +7,75 m NHN liegt, wird ein quasi-EAU-2b-Lastfall untersucht, wobei die Wasserspiegeldifferenz in Bezug auf OK Berme angesetzt wird.

Tabelle 5-4: Bemessungswasserstände – Flügelwand

Bemes- sungs- situa- tion	Lastkombination		Grundwasserstand		Wasser- stand in Sude	Wasserüber- druck
			[m NHN]		[m NHN]	Δh [m]
BS-P	LK1	NW	NW	+5,75	+4,75	1,0
	LK2	EAU-2b	MNW	+5,02	+6,94	1,92
	LK4	quasi-EAU-2b	Berechnungs- sohle + 1,92m	+9,17	+7,25 (Berechnungs- sohle)	1,92
BS-A	LK3	Ende Nut- zungsdauer - Abrostung	MNW	+5,02	+6,94	1,92



LK2/LK3



6 Einwirkungen

6.1 Brücke

6.1.1 Eigengewicht

Es sind die folgenden Eigengewichte von Baustoffen anzusetzen.

$$\gamma_{\text{Stahlbeton,k}} = 25,0 \text{ kN/m}^3$$

6.1.2 EG - Fahrbahnbelag

Die Lasten sind gem. der Design Basis [1] anzusetzen.

$$s_{\text{Fahrbahn,k}} = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

6.1.3 LM1 - Radlast

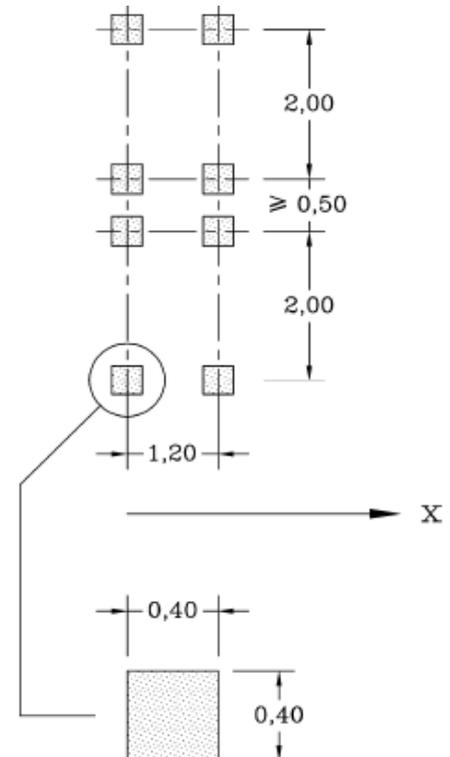
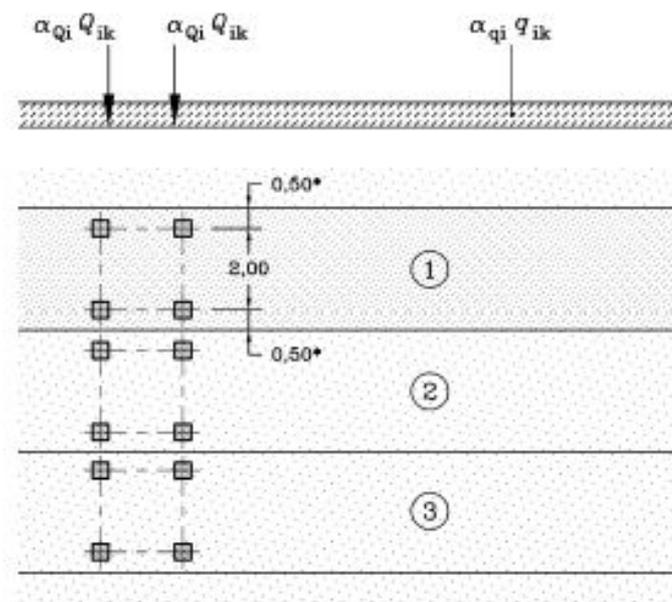
Die Lasten sind gem. der Design Basis [1] anzusetzen.

Radlast LM1 $Q_{\text{Rad,1k}}$	=	150,0 kN
Anpassungsfaktor α_{Q1}	=	1,00
$Q'_{\text{Rad,1k}}$	=	$\alpha_{Q1} * Q_{\text{Rad,1k}}$ = 150,0 kN
Radaufstandsfläche $A_{\text{Rad,Q1}}$	=	$0,4 * 0,4$ = 0,2 m ²
$q_{\text{Rad,1k}}$	=	$Q'_{\text{Rad,1k}} / A_{\text{Rad,Q1}}$ = 750,0 kN/m ²

Die Radlast kann unter dem Winkel von 45° bis zur Achse der Brückenplatte verteilt werden.

$d_{\text{Fahrbahnbelag}}$	=	0,08 m
$d_{\text{Brücke}}$	=	0,60 m
Lastverteilungsbreite $b_{\text{Achse,Q1}}$	=	$0,4 + 2 * (d_{\text{Fahrbahnbelag}} + d_{\text{Brücke}}/2)$ = 1,16 m
Lastverteilungsfläche $A_{\text{Achse,Q1}}$	=	$b_{\text{Achse,Q1}}^2$ = 1,35 m ²
$Q'_{\text{Rad,1k}}$	=	$Q'_{\text{Rad,1k}} / A_{\text{Achse,Q1}}$ = 111 kN/m ²

Modelle sind in Bild 4.2 a dargestellt.



6.1.4 LM1 - Flächenlast

Die Lasten sind gem. der Design Basis [1] anzusetzen.

Flächenlast LM1 q_{1k} =				9,0 kN/m ²
Anpassungsfaktor α_{q1} =				1,33
q'_{1k} =	α_{q1}	*	q_{1k}	= 12,0 kN/m ²

6.2 Sperrwerk

Nachfolgend werden für das Sperrwerk relevanten Einwirkungen angeführt.

6.2.1 Eigengewicht

Es sind die folgenden Eigengewichte von Baustoffen anzusetzen.

$$\gamma_{\text{Stahlbeton,k}} = 25,0 \text{ kN/m}^3$$

6.2.2 EG - HWS-Tore

Das Eigengewicht der HWS-Tore wird in der Entwurfsplanung aufgrund der Vergleichprojekte angenommen.

$$\begin{aligned} \text{Anzahl HWS-Tore } n_{\text{Tore}} &= 4 \text{ Stk.} \\ \text{Eigengewicht HWS-Tor } G_{\text{Tor,k}} &= 250,0 \text{ kN} \\ G_{4\text{Tore,k}} &= n_{\text{Tore}} * G_{\text{Tor,k}} = 1000,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

6.2.3 EG - Brücke + Fahrbahnbelag

Es wird die vertikale Auflagerkraft, die sich aus der Brücke ergibt, ermittelt.

$$\begin{aligned} L_{\text{Brücke}} &= 7,40 \text{ m} \\ d_{\text{Brücke}} &= 0,60 \text{ m} \\ g_{\text{Brücke,k}} &= L_{\text{Brücke}} * (d_{\text{Brücke}} * \gamma_{\text{Stahlbeton,k}} + g_{\text{Fahrbahn,k}}) / 2 = 62,9 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

6.2.4 LM1 - Radlast

Bei der Bemessung der Wand wird eine Vertikallast infolge vom Radlast berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die Radlast direkt in der Achse der Wand angreift. Da es sich um Doppelachse handelt wird die zweifache Last auf der Wand angesetzt. Die Last wird auf der Breite der Brückenplatte verteilt.

$$\begin{aligned} \text{Doppelachse LM1 } Q_{\text{LM1}} &= 2 * Q_{\text{Rad,1k}} = 300,0 \text{ kN} \\ B_{\text{Brücke}} &= 5,50 \text{ m} \\ q_{\text{LM1}} &= Q_{\text{LM1}} / B_{\text{Brücke}} = 54,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

6.2.5 Q - Brücke (LM1 - Flächenlast)

Nachfolgend wird die Auflagerkraft infolge vom LM1 - Flächenlast ermittelt.

$$q_{\text{Brücke,k}} = L_{\text{Brücke}} * q_{\text{1k}} / 2 = 33,3 \text{ kN/m}$$

6.2.6 Erdrudruck

Es ist der Erdrudruck auf die Wände des Sperrwerks anzusetzen.
Die Bodenkennwerte sind dem Kap. Baugrund zu entnehmen.

$$\text{Erdrudruckbeiwert } K_{\text{ogh}} = 0,50$$

6.2.7 Wasserüberdruck

Die anzusetzenden Wasserstände sind dem Kap. Wasserstände zu entnehmen.

$$\gamma_{\text{Wasser,k}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$$

6.2.8 LM1 - Ersatzflächenlast

Die Lasten sind gem. der Design Basis [1] anzusetzen. Die Wände des Sperrwerks werden durch den horizontalen Erddruck infolge vom Verkehr angegriffen.

$$\begin{aligned} \text{Ersatzflächenlast } q_{\text{eq},k} &= 40,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{horizontaler Erddruck aus Verkehr } e_{0\text{ph},k} &= q_{\text{eq},k} * K_{0\text{gh}} = 20,0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

6.2.9 Treibgutstoß

Die Last ist gem. der Design Basis [1] anzusetzen.

$$\begin{aligned} \text{Treibgutstoß Spundwand } Q_{\text{Treibgutstoß,Spw},k} &= 30,0/3,0 = 10,0 \text{ kN/m} \\ \text{Treibgutstoß Beton } Q_{\text{Treibgutstob,Bet},k} &= 100,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

Die Schwerlinie der Last soll bei Außenwasserstand angesetzt werden.

Es kann die Lastangriffsfläche für die Betonbauteile von 0,5mx0,5m angesetzt werden.

$$q_{\text{Treibgutstoß,Bet},k} = Q_{\text{Treibgutstob,Bet},k} / (0,5 * 0,5) = 400,0 \text{ kN/m}^2$$

6.2.10 Eislast

Die Last ist gem. der Design Basis [1] anzusetzen.

$$\begin{aligned} \text{Eisdicke } d_{\text{Eis}} &= 0,30 \text{ m} \\ q_{\text{Eis},k} &= 150,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Eislast } Q_{\text{Eis},k} &= q_{\text{Eis},k} * d_{\text{Eis}} = 45,0 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Die Last soll bei Außenwasserstand angesetzt werden.

6.2.11 Abrostung - Gründungspfähle

Die Abrostung wird im Rahmen der Entwurfsplanung nicht berücksichtigt.

6.3 Flügelwand

6.3.1 aktiver Erddruck

Es ist aktiver Erddruck auf die Spundwand anzusetzen.
Die Bodenkennwerte sind dem. Kap. Baugrund zu entnehmen.
Es ist die Erddruckumlagerung nach (Kap. 8.2.3.2) EAU 2020 [3] anzusetzen.

6.3.2 Erdwiderstand

Da unterhalb der Berechnungssohle nichtbindige Böden mit mindestens mittlerer Festigkeit ($q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$) anstehen, wird für die Ermittlung der Biegemomente der reduzierte Teilsicherheitsbeiwert nach (Kap. 8.2.1.2) EAU 2020 [3] angesetzt.

6.3.3 Wasserüberdruck

Die anzusetzende Wasserstände sind dem Kap. Wasserstände zu entnehmen.

$$\gamma_{\text{Wasser,k}} = 10,0 \text{ kN/m}^3$$

Die Reduzierung des Teilsicherheitsbeiwerts für den Wasserüberdruck nach (Kap. 8.2.1.3) EAU 2020 [3] wird in der Entwurfsplanung nicht angesetzt. Bei Vorliegen der entsprechenden Randbedingungen darf die Reduzierung vorgenommen werden.

6.3.4 Eigengewicht

Es sind die folgende Eigengewichte von Baustoffen anzusetzen.

$$\gamma_{\text{Stahl,k}} = 78,5 \text{ kN/m}^3$$

6.3.5 EG - Holm

Die Last ist gem. Design Basis [1] anzusetzen.
Der Stahlbetonholm hat die Abmessungen von 1,0m x 0,9m (HxB).

$$\text{Eigengewicht Holm } g_{\text{Holm,k}} = 22,5 \text{ kN/m}$$

6.3.6 Q- Holm

Die Last ist gem. Design Basis [1] anzusetzen.
Es wird die Verkehrslast infolge vom Personenverkehr von 5 kN/m² auf der Holmbreite von 0,9 m angesetzt.

$$\text{Verkehr Holm } q_{\text{Holm,k}} = 4,5 \text{ kN/m}$$

6.3.7 Verkehrslast-Flügelwand

Die Last ist gem. Design Basis [1] anzusetzen.

$$\begin{aligned} \text{großflächige Verkehrslast } q_{\text{FL,k}} &= 10,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{Kranlast } q_{\text{Kran,k}} &= 80,0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Die Kranlast ist auf einer Breite von 3,5 m von der Hinterkante Wandkopf anzusetzen.
Die großflächige Verkehrslast ist mit der Kranlast nicht zu überlagern.
Der Nachweis soll in der Bemessungssituation geführt werden.

6.3.8 Abrostung

Die Abrostung ist gem. Design Basis [1] anzusetzen.

Querschnittsabrostung Flügelwand $abr_{Fl} = 2,0 \text{ mm}$

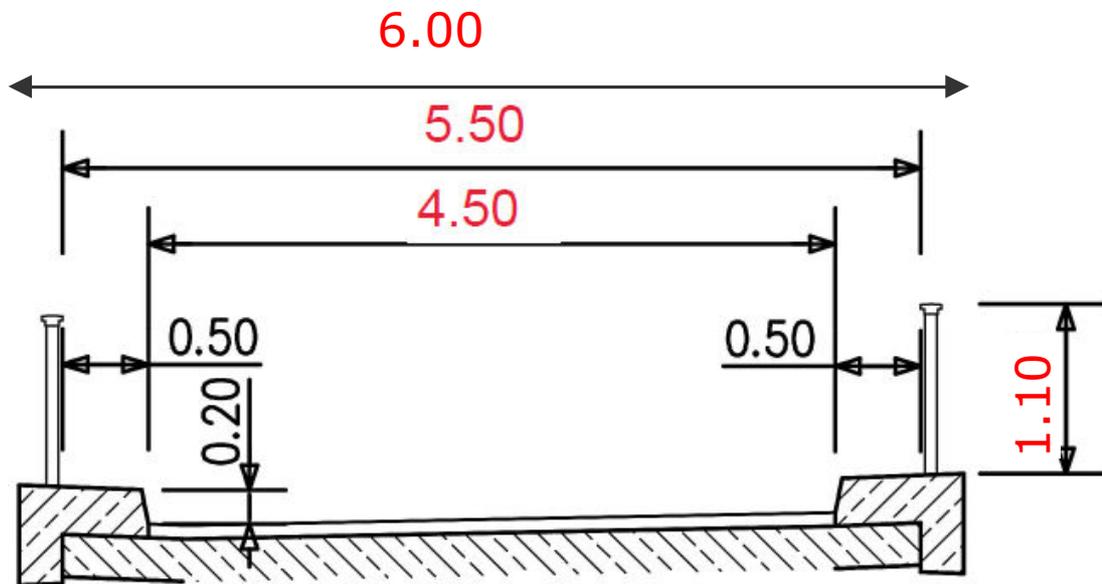
Der Nachweis am Ende der Nutzungsdauer ist in der Bemessungssituation BS-A zu führen.

7 BT02-01 - Brückenplatte/Überbau (STR)

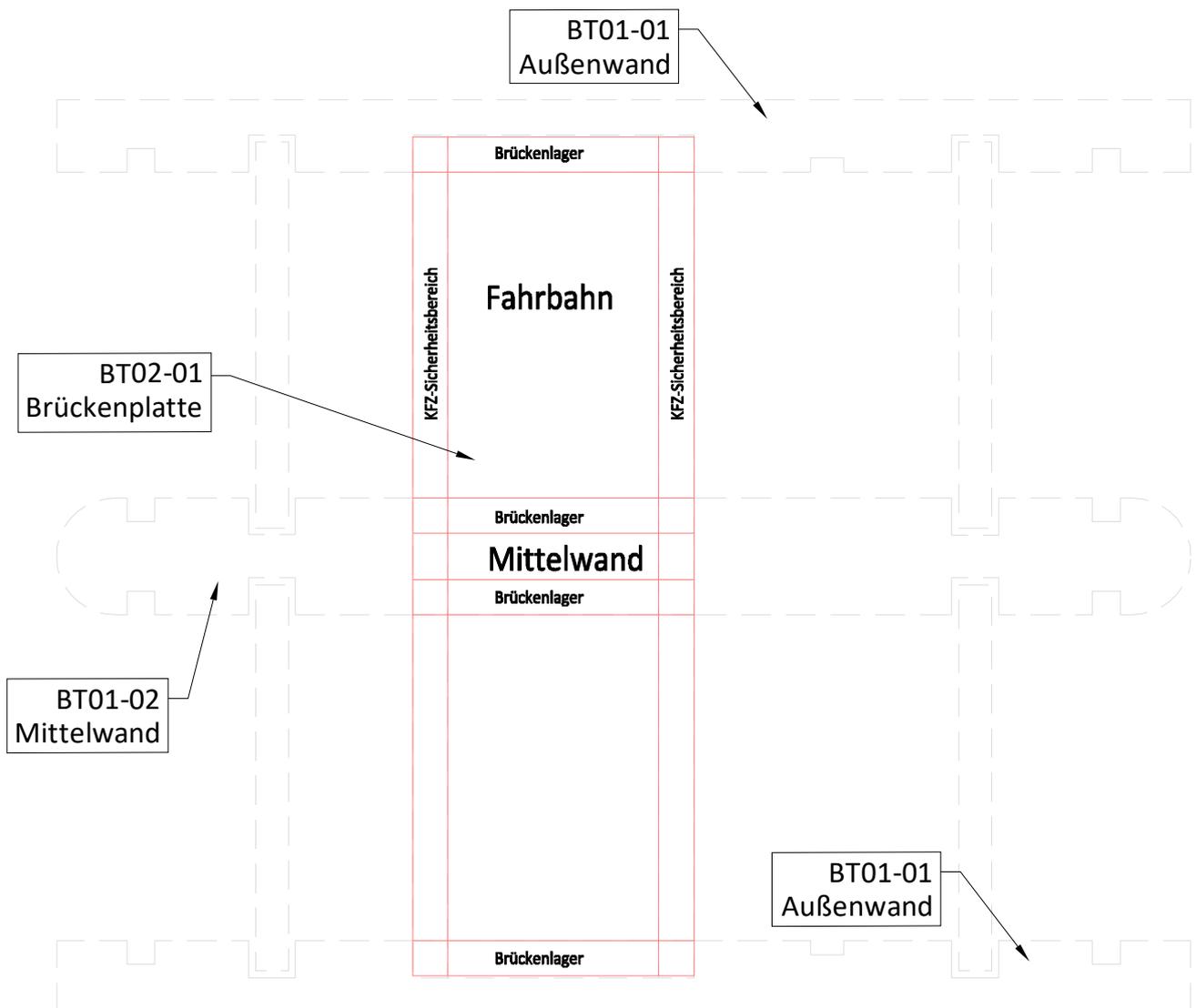
7.1 Geometrie

Querschnitt

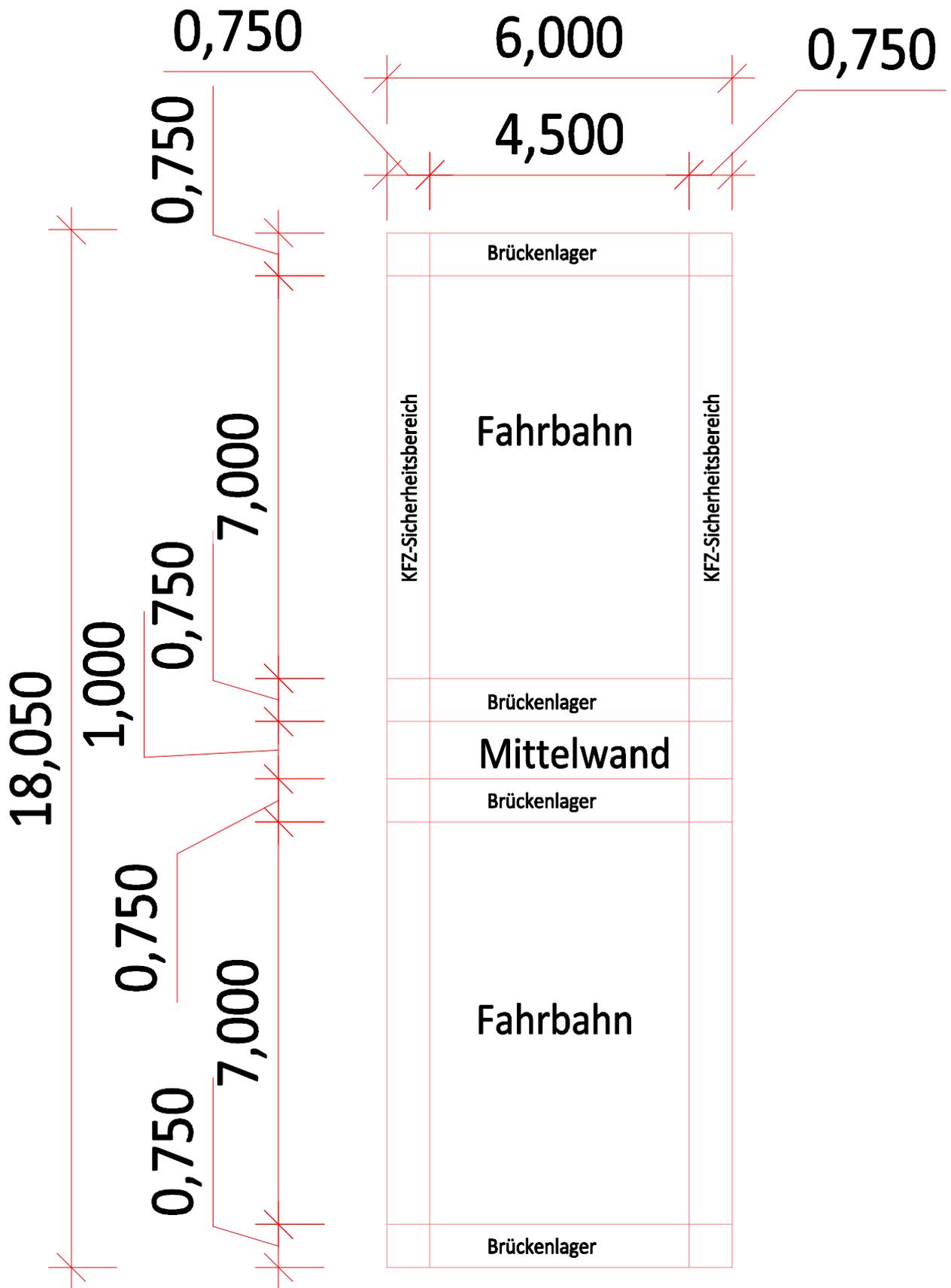
Die Brückenplatte ist 0,60 m dick.



Draufsicht

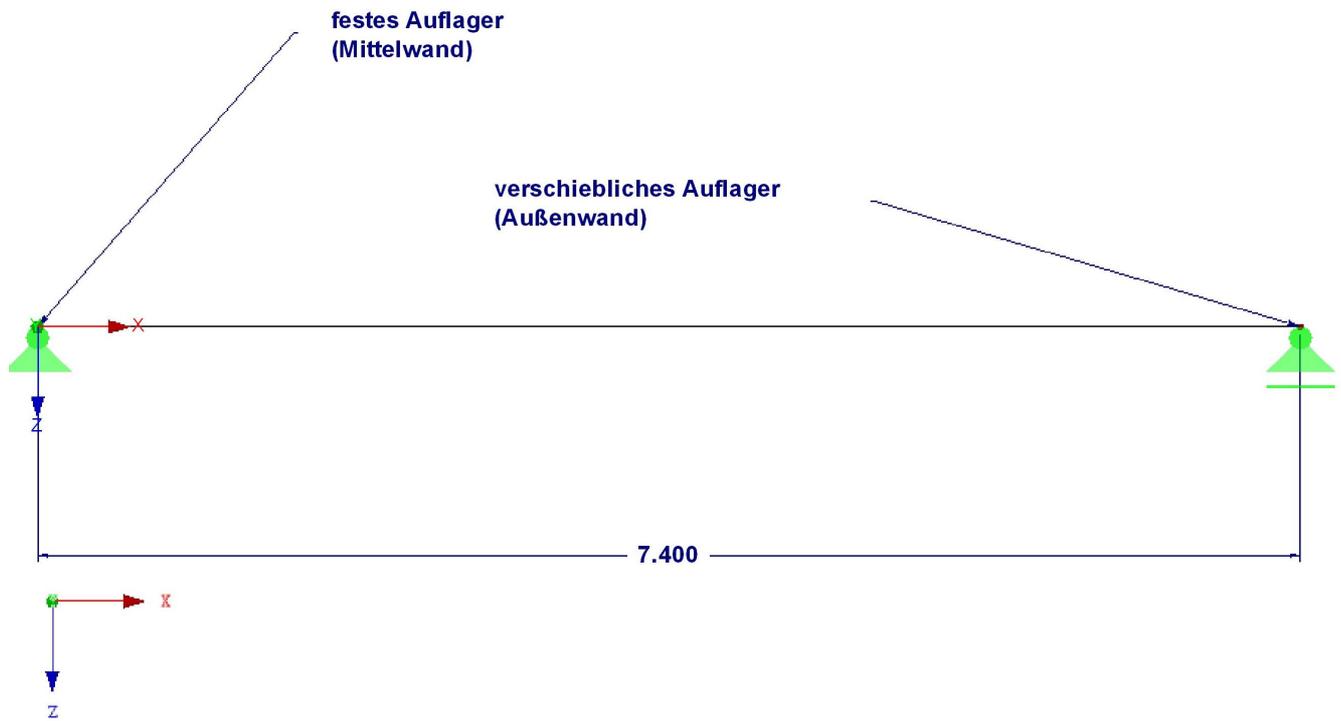


Draufsicht - nur Brücke



statisches System

Die Brücke wird im Rahmen der Entwurfsplanung vereinfachend als ein Einfeldträger nachgewiesen.



7.2 Belastungen

Da die Brücke als ein Einfeldträger berechnet wird, werden die nachfolgenden Lasten pro 1 Meter breite Streife gegeben.

7.2.1 LF1 - Eigengewicht (G)

Das Eigengewicht wird programmintern berücksichtigt.

$$\gamma_{\text{Stahlbeton,k}} = \underline{\underline{25,0 \text{ kN/m}^3}}$$

7.2.2 LF2 - EG - Fahrbahnbelag (G)

Die Last ist auf der ganzen Spannweite anzusetzen.

$$g_{\text{Fahrbahn,k}} = \underline{\underline{2,0 \text{ kN/m}}}$$

7.2.3 LF3 - LM1 - Flächenlast (Q)

Die Last ist auf der ganzen Spannweite anzusetzen.

$$q'_{1k} = \underline{\underline{12,0 \text{ kN/m}}}$$

7.2.4 LF4-LF5- LM1 - Radlast (Q)

Die Lastaufstellung ist dem Kap. Einwirkungen zu entnehmen.

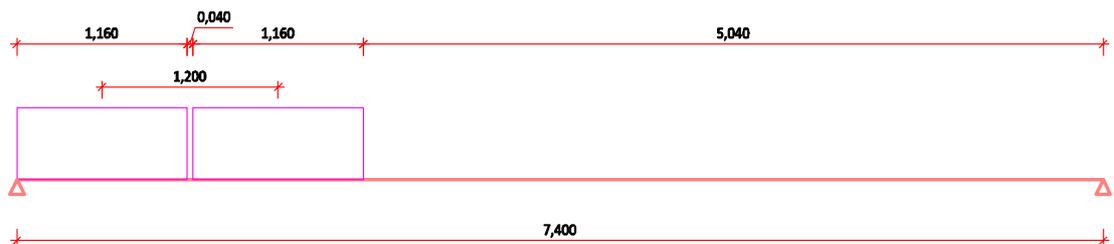
$$b_{\text{Achse,Q1}} = \underline{\underline{1,16 \text{ m}}}$$

$$q'_{\text{Rad,1k}} = \underline{\underline{111,0 \text{ kN/m}}}$$

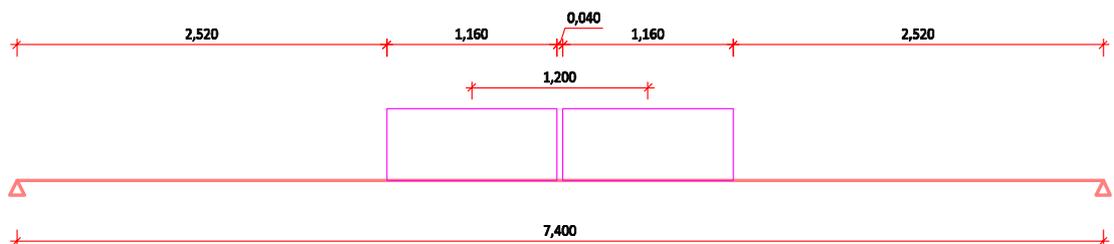
Die Radlast wird als eine wandernde Last angesetzt, d.h. dass die verschiedene Lastaufstellungen untersucht werden.

- Doppelachse am Auflager
- Doppelachse in der Feldmitte

LF4



LF5



7.2.5 Lastfallmatrix

Vereinfachend werden in der Entwurfsplanung die Kombinationsbeiwerte von 1,0 [-] für alle Lastkombinationen angesetzt.

angesetzte Teilsicherheitsbeiwerte in Zellen			Lastfälle				
			LF1	LF2	LF3	LF4	LF5
			EG	EG - Fahrbahnbelag (G)	LM1 - Flächenlast (Q)	LM1 - Radlast (Q) Auflager	LM1 - Radlast (Q) Feldmitte
Lastkombinationen	LK1	Doppelachse Auflager (ULS)	1,35	1,35	1,35	1,35	
	LK2	Doppelachse Auflager (SLS)	1,00	1,00	1,00	1,00	
	LK3	Doppelachse Feldmitte (ULS)	1,35	1,35	1,35		1,35
	LK4	Doppelachse Feldmitte (SLS)	1,00	1,00	1,00		1,00

Für die Verkehrslasten wurde die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen aus Straßen- und Fußgängerverkehr gem. DIN EN 1990/A/A1 [18]. Es wurden die entsprechenden Anpassungsfaktoren für die Verkehrslasten (LM1) gem. DIN EN 1991-2/NA [20] berücksichtigt.

7.3 Berechnung und Bemessung

Die Berechnung und Bemessung erfolgt mit dem Programm RFEM von Dlubal.

Der übliche Plattendicke für eine Plattenbrücke beträgt Spannweite/20 ($7,4/20 \approx 0,4\text{m}$).

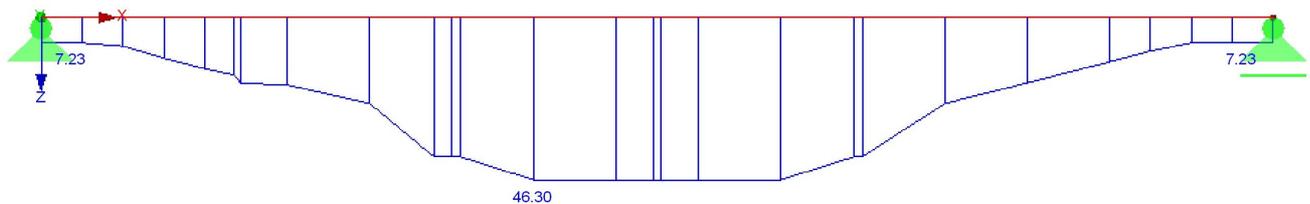
Auf der sicheren Seite liegend wird eine Plattendicke von 0,60 m für die Entwurfsplanung angenommen, da der Nachweis gegen Ermüdung im Rahmen der Entwurfsplanung nicht geführt wird.

Eingangsdaten

Betonklasse: **C30/37**
Expositionsclassen: **XC4, XD1, XF2, WA**
max. w/z **0,50 [-]**
Bewehrungsstahl: **B500B**
Betonüberdeckung: **$c_{\text{nom}} = 55,0 \text{ mm}$**
max. Rissbreite: **$w_{\text{max}} = 0,20 \text{ m}$**

erforderliche Bewehrung

Nachfolgend wird die statisch erforderliche Bewehrung dargestellt. Es zeigt sich, dass der Bewehrungsgehalt plausibel und ausführbar aussieht.



Protokoll



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 1/15

Blatt: 1

MODELL

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke
BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

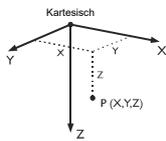
Datum: 30.08.2021

■ **MODELL-BASISANGABEN**

Allgemein	Modellname	: BT02 - Brücke_als Träger_210826
	Modelbezeichnung	: hgfehg
Optionen	<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen	
	<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT	
	<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse	
	<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden	
	<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen	
	Erdbeschleunigung g	: 10.00 m/s ²

■ **FE-NETZ-EINSTELLUNGEN**

Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	: 0.500 m
	Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	ϵ	: 0.001 m
	Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		: 500
Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik		: 10
	<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen <input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt		
Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	Δ_D	: 1.800
	Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	α	: 0.50 °
	Form der Finiten Elemente:		: Drei- und Vierecke <input checked="" type="checkbox"/> Gleiche Quadrate generieren, wo möglich



■ **1.1 KNOTEN**

Knoten Nr.	Knotentyp	Bezugs-Knoten	Koordinaten-System	Knotenkoordinaten		Kommentar
				X [m]	Z [m]	
1	Standard	-	Kartesisch	0.000	0.000	
2	Standard	-	Kartesisch	7.400	0.000	

■ **1.2 LINIEN**

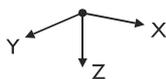
Linie Nr.	Linientyp	Knoten Nr.	Linienlänge L [m]		Kommentar
1	Polylinie	1,2	7.400	X	

■ **1.3 MATERIALIEN**

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl ν [-]	Spez. Gewicht γ [kN/m ³]	Wärmedehnz. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ_M [-]	Material-Modell
1	Baustahl S 235 DIN EN 21000.00	DIN EN 1993-1-1:2010-12 8076.92	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrop linear elastisch
2	Beton C30/37 DIN 2830.00	DIN 1045-1:2008-08 1179.17	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

■ **1.7 KNOTENLAGER**

Lager Nr.	Knoten Nr.	Achsensystem	Lagerung bzw. Feder [kN/m] [kNm/rad]			Kommentar
			u_x	u_z	ϕ_y	
1	1	Global X,Y,Z	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	2	Global X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	





Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 2/15
Blatt: 1
MODELL

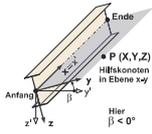
Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke
BT02-01 - Brückenplatte/Überbau
Datum: 30.08.2021

1.13 QUERSCHNITTE



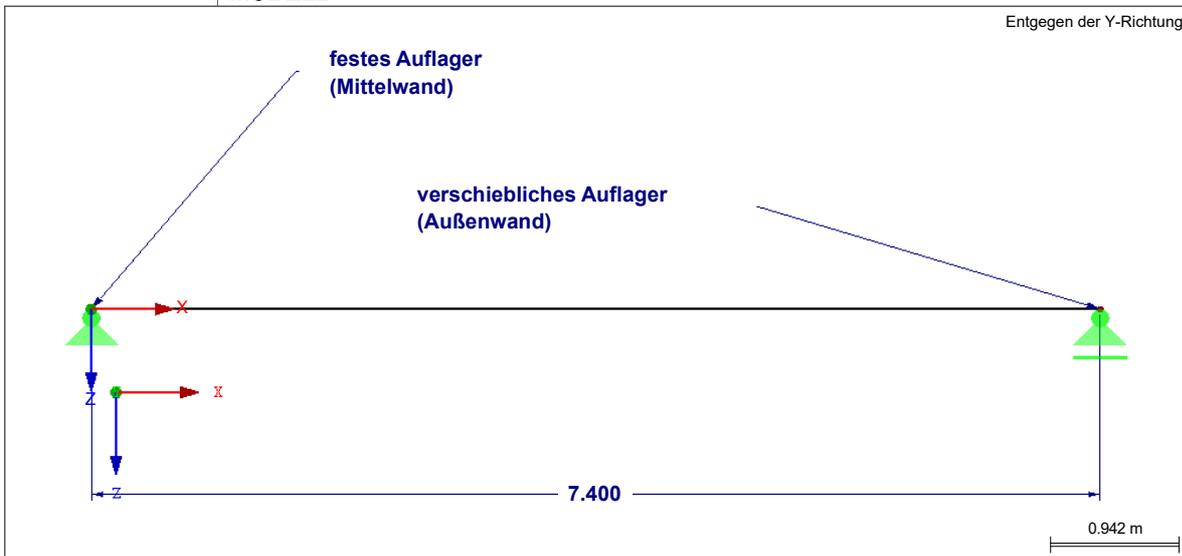
Quers. Nr.	Mater. Nr.	I _y [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	I _z [cm ⁴]	Hauptachsen α [°]	Drehung α' [°]	Gesamtabmessungen [mm]			
							A [cm ²]	A _y [cm ²]	A _z [cm ²]	Breite b
1	Rechteck 1000/600									
	2	6000.00	1800000.13	5000.00	0.00	0.00	1000.0	600.0		

1.17 STÄBE



Stab Nr.	Linie Nr.	Stabtyp	Drehung Typ	β [°]	Querschnitt		Gelenk Nr.		Exz. Nr.	Teilung Nr.	Länge L [m]	X
					Anfang	Ende	Anfang	Ende				
1	1	Balkenstab	Winkel	0.00	1	1	-	-	-	-	7.400	X

MODELL



2.1 LASTFÄLLE

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	Eigengewicht	Ständig	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000		1.000
LF2	EG - fahrbahnbelag (G)	Ständig/Nutzlast	<input type="checkbox"/>			
LF3	LM1 - Flächenlast (Q)	Ständig/Nutzlast	<input type="checkbox"/>			
LF4	LM1 - Radlast (Q) Auflager	Ständig/Nutzlast	<input type="checkbox"/>			
LF5	LM1 - Radlast (Q) Feldmitte	Ständig/Nutzlast	<input type="checkbox"/>			

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastfall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter	
		Berechnungstheorie	Berechnungsverfahren
LF1	Eigengewicht	Berechnungstheorie	<input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input type="radio"/> Newton-Raphson
LF2	EG - fahrbahnbelag (G)	Berechnungstheorie	<input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input type="radio"/> Newton-Raphson
LF3	LM1 - Flächenlast (Q)	Berechnungstheorie	<input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear)
		Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen	<input type="radio"/> Newton-Raphson



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 3/15
Blatt: 1
LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT02 - Brücke
Sude Sperrwerk BT02-01 - Brückenplatte/Überbau
Datum: 30.08.2021

2.1.1 LASTFÄLLE - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastfall	LF-Bezeichnung	Berechnungsparameter
LF4	LM1 - Radlast (Q) Auflager	Berechnungstheorie : <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: : <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) : <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LF5	LM1 - Radlast (Q) Feldmitte	Berechnungstheorie : <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input type="radio"/> Newton-Raphson Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: : <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) : <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)

2.5 LASTKOMBINATIONEN

Lastkombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall	
LK1		Doppelachse Auflager (ULS)	1	1.35	LF1	Eigengewicht
			2	1.35	LF2	EG - fahrbahnbelag (G)
			3	1.35	LF3	LM1 - Flächenlast (Q)
			4	1.35	LF4	LM1 - Radlast (Q) Auflager
LK2		Doppelachse Auflager (SLS)	1	1.00	LF1	Eigengewicht
			2	1.00	LF2	EG - fahrbahnbelag (G)
			3	1.00	LF3	LM1 - Flächenlast (Q)
			4	1.00	LF4	LM1 - Radlast (Q) Auflager
LK3		Doppelachse Feldmitte (ULS)	1	1.35	LF1	Eigengewicht
			2	1.35	LF2	EG - fahrbahnbelag (G)
			3	1.35	LF3	LM1 - Flächenlast (Q)
			4	1.35	LF5	LM1 - Radlast (Q) Feldmitte
LK4		Doppelachse Feldmitte (SLS)	1	1.00	LF1	Eigengewicht
			2	1.00	LF2	EG - fahrbahnbelag (G)
			3	1.00	LF3	LM1 - Flächenlast (Q)
			4	1.00	LF5	LM1 - Radlast (Q) Feldmitte

2.5.2 LASTKOMBINATIONEN - BERECHNUNGSPARAMETER

Lastkombin.	Bezeichnung	Berechnungsparameter
LK1	Doppelachse Auflager (ULS)	Berechnungstheorie : <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: : <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N : <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte V_y und V_z : <input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y, M_z und M_T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: : <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M) : <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) : <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LK2	Doppelachse Auflager (SLS)	Berechnungstheorie : <input type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input type="radio"/> Picard Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: : <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N : <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte V_y und V_z : <input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y, M_z und M_T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: : <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M) : <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) : <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LK3	Doppelachse Feldmitte (ULS)	Berechnungstheorie : <input type="radio"/> Theorie I. Ordnung (linear) Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: : <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N : <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte V_y und V_z : <input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y, M_z und M_T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: : <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M) : <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) : <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)
LK4	Doppelachse Feldmitte (SLS)	Berechnungstheorie : <input type="radio"/> II. Ordnung (P-Delta) Berechnungsverfahren für das System der nichtlinearen algebraischen Gleichungen : <input type="radio"/> Picard Optionen : <input checked="" type="checkbox"/> Entlastende Wirkung von Zugkräften berücksichtigen : <input checked="" type="checkbox"/> Schnittgrößen auf das verformte System beziehen für: : <input checked="" type="checkbox"/> Normalkräfte N : <input checked="" type="checkbox"/> Querkräfte V_y und V_z : <input checked="" type="checkbox"/> Momente M_y, M_z und M_T Steifigkeitsbeiwerte aktivieren für: : <input checked="" type="checkbox"/> Materialien (Teilsicherheitsbeiwert γ_M) : <input checked="" type="checkbox"/> Querschnitte (Faktor für J, I_y, I_z, A, A_y, A_z) : <input checked="" type="checkbox"/> Stäbe (Faktor für $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$)



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 4/15
Blatt: 1
LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT02 - Brücke
Sude Sperrwerk BT02-01 - Brückenplatte/Überbau Datum: 30.08.2021

LF2
EG - fahrbahnbelag (G)

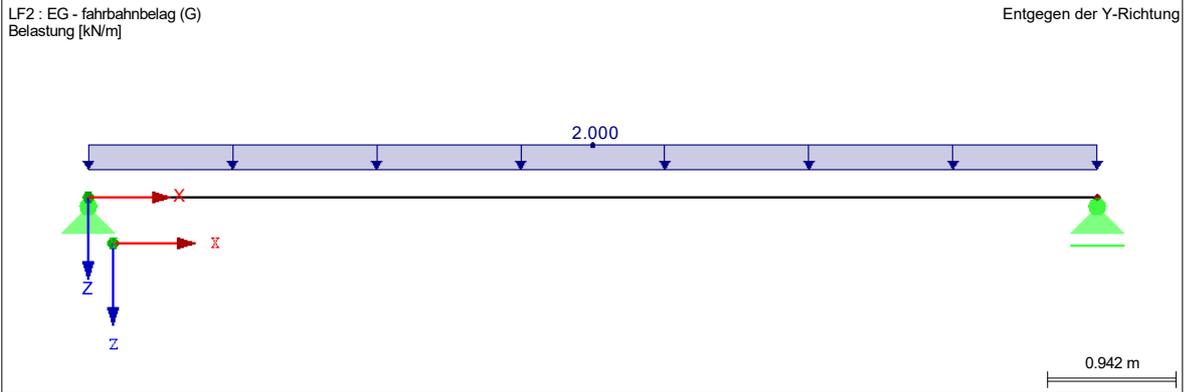
3.2 STABLASTEN LF2: EG - fahrbahnbelag (G)

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit
1	Stäbe	1	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	p	2.000	kN/m

3.2/1 STABLASTEN - LASTAUSMITTE LF2: EG - fahrbahnbelag (G)

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Absoluter Versatz		Absoluter Versatz		Relativer Versatz		Relativer Versatz	
			Stab anfang	Stab anfang	Stab ende	Stab ende	Stab anfang	Stab anfang	Stab ende	Stab ende
			e_y [mm]	e_z [mm]	e_y [mm]	e_z [mm]	y-Achse	z-Achse	y-Achse	z-Achse
1	Stäbe	1	0.0	0.0	0.0	0.0	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte

LF2: EG - FAHRBAHNBELAG (G)



LF3
LM1 - Flächenlast (Q)

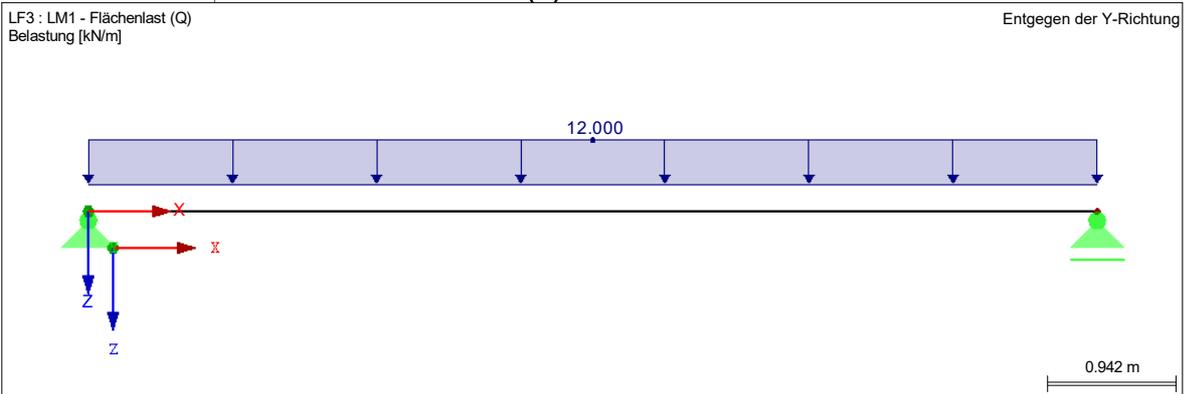
3.2 STABLASTEN LF3: LM1 - Flächenlast (Q)

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Symbol	Lastparameter Wert	Einheit
1	Stäbe	1	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	p	12.000	kN/m

3.2/1 STABLASTEN - LASTAUSMITTE LF3: LM1 - Flächenlast (Q)

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Absoluter Versatz		Absoluter Versatz		Relativer Versatz		Relativer Versatz	
			Stab anfang	Stab anfang	Stab ende	Stab ende	Stab anfang	Stab anfang	Stab ende	Stab ende
			e_y [mm]	e_z [mm]	e_y [mm]	e_z [mm]	y-Achse	z-Achse	y-Achse	z-Achse
1	Stäbe	1	0.0	0.0	0.0	0.0	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte

LF3: LM1 - FLÄCHENLAST (Q)





Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 5/15
Blatt: 1
LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke
BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

Datum: 30.08.2021

LF4
LM1 - Radlast (Q) Auflager

3.2 STABLASTEN

LF4: LM1 - Radlast (Q) Auflager

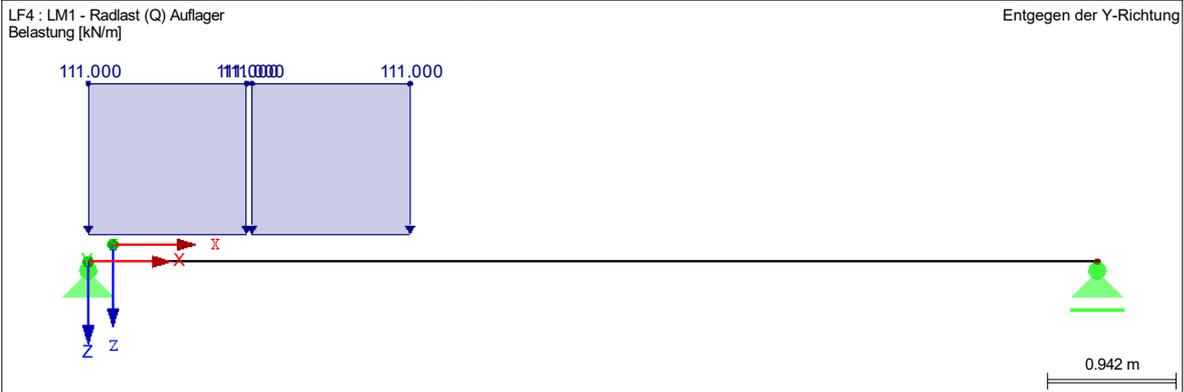
Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Symbol	Lastparameter	
								Wert	Einheit
1	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	ZL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	111.000	kN/m
							x_2	1.160	m
							P_2	111.000	kN/m
							x_3	1.160	m
							P_3	0.000	kN/m
							x_4	1.200	m
							P_4	0.000	kN/m
							x_5	1.200	m
							P_5	111.000	kN/m
							x_6	2.360	m
							P_6	111.000	kN/m
							x_7	2.360	m
							P_7	0.000	kN/m
							x_8	7.400	m
							P_8	0.000	kN/m

3.2/1 STABLASTEN - LASTAUSMITTE

LF4: LM1 - Radlast (Q) Auflager

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Absoluter Versatz		Absoluter Versatz		Relativer Versatz		Relativer Versatz	
			Stabanfang	Stabanfang	Stabende	Stabende	Stabanfang	Stabanfang	Stabende	Stabende
			e_y [mm]	e_z [mm]	e_y [mm]	e_z [mm]	y-Achse	z-Achse	y-Achse	z-Achse
1	Stäbe	1	0.0	0.0	0.0	0.0	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte

LF4: LM1 - RADLAST (Q) AUFLAGER



LF5
LM1 - Radlast (Q)
Feldmitte

3.2 STABLASTEN

LF5: LM1 - Radlast (Q) Feldmitte

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Symbol	Lastparameter	
								Wert	Einheit
1	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	ZL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	0.000	kN/m
							x_2	2.520	m
							P_2	0.000	kN/m
							x_3	2.520	m
							P_3	111.000	kN/m
							x_4	3.680	m
							P_4	111.000	kN/m
							x_5	3.680	m
							P_5	0.000	kN/m
							x_6	3.720	m
							P_6	0.000	kN/m
							x_7	3.720	m
							P_7	111.000	kN/m
							x_8	4.880	m
							P_8	111.000	kN/m
							x_9	4.880	m
							P_9	0.000	kN/m
							x_{10}	7.400	m
							P_{10}	0.000	kN/m



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 6/15
Blatt: 1
LASTEN

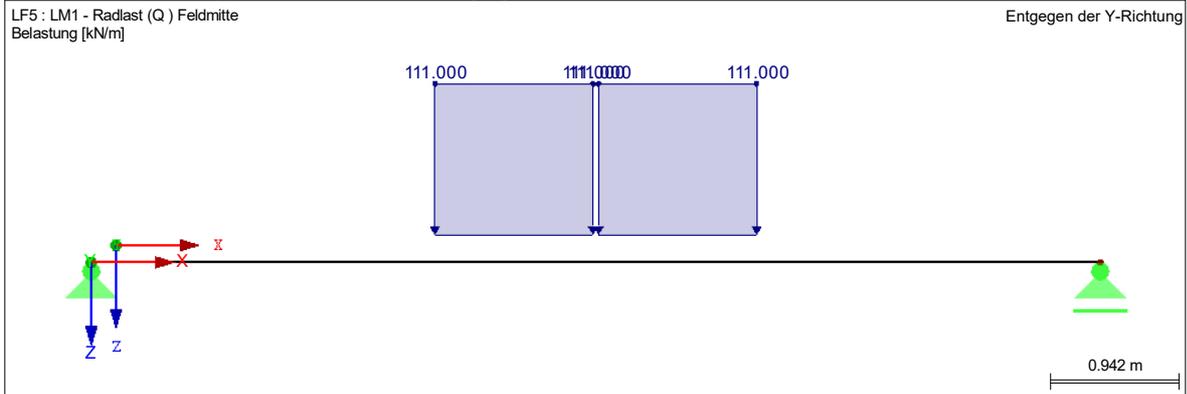
Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke
BT02-01 - Brückenplatte/Überbau
Datum: 30.08.2021

■ 3.2/1 STABLASTEN - LASTAUSMITTE

LF5: LM1 - Radlast (Q) Feldmitte

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Absoluter Versatz		Absoluter Versatz		Relativer Versatz		Relativer Versatz	
			Stabanfang	Stabanfang	Stabende	Stabende	Stabanfang	Stabanfang	Stabende	Stabende
			e_y [mm]	e_z [mm]	e_y [mm]	e_z [mm]	y-Achse	z-Achse	y-Achse	z-Achse
1	Stäbe	1	0.0	0.0	0.0	0.0	Mitte	Mitte	Mitte	Mitte

■ LF5: LM1 - RADLAST (Q) FELDMITTE





Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 7/15
Blatt: 1
ERGEBNISSE

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke
BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

Datum: 30.08.2021

■ 4.0 ERGEBNISSE - ZUSAMMENFASSUNG

Bezeichnung	Wert	Einheit	Kommentar
Lastfall LF1 - Eigengewicht			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	111.00	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	111.00	kN	Abweichung 0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.700, Y:0.000, Z:0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	1.2	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verschiebung vektoriell	1.2	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verdrehung um Y	-0.5	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	I. Ordnung		Theorie I. Ordnung (linear)
Steffigkeitsreduzierung			Querschnitte, Stäbe, Flächen
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	1		
Maximaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der Steifigkeitsmatrix	4.923E+570		
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Lastfall LF2 - EG - fahrbahnbelag (G)			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	14.80	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	14.80	kN	Abweichung 0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.700, Y:0.000, Z:0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	0.2	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verschiebung vektoriell	0.2	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verdrehung um Y	-0.1	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	I. Ordnung		Theorie I. Ordnung (linear)
Steffigkeitsreduzierung			Querschnitte, Stäbe, Flächen
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	1		
Maximaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der Steifigkeitsmatrix	4.923E+570		
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Lastfall LF3 - LM1 - Flächenlast (Q)			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	88.80	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	88.80	kN	Abweichung 0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.700, Y:0.000, Z:0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	0.9	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verschiebung vektoriell	0.9	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verdrehung um Y	-0.4	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	I. Ordnung		Theorie I. Ordnung (linear)
Steffigkeitsreduzierung			Querschnitte, Stäbe, Flächen
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	1		
Maximaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der Steifigkeitsmatrix	4.923E+570		
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Lastfall LF4 - LM1 - Radlast (Q) Auflager			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	257.52	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	257.52	kN	Abweichung 0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.700, Y:0.000, Z:0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	648.950	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	2.0	mm	Stab Nr. 1, x: 3.453 m
Max. Verschiebung vektoriell	2.0	mm	Stab Nr. 1, x: 3.453 m
Max. Verdrehung um Y	-1.0	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	I. Ordnung		Theorie I. Ordnung (linear)
Steffigkeitsreduzierung			Querschnitte, Stäbe, Flächen
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	1		
Maximaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der Steifigkeitsmatrix	4.923E+570		



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 8/15
Blatt: 1
ERGEBNISSE

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke
BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

Datum: 30.08.2021

■ 4.0 ERGEBNISSE - ZUSAMMENFASSUNG

Bezeichnung	Wert	Einheit	Kommentar
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Lastfall LF5 - LM1 - Radlast (Q) Feldmitte			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	257.52	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	257.52	kN	Abweichung 0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.700, Y:0.000, Z:0.000 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.000	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	4.1	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verschiebung vektoriell	4.1	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verdrehung um Y	-1.7	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	I. Ordnung		Theorie I. Ordnung (linear)
StEIFigkeitsreduzierung			Querschnitte, Stäbe, Flächen
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	1		
Maximaler Wert des Elementes der StEIFigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der StEIFigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der StEIFigkeitsmatrix	4.923E+570		
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Lastkombination LK1 - Doppellachse Auflager (ULS)			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	637.36	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	637.36	kN	Abweichung 0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.7, Y:0.0, Z:0.0 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	876.1	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	5.7	mm	Stab Nr. 1, x: 3.453 m
Max. Verschiebung vektoriell	5.7	mm	Stab Nr. 1, x: 3.453 m
Max. Verdrehung um Y	-2.7	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	I. Ordnung		Theorie I. Ordnung (linear)
StEIFigkeitsreduzierung			Materialien, Querschnitte, Stäbe, Flächen
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	1		
Maximaler Wert des Elementes der StEIFigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der StEIFigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der StEIFigkeitsmatrix	4.923E+570		
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Lastkombination LK2 - Doppellachse Auflager (SLS)			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	472.12	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	472.12	kN	Abweichung -0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.7, Y:0.0, Z:0.0 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	649.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	4.2	mm	Stab Nr. 1, x: 3.453 m
Max. Verschiebung vektoriell	4.2	mm	Stab Nr. 1, x: 3.453 m
Max. Verdrehung um Y	-2.0	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	II. Ordnung		Theorie II. Ordnung (nichtlinear, Timoshenko)
Schnittgrößen bezogen auf verformtes System für...	<input checked="" type="checkbox"/>		N, V _y , V _z , M _y , M _z , M _T
StEIFigkeitsreduzierung			Materialien, Querschnitte, Stäbe, Flächen
Entlastende Wirkung der Zugkräfte berücksichtigen	<input checked="" type="checkbox"/>		
Ergebnisse durch LK-Faktor zurückdividieren	<input type="checkbox"/>		
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	2		
Maximaler Wert des Elementes der StEIFigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der StEIFigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der StEIFigkeitsmatrix	4.923E+570		
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Lastkombination LK3 - Doppellachse Feldmitte (ULS)			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	637.36	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	637.36	kN	Abweichung 0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.7, Y:0.0, Z:0.0 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	8.6	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verschiebung vektoriell	8.6	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verdrehung um Y	-3.6	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	I. Ordnung		Theorie I. Ordnung (linear)
StEIFigkeitsreduzierung			Materialien, Querschnitte, Stäbe, Flächen



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 9/15
Blatt: 1
ERGEBNISSE

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke
BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

Datum: 30.08.2021

4.0 ERGEBNISSE - ZUSAMMENFASSUNG

Bezeichnung	Wert	Einheit	Kommentar
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	1		
Maximaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der Steifigkeitsmatrix	4.923E+570		
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Lastkombination LK4 - Doppellachse Feldmitte (SLS)			
Summe Belastung in Richtung X	0.00	kN	
Summe Lagerkräfte in X	0.00	kN	
Summe Belastung in Richtung Z	472.12	kN	
Summe Lagerkräfte in Z	472.12	kN	Abweichung 0.00%
Resultierende der Reaktionen um X	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells (X:3.7, Y:0.0, Z:0.0 m)
Resultierende der Reaktionen um Y	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Resultierende der Reaktionen um Z	0.0	kNm	Im Schwerpunkt des Modells
Max. Verschiebung in X	0.0	mm	
Max. Verschiebung in Z	6.4	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verschiebung vektoriell	6.4	mm	Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verdrehung um Y	-2.6	mrad	Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Maximale Stabverzerrung	0.000	‰	Stab Nr. 0, x: 0.000 m
Berechnungstheorie	II. Ordnung		Theorie II. Ordnung (nichtlinear, Timoshenko)
Schnittgrößen bezogen auf verformtes System für...			N, V _y , V _z , M _y , M _z , M _T
Steifigkeitsreduzierung			Materialien, Querschnitte, Stäbe, Flächen
Entlastende Wirkung der Zugkräfte berücksichtigen	<input checked="" type="checkbox"/>		
Ergebnisse durch LK-Faktor zurückdividieren	<input type="checkbox"/>		
Anzahl der Laststufen	1		
Anzahl der Iterationen	2		
Maximaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	1.377E+11		
Minimaler Wert des Elementes der Steifigkeitsmatrix auf der Diagonale	2.409E+09		
Determinante der Steifigkeitsmatrix	4.923E+570		
Unendlich-Norm	2.754E+11		
Gesamt			
Max. Verschiebung in X	0.0		
Max. Verschiebung in Z	8.6	mm	LK3, Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verschiebung vektoriell	8.6	mm	LK3, Stab Nr. 1, x: 3.700 m
Max. Verdrehung um Y	-3.6	mrad	LK3, Stab Nr. 1, x: 0.000 m
Sonstige Einstellungen:			
Anzahl 1D-Finite-Elemente	19		
Anzahl 2D-Finite-Elemente	0		
Anzahl 3D-Finite-Elemente	0		
Anzahl FE-Netzknotten	20		
Anzahl der Gleichungen	60		
Schnittgrößen bezogen auf verformtes System für...			
Maximale Anzahl Iterationen	100		
Anzahl der Stabteilungen für Ergebnisverläufe	10		
Stabteilung Seil-, Bettungs- und Voutenstäbe	10		
Anzahl der Stabteilungen für das Suchen der Maximalwerte	10		
Unterteilungen des FE-Netzes für grafische Ergebnisse	3		
Prozentuelle Anzahl der Iterationen der Methode nach Picard kombiniert mit der Methode nach Newton-Raphson	5	%	
Optionen:			
Schubsteifigkeit (A _y , A _z) der Stäbe aktivieren	<input checked="" type="checkbox"/>		
Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem teilen	<input checked="" type="checkbox"/>		
Die eingestellten Steifigkeitsänderungen aktivieren	<input checked="" type="checkbox"/>		
Kontrolle der kritischen Kräfte der Stäbe	<input checked="" type="checkbox"/>		
Unsymmetrischer direkter Gleichungslöser, falls für nichtlineares Modell erfordert	<input type="checkbox"/>		
Lösungsmethode für das Gleichungssystem	Gerade		
Platten-Biegetheorie	Mindlin		
Solver-Version	64-bit		
Genauigkeit und Toleranz: Standardeinstellung ändern			
	<input type="checkbox"/>		

4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Knoten Nr.	LF/LK	Lagerkräfte [kN]		Lagermomente		
		P _x	P _z	M _y [kNm]		
1	LF1	0.00	55.50	0.00		Eigengewicht
	LF2	0.00	7.40	0.00		EG - fahrbahnbelag (G)
	LF3	0.00	44.40	0.00		LM1 - Flächenlast (Q)
	LF4	0.00	216.46	0.00		LM1 - Radlast (Q) Auflager
	LF5	0.00	128.76	0.00		LM1 - Radlast (Q) Feldmitte
	LK1	0.00	437.07	0.00		Doppellachse Auflager (ULS)
	LK2	0.00	323.76	0.00		Doppellachse Auflager (SLS)
	LK3	0.00	318.68	0.00		Doppellachse Feldmitte (ULS)
	LK4	0.00	236.06	0.00		Doppellachse Feldmitte (SLS)



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 10/15
Blatt: 1
ERGEBNISSE

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT02 - Brücke
Sude Sperrwerk BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

Datum: 30.08.2021

■ 4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Knoten Nr.	LF/LK	Lagerkräfte [kN]		Lagermomente			
		P _x	P _z	M _y [kNm]			
2	LF1	0.00	55.50	0.00	0.00	Eigengewicht	
	LF2	0.00	7.40	0.00	0.00	EG - fahrbahnbelag (G)	
	LF3	0.00	44.40	0.00	0.00	LM1 - Flächenlast (Q)	
	LF4	0.00	41.06	0.00	0.00	LM1 - Radlast (Q) Auflager	
	LF5	0.00	128.76	0.00	0.00	LM1 - Radlast (Q) Feldmitte	
	LK1	0.00	200.29	0.00	0.00	Doppelachse Auflager (ULS)	
	LK2	0.00	148.36	0.00	0.00	Doppelachse Auflager (SLS)	
	LK3	0.00	318.68	0.00	0.00	Doppelachse Feldmitte (ULS)	
	LK4	0.00	236.06	0.00	0.00	Doppelachse Feldmitte (SLS)	
	Σ Lager	LF1	0.00	111.00			
	Σ Lasten	LF1	0.00	111.00			
	Σ Lager	LF2	0.00	14.80			
	Σ Lasten	LF2	0.00	14.80			
	Σ Lager	LF3	0.00	88.80			
	Σ Lasten	LF3	0.00	88.80			
	Σ Lager	LF4	0.00	257.52			
	Σ Lasten	LF4	0.00	257.52			
	Σ Lager	LF5	0.00	257.52			
	Σ Lasten	LF5	0.00	257.52			
	Σ Lager	LK1	0.00	637.36			
Σ Lager	LK1	0.00	637.36				
Σ Lager	LK2	0.00	472.12				
Σ Lager	LK2	0.00	472.12				
Σ Lager	LK3	0.00	637.36				
Σ Lager	LK3	0.00	637.36				
Σ Lager	LK4	0.00	472.12				
Σ Lager	LK4	0.00	472.12				

■ 4.12 QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Stab Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Kräfte [kN]		Momente		
				N	V _z	M _y [kNm]		
Querschnitt-Nr. 1: Rechteck 1000/600								
1	LF1	1	0.000	0.00	55.50	0.00	0.00	
			7.400	0.00	-55.50	0.00	0.00	
	LF2	1	0.000	0.00	7.40	0.00	0.00	
			7.400	0.00	-7.40	0.00	0.00	
	LF3	1	0.000	0.00	44.40	0.00	0.00	
			7.400	0.00	-44.40	0.00	0.00	
	LF4	2	0.000	0.00	216.46	0.00	0.00	
			0.000	0.00	216.45	0.00	0.00	
				1.160	0.00	87.70	176.41	
				1.160	0.00	87.70	176.41	
				1.200	0.00	87.70	179.92	
				1.200	0.00	87.69	179.92	
				2.360	0.00	-41.06	206.96	
				2.360	0.00	-41.06	206.96	
		LF5	2	7.400	0.00	-41.06	0.00	
				0.000	0.00	128.76	0.00	
				2.520	0.00	128.76	324.47	
				2.520	0.00	128.76	324.48	
				3.680	0.00	0.00	399.16	
				3.680	0.00	0.00	399.16	
				3.720	0.00	0.00	399.16	
				3.720	0.00	-0.00	399.16	
				4.880	0.00	-128.76	324.48	
				4.880	0.00	-128.76	324.47	
		LK1	1	7.400	0.00	-128.76	0.00	
				0.000	0.00	437.07	0.00	
				0.000	0.00	437.07	0.00	
				1.160	0.00	217.83	379.84	
				1.160	0.00	217.83	379.84	
				1.200	0.00	216.27	388.52	
				1.200	0.00	216.26	388.53	
				2.360	0.00	-2.97	512.23	
				2.360	0.00	-2.98	512.23	
		LK2	2	7.400	0.00	-200.29	0.00	
				0.000	0.65	323.76	0.00	
				0.000	0.65	323.75	0.00	
				1.160	0.27	161.36	281.36	
				1.160	0.27	161.36	281.37	
				1.200	0.26	160.20	287.79	
				1.200	0.26	160.19	287.80	
				2.360	0.01	-2.20	379.43	
				2.360	0.01	-2.20	379.43	
		LK3	2	7.400	0.25	-148.36	0.00	
				0.000	0.00	318.68	0.00	
				2.520	0.00	220.02	678.77	
				2.520	0.00	220.02	678.77	
				3.680	0.00	0.78	806.83	
				3.680	0.00	0.78	806.83	
			3.720	0.00	-0.78	806.83		
			3.720	0.00	-0.78	806.83		
			4.880	0.00	-220.02	678.77		
			4.880	0.00	-220.02	678.77		
	LK4	2	7.400	0.00	-318.68	0.00		
			0.000	0.62	236.06	0.00		
			2.520	0.21	162.98	502.79		
			2.520	0.21	162.98	502.79		
			3.680	0.01	0.58	597.66		
			3.680	0.01	0.58	597.66		



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 11/15
Blatt: 1
ERGEBNISSE

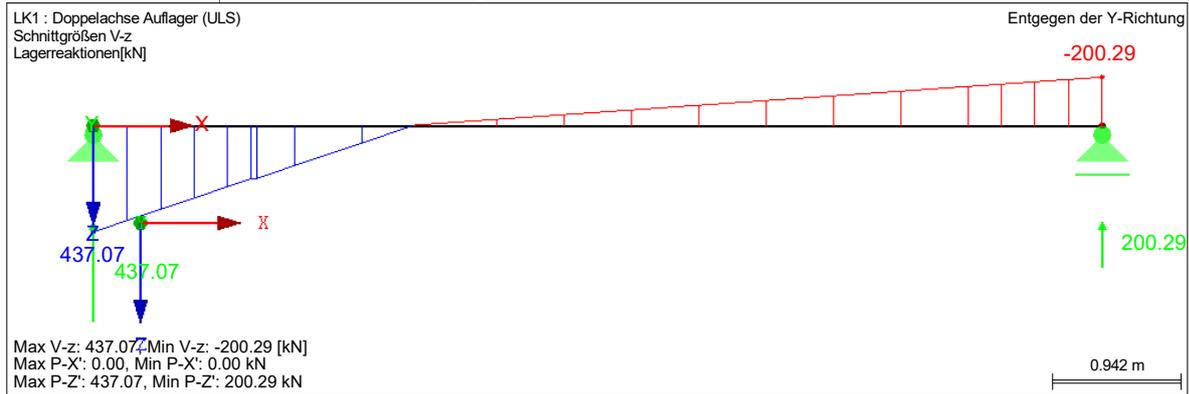
Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT02 - Brücke
Sude Sperrwerk BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

Datum: 30.08.2021

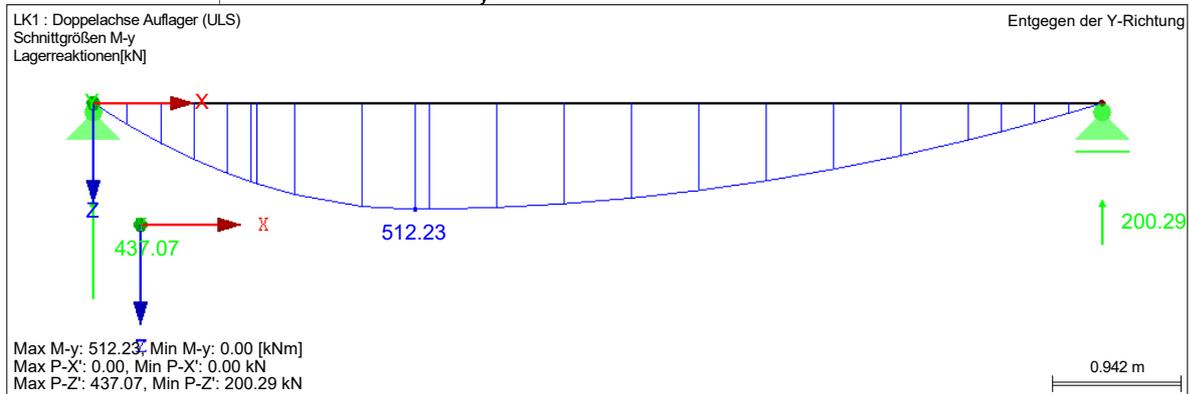
■ 4.12 QUERSCHNITTE - SCHNITTGRÖSSEN

Stab Nr.	LF/LK	Knoten Nr.	Stelle x [m]	Kräfte [kN]		Momente M _y [kNm]
				N	V _z	
1	LK4	2	3.720 >	0.01	-0.58	597.66
			3.720 >	0.01	-0.58	597.66
			4.880 >	0.21	-162.98	502.79
			4.880 >	0.21	-162.98	502.79
			7.400 >	0.62	-236.06	0.00

■ SCHNITTGRÖSSEN V_z, LAGERREAKTIONEN



■ SCHNITTGRÖSSEN M_y, LAGERREAKTIONEN





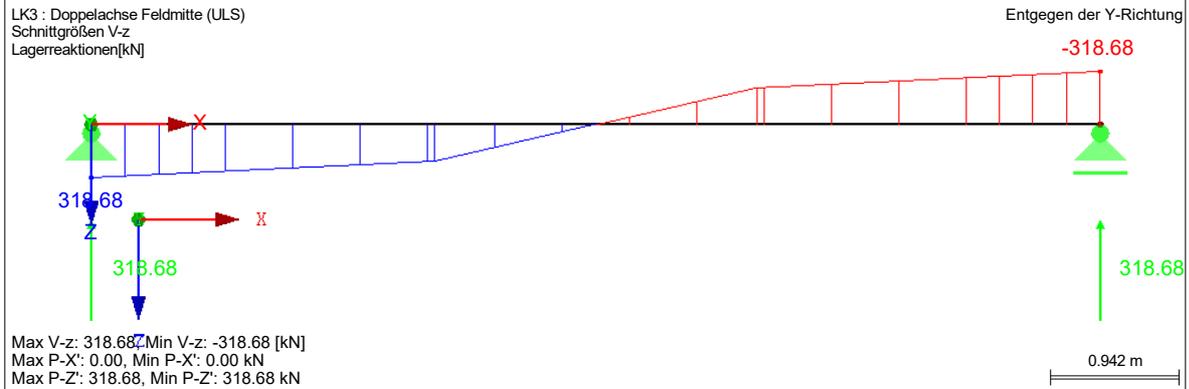
Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 12/15
Blatt: 1
ERGEBNISSE

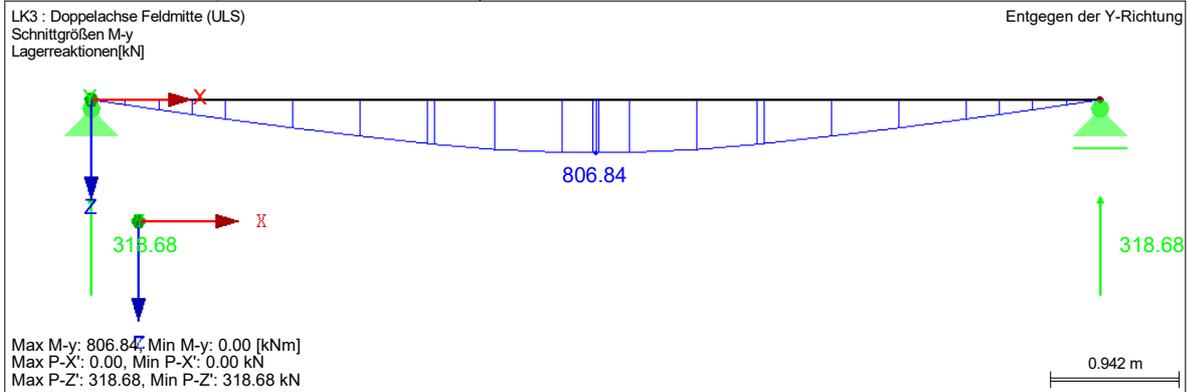
Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

Datum: 30.08.2021

■ **SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN**



■ **SCHNITTGRÖSSEN M_y , LAGERREAKTIONEN**





Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 13/15
Blatt: 1
RF-BETON Stäbe

RF-BETON Stäbe
FA1
Stahlbetonbemessung von Stäben

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT02 - Brücke
BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

Datum: 30.08.2021

1.1 BASISANGABEN

Stahlbetonbemessung nach	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12	
TRAGFÄHIGKEIT		
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK1	Doppelachse Auflager (ULS) Ständig und vorübergehend
	LK3	Doppelachse Feldmitte (ULS) Ständig und vorübergehend
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT		
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK2	Doppelachse Auflager (SLS) Quasi-ständig, k-t: 0.400
	LK4	Doppelachse Feldmitte (SLS) Quasi-ständig, k-t: 0.400
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise		
Lastkombination:		
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$	
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$	
Häufig	Nachweise: w_k	
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , u_l	
Verformung beziehen auf:	Unverformtes System	

1.1 EINSTELLUNGEN - NICHTLINEARE BERECHNUNG (ZUSTAND II)

Zustand II - im Grenzzustand TRAGFÄHIGKEIT erfassen:	<input type="checkbox"/>
Zustand II - im Grenzzustand GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT erfassen:	<input type="checkbox"/>
Nichtlineare Berechnung für Brandschutz erfassen	<input type="checkbox"/>

1.2 MATERIALIEN

Mat.-Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Betonstahl	
2	Beton C30/37	B 500 S (B)	

1.2.1 MATERIALKENNWERTE

Mat.-Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
2	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C30/37			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	30.000	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	38.000	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.900	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	2.000	N/mm ²
	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	3.800	N/mm ²
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	33000.000	N/mm ²
	Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.200	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu1}	-3.500	‰
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2	
	Spezifisches Gewicht	γ	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (B)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500	N/mm ²
	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	540	N/mm ²
	Rechnerische Bruchdehnung	ϵ_{uk}	50.000	‰

1.3 QUERSCHNITTE



Quersch.Nr.	Mat.Nr.	Querschnittsbezeichnung	Anmerkungen	Kommentar
1	2	Rechteck 1000/600		

1.5 LAGER

RF-BETON Stäbe
FA1
Stahlbetonbemessung von Stäben

Auflager Nr.	Knoten Nr.	Lagerbreite b [mm]	Direkte Auflager	Monolithisch Verbindung	Ende Auflager	Kommentar
1	1	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	2	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

EINSTELLUNGEN

- Berücksichtigung einer begrenzten Momentenumlagerung der Stützmomente
- Momentenausrundung bzw. Bemessung für das Moment am Auflagerend bei monolithischer Lagerung
- Abminderung der Querkraft im Lagerbereich im Lagerbereich nach 6.2.2
- Querkraftabminderung bei auflagernahen Einzellasten nach 6.2.2(6) bzw. 6.2.3(8)



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 14/15
Blatt: 1
RF-BETON Stäbe

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT02 - Brücke
Sude Sperrwerk BT02-01 - Brückenplatte/Überbau
Datum: 30.08.2021

1.6 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - BRÜCKENPLATTE

Angewendet auf Stäbe:	Alle (1)
LÄNGSBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	20.0, 25.0, 28.0 mm
Max. Anzahl der Lagen:	1
Min. Abstand für erste Lage:	20.0 mm
Verankerungstyp:	Gerade
Stahloberfläche:	Gerippt
Bewehrungsstaffelung:	Keine
BÜGELBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	10.0 mm
Anzahl der Schnitte:	2
Neigung:	90°
Verankerungstyp:	Haken
Bügelanordnung:	Gleiche Abstände
BEWEHRUNGSANORDNUNG	
Betondeckung nach Norm:	<input type="checkbox"/>
Betondeckung c-oben:	55.0 mm
Betondeckung c-unten:	55.0 mm
Betondeckung c-seitig:	55.0 mm
Bewehrungsanordnung:	-z (oben) - +z (unten) (optimierte Verteilung)
Torsionsbewehrung über den Umfang verteilen:	<input checked="" type="checkbox"/>
Berücksichtigte Schnittgrößen:	N, V-y, V-z, M-T, M-y, M-z
MINDESTBEWEHRUNG	
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,oben):	0.00 cm ²
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,unten):	0.00 cm ²
Mindestlängsbewehrung nach Norm:	<input checked="" type="checkbox"/>
Mindestschubbewehrung nach Norm:	<input type="checkbox"/>
Längsbewehrung für Querkraftnachweis:	Ansatz der erforderlichen Längsbewehrung
SCHUBKRAFT IN DER FUGE	
Schubfuge vorhanden:	<input type="checkbox"/>
Nachweis des Gurtanschlusses bei gegliederten Querschnitten:	<input type="checkbox"/>
EINSTELLUNGEN ZU EN 1992-1-1:2004/A1:2014	
Max. Bewehrungsgrad:	8.00 %
Begrenzung der Druckzone:	<input checked="" type="checkbox"/>
Teilsicherheit Gamma-c:	ST+V 1.50, AU1.30, GZG 1.00
Teilsicherheit Gamma-s:	ST+V 1.15, AU1.00, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-cc:	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-ct:	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Min. veränderliche Druckstrebenneigung:	18.43 °
Max. veränderliche Druckstrebenneigung:	45.00 °
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
Rissbreitennachweis	
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten $w_{k,max,z}$ (oben):	0.2 mm
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten $w_{k,max,z}$ (unten):	0.2 mm
Nachweis ohne direkte Rissbreitenberechnung:	<input type="checkbox"/>
Nachweis mit direkter Rissbreitenberechnung:	<input checked="" type="checkbox"/>
Gl. (7.14) für $s_{r,max}$ berücksichtigen:	<input type="checkbox"/>
Wirksame Betonzugfestigkeit in der Zeit der Rissbildung:	1.000 * f_{ctm}
$A_{s,min}$ zur Aufnahme von Zwangseinwirkungen:	<input type="checkbox"/>
Spannungsnachweis	
Begrenzung der Betondruckspannung σ_{ci} :	<input type="checkbox"/>
Begrenzung der Stahlspannung σ_{si} :	<input checked="" type="checkbox"/>
Nach der Bemessungssituation mit $k_3 \cdot f_{yk}$ und $k_4 \cdot f_{yk}$ nach EN 1992-1-1, NDP(7.2)	
Beiwert k_3 für die Stahlspannung k_3 :	0.800
Beiwert k_4 für die Stahlspannung k_4 :	1.000
Verformungsnachweis	
Verformung u_{li} :	<input type="checkbox"/>
Ermittlung der Längsbewehrung	
Erforderliche Längsbewehrung für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis automatisch erhöhen:	<input checked="" type="checkbox"/>

2.1 ERFORDERLICHE BEWEHRUNG QUERSCHNITTSWEISE

Bewehrung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Bewehrungsfläche	Einheit	Fehlermeldung bzw. Hinweis
Querschnitt Nr.1 - Rechteck 1000/600						
A _{s,z} (oben)	1	0.000	LK3	0.00	cm ²	
A _{s,+z} (unten)	1	2.960	LK3	46.30	cm ²	29)
A _{s,T}	1	0.000	LK3	0.00	cm ²	
a _{sw,V} Bügel	1	0.007	LK1	7.42	cm ² /m	58)
a _{sw,T} Bügel	1	0.000	LK3	0.00	cm ² /m	

4.1 GEBRAUCHSTAUGLICHKEITSNACHWEIS QUERSCHNITTSWEISE

Quers. Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Typ	Vorh. Wert	Nachweis Grenzwert	Einheit	Ausnutzung	Hinweis
Querschnitt Nr.1 - Rechteck 1000/600								
1	0.000		σ_s	Nicht definiert	-	N/mm ²	0.00	
1	3.680	LK4	w_k	0.192	0.200	mm	0.97	



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

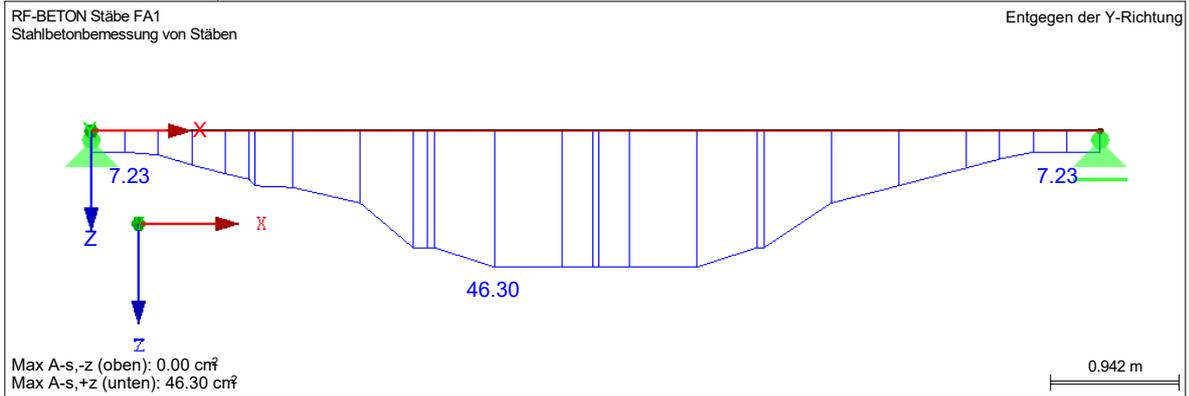
Seite: 15/15
Blatt: 1
RF-BETON Stäbe
Datum: 30.08.2021

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT02 - Brücke
Sude Sperrwerk BT02-01 - Brückenplatte/Überbau

ANMERKUNGEN

Nr.	Beschreibung
27)	Untere Mindestbewehrung für Balken nach 9.2.1.1(1)
29)	Die untere Längsbewehrung wurde für GZG erhöht
58)	Unter Verwendung des Näherungswertes für den Hebelarm z

ERGEBNISSE



8 BT01-01/02/03 - Sperrwerk - Querschnitt (STR)

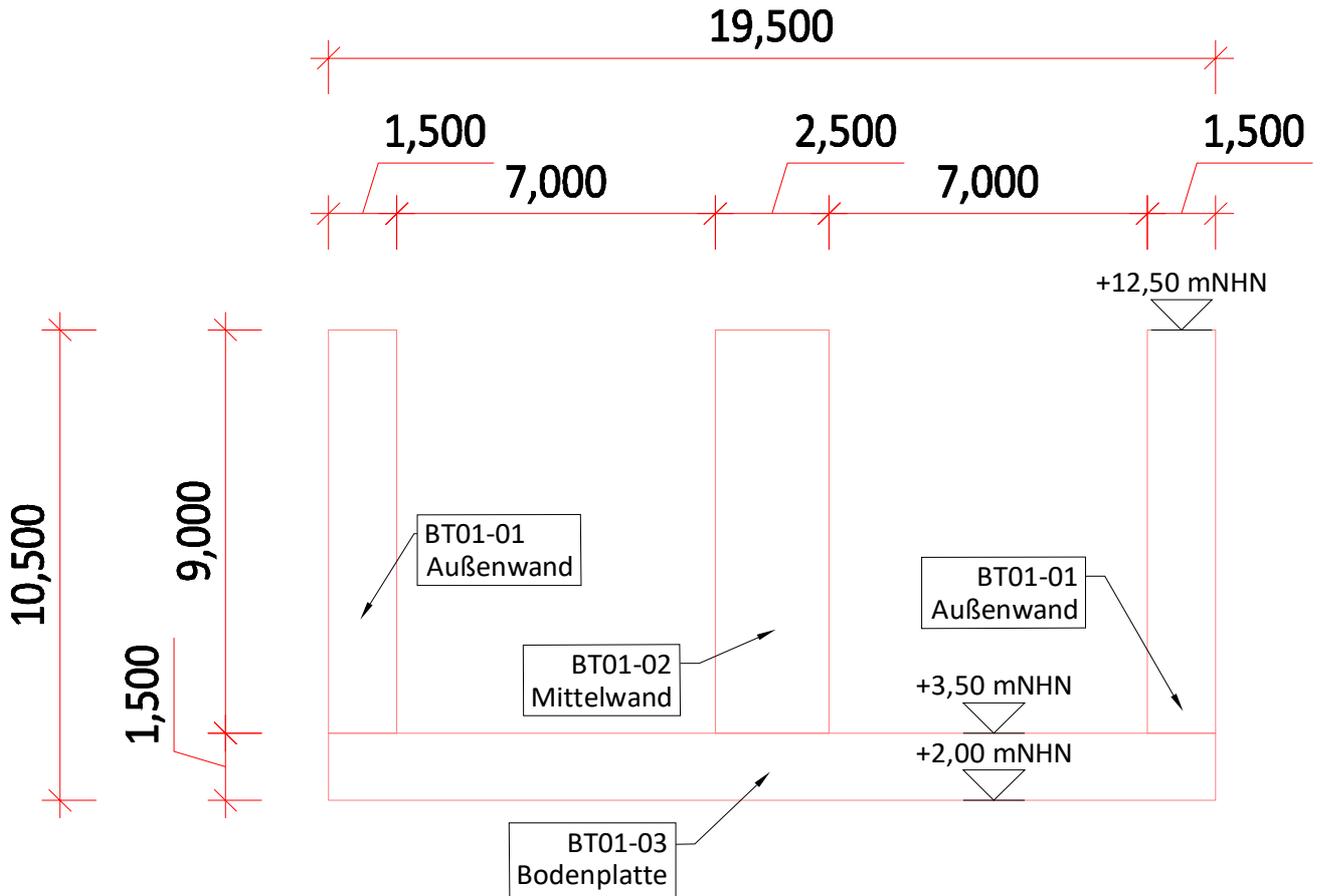
Der Nachweis des Sperrwerks im Grenzzustand STR erfolgt für den 1m breiten Abschnitt des Bauwerks.

Es werden die Lastkombinationen für den Querschnitt untersucht, um das ganze Bauwerk abzudecken.

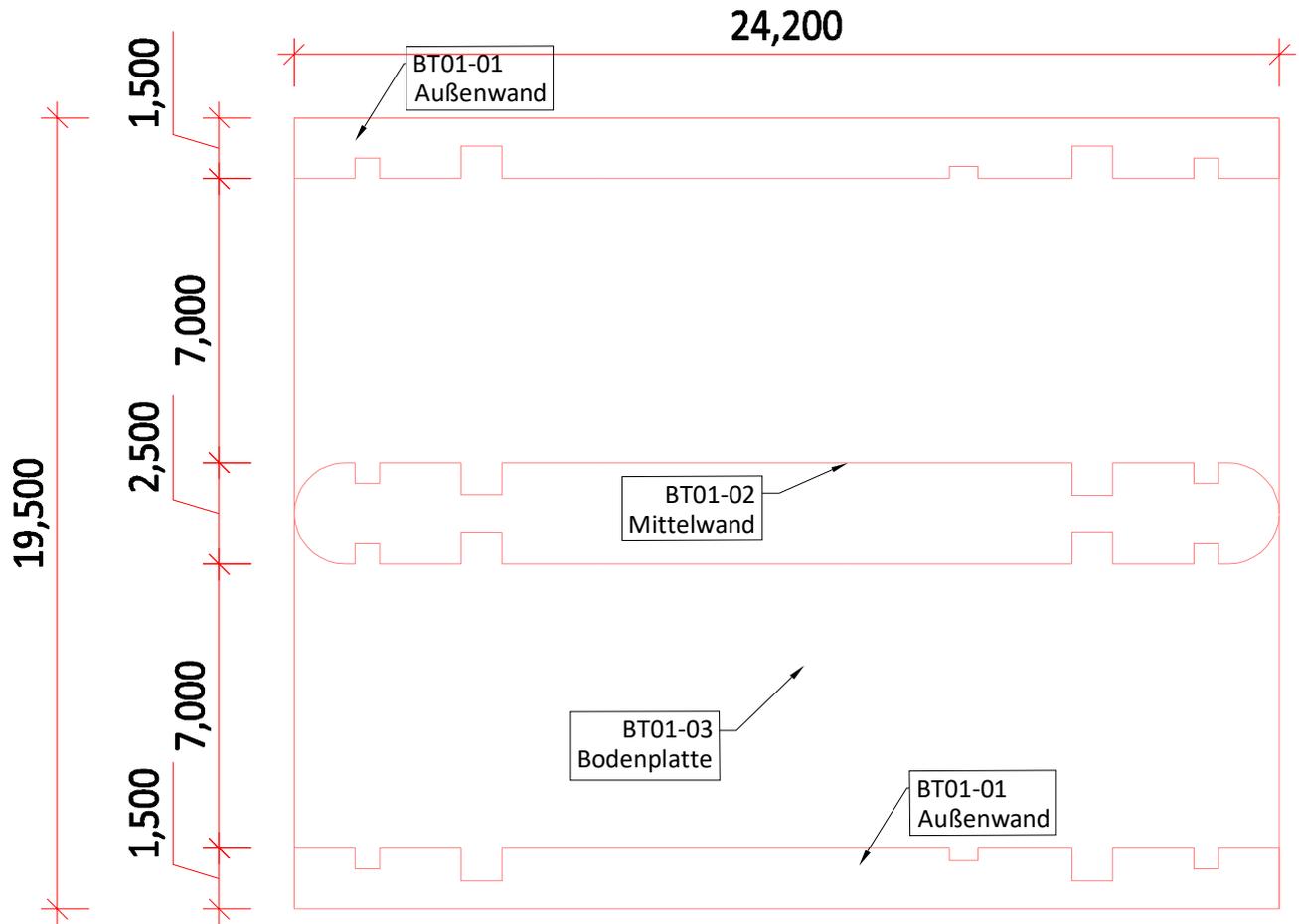
- Querschnitt, wobei die Brücke gelagert wird --> Vertikallasten aus der Brücke
- Querschnitt, wobei keine Brücke ist

8.1 Geometrie

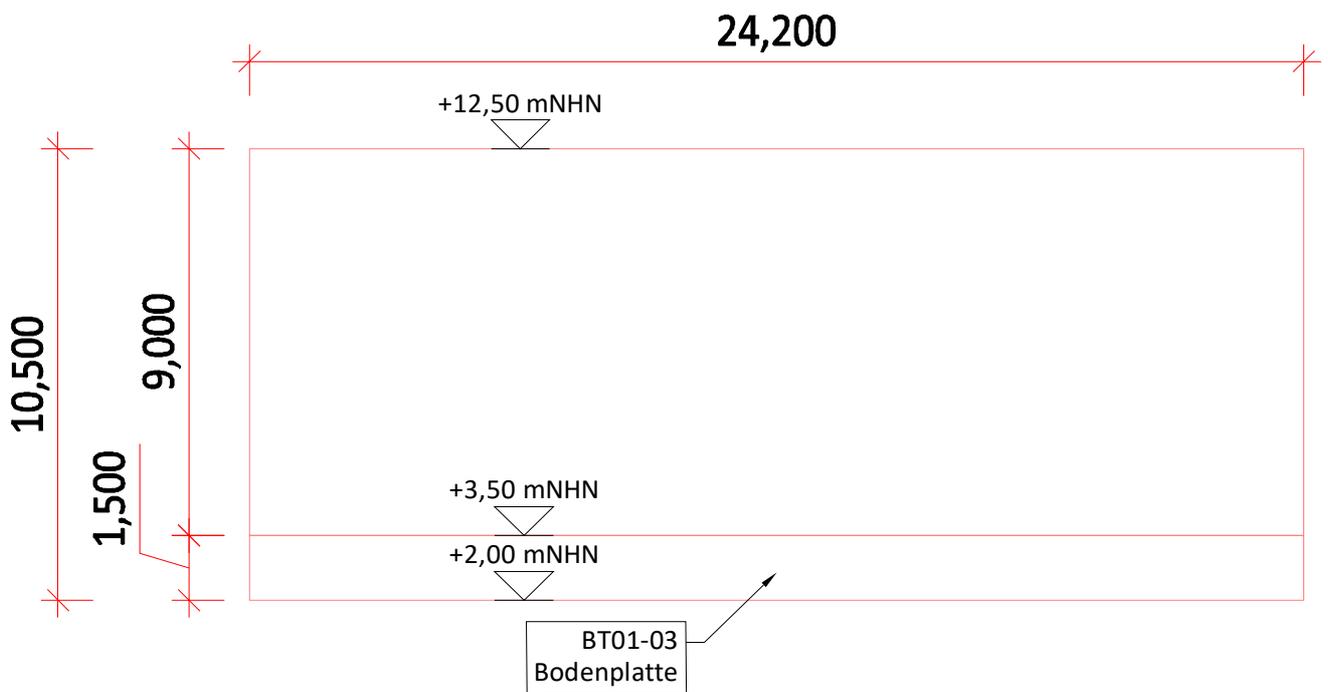
Querschnitt



Draufsicht

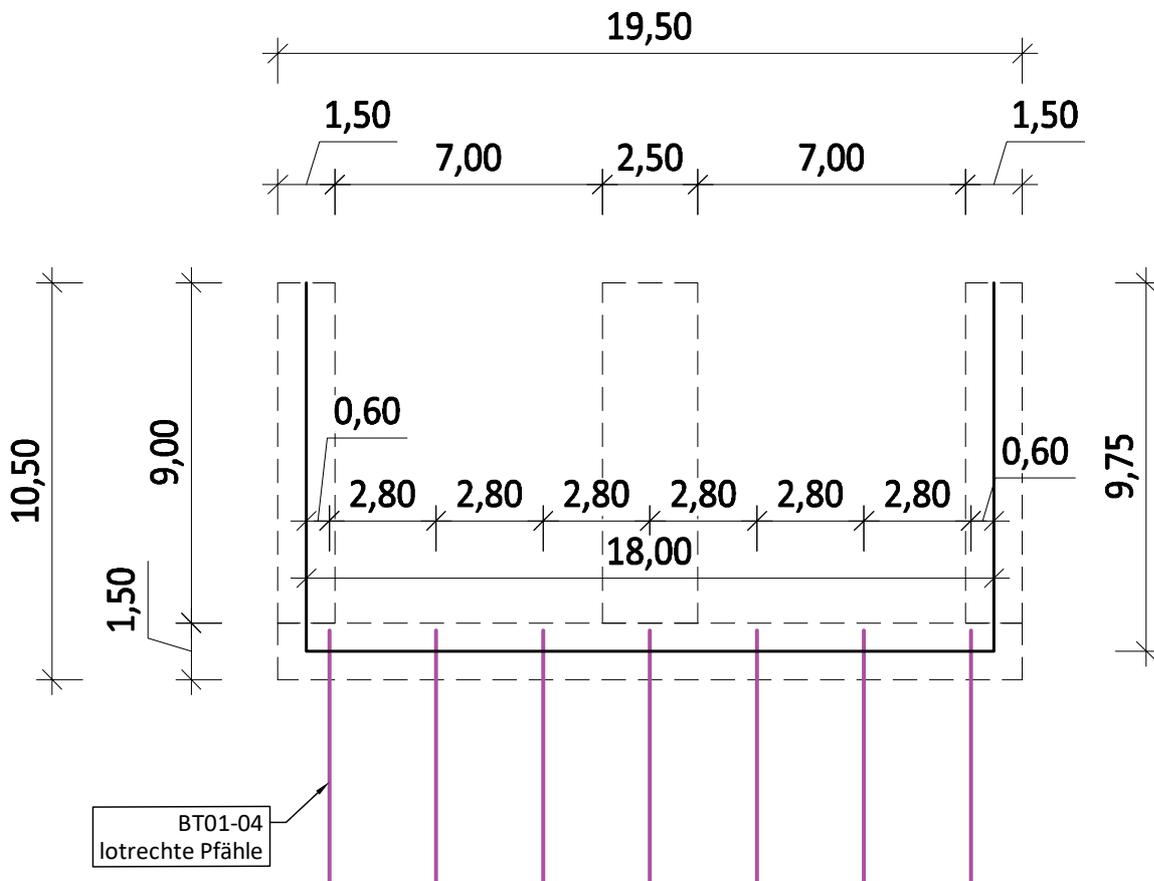


Längsschnitt

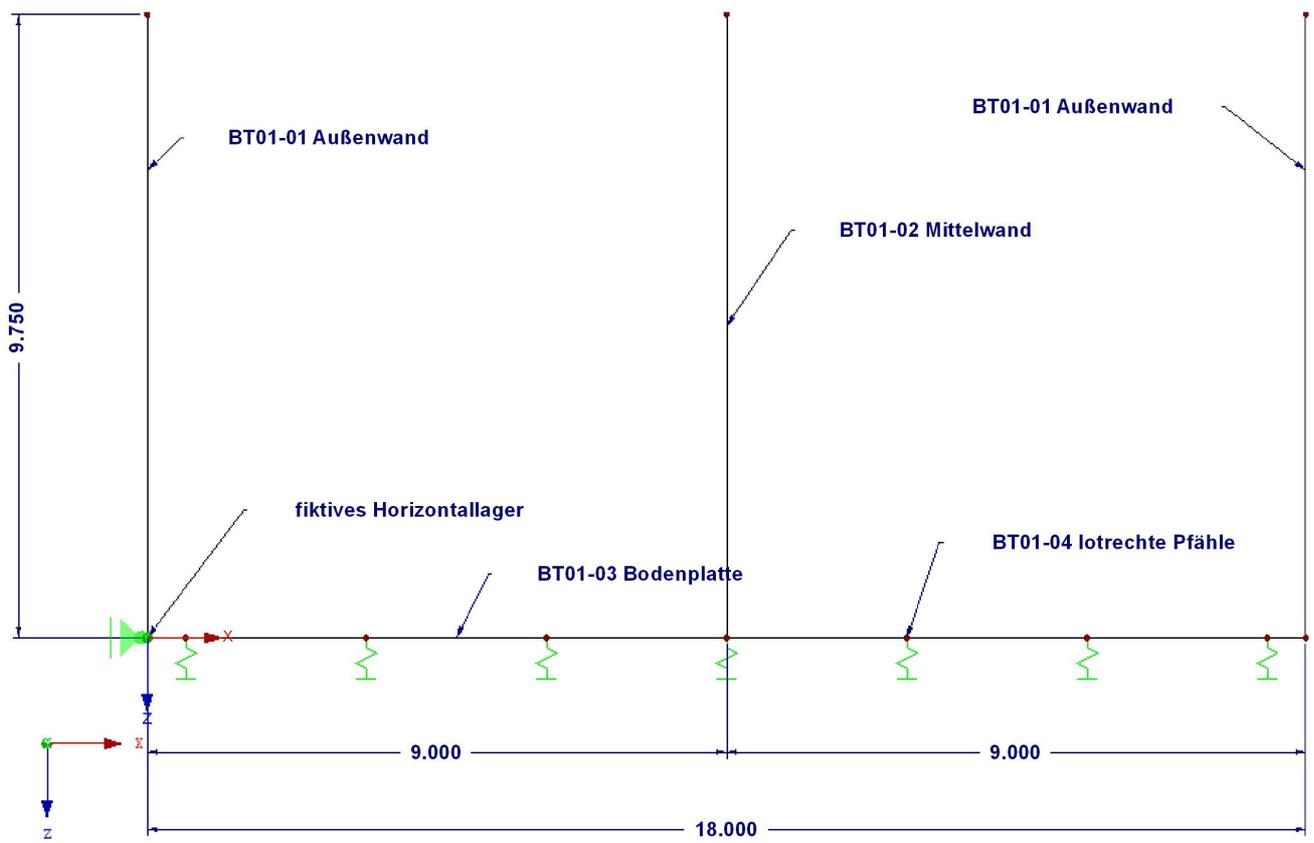


Herleitung des statischen Systems

Die lotrechte Pfähle werden im statischen System als vertikale Auflager angesetzt.
Siehe hierzu das Kap. BT01-04 - Lotrechte Pfähle - Abtragung Vertikalkräfte (GEO-2/STR).



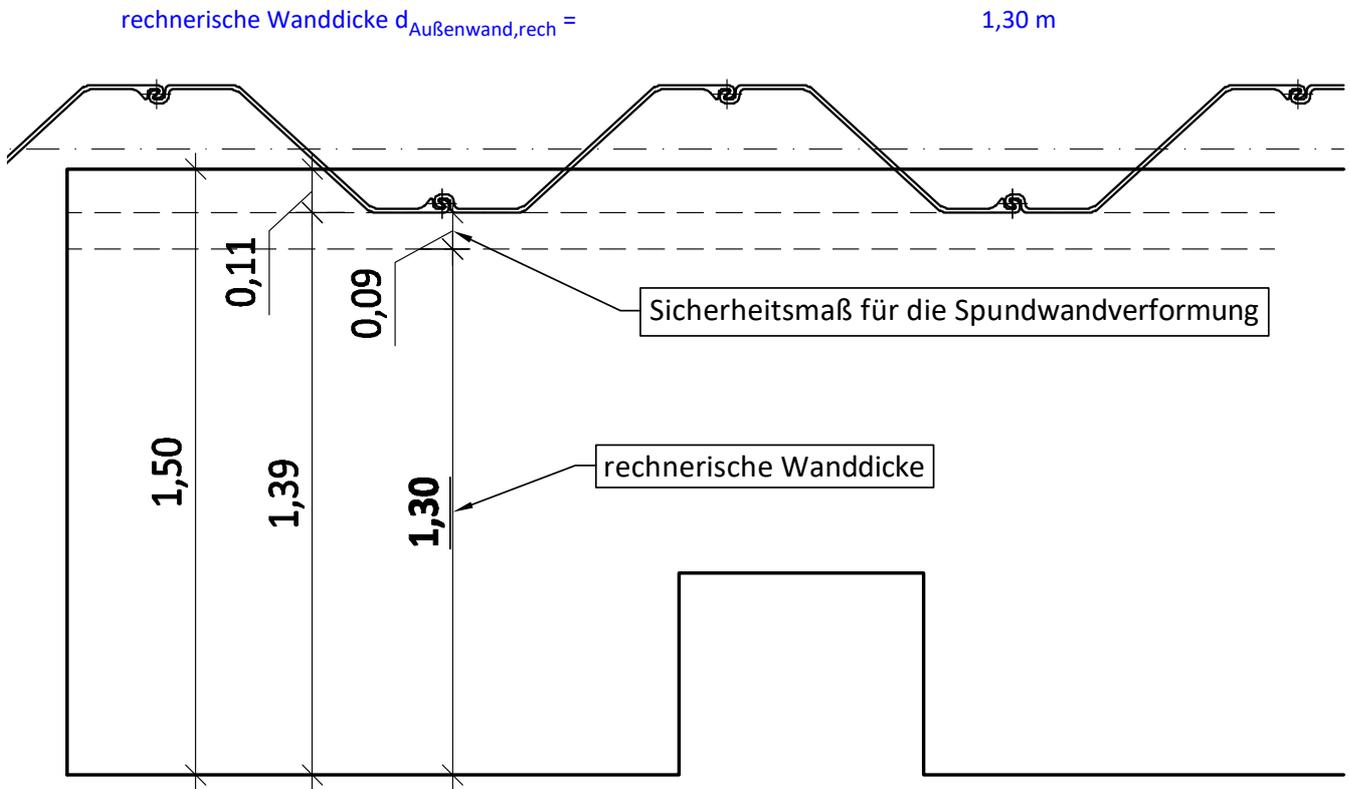
statisches System



rechnerische Wanddicke der Außenwände

Da die Außenwände gegen die Spundwand betoniert werden, muss die rechnerische Wanddicke um das Maß der Spundwandverformung abgemindert werden. Die maximale Spundwanddurchbiegung wurde auf 7 cm begrenzt. Auf der sicheren Seite liegend wird das Sicherheitsmaß für die Spundwandverformung von 9 cm festgelegt.

Für den statischen Nachweis der Außenwände wird den Teil im Spundwandtal nicht berücksichtigt. Der Beton im Spundwandtal wird nur konstruktiv bewehrt.



8.2 Belastungen

8.2.1 LF1 - Eigengewicht (G)

Es sind die folgenden Eigengewichte von Baustoffen anzusetzen.

$$\gamma_{\text{Stahlbeton,k}} =$$

$$25,0 \text{ kN/m}^3$$

8.2.2 LF2 - BHW - Erdrudruck/Außenwasser/Innenwasser (G)

In dem Lastfall wird die maximale Belastung vom dem Wasserüberdruck im normalen Betrieb untersucht, daher wird der BHW bei +11,50 m NHN angesetzt.

$$OK_{\text{Wand}} = 12,50 \text{ mNHN}$$

$$UK_{\text{Wand}} = 2,75 \text{ mNHN}$$

$$GW = 11,50 \text{ mNHN}$$

$$IW = 8,50 \text{ mNHN}$$

Schicht	Schichtbezeichnung	OK	UK	γ	γ'	φ	K_{0gh}
1	Auffüllung	12,50 mNHN	2,00 mNHN	18,0 kN/m ³	10,0 kN/m ³	30,0 °	0,5

$$e_{0gh1,k} = 0,0 \text{ kN/m}^2$$

$$e_{0gh2,k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$$

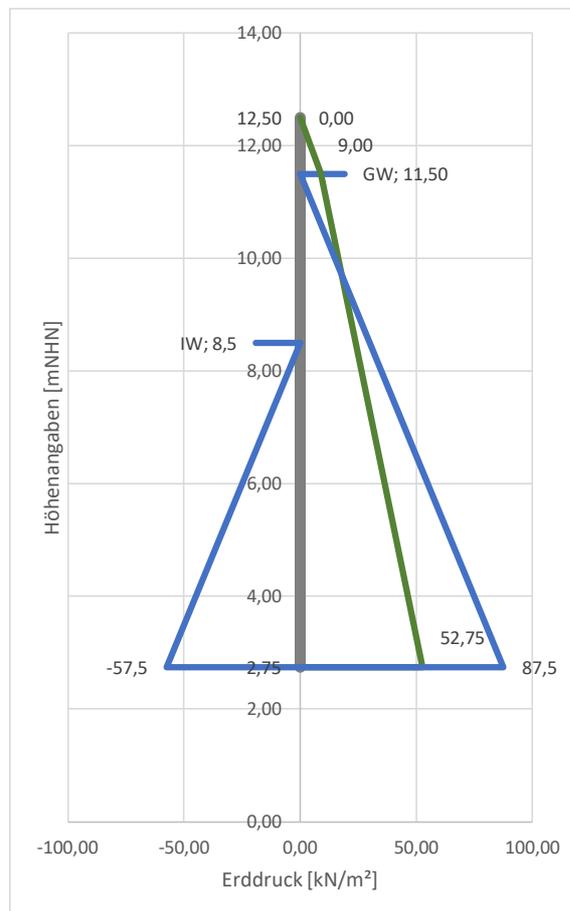
$$e_{0gh3,k} = 52,8 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{GW1,k} = 0,0 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{GW2,k} = 87,5 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{I1,k} = 0,0 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{I2,k} = 57,5 \text{ kN/m}^2$$



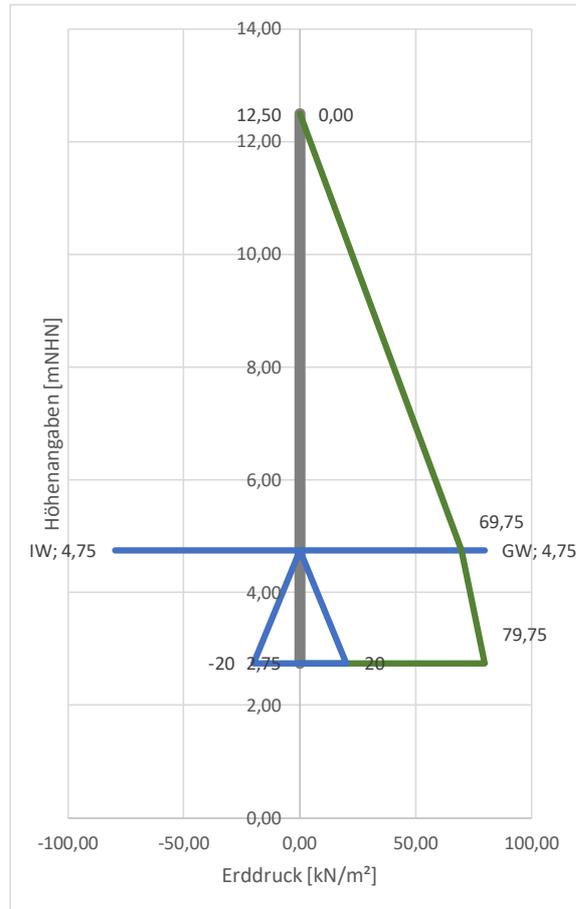
8.2.3 LF3 - NW - Erdrudruck/Außenwasser/Innenwasser (G)

Der Lastfall enthält die maximale Belastung im normalen Betrieb, die aus dem Erddruck resultieren kann, daher wird keine Wasserspiegeldifferenz angesetzt und der Außenwasser bei +4,75 m NHN liegt.

$OK_{Wand} =$	12,50 mNHN
$UK_{Wand} =$	2,75 mNHN
$GW =$	4,75 mNHN
$IW =$	4,75 mNHN

Schicht	Schichtbezeichnung	OK	UK	γ	γ'	φ	K_{ogh}
1	Auffüllung	12,50 mNHN	2,00 mNHN	18,0 kN/m ³	10,0 kN/m ³	30,0 °	0,5

$e_{ogh1,k} =$	0,0 kN/m ²
$e_{ogh2,k} =$	69,8 kN/m ²
$e_{ogh3,k} =$	79,8 kN/m ²
$w_{GW1,k} =$	0,0 kN/m ²
$w_{GW2,k} =$	20,0 kN/m ²
$w_{I1,k} =$	0,0 kN/m ²
$w_{I2,k} =$	20,0 kN/m ²



8.2.4 LF4 - Bordvoll - Erdruhedruck/Außenwasser/Innenwasser (G)

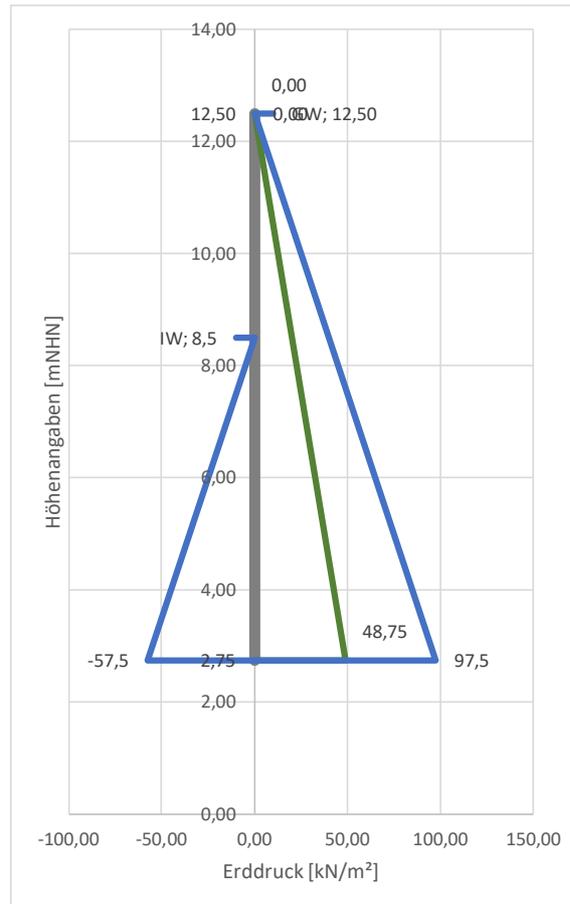
Mit dem Lastfall wird der Fall, wobei der Wasserstand höher als erwartet aufsteigt, untersucht.

OK_{Wand} = 12,50 mNHN
 UK_{Wand} = 2,75 mNHN
 GW = 12,50 mNHN
 IW = 8,50 mNHN

Schicht	Schichtbezeichnung	OK	UK	γ	γ'	φ	K_{0gh}
1	Auffüllung	12,50 mNHN	2,00 mNHN	18,0 kN/m ³	10,0 kN/m ³	30,0 °	0,5

$e_{0gh1,k}$ = 0,0 kN/m²
 $e_{0gh2,k}$ = 0,0 kN/m²
 $e_{0gh3,k}$ = 48,8 kN/m²

 $w_{GW1,k}$ = 0,0 kN/m²
 $w_{GW2,k}$ = 97,5 kN/m²
 $w_{I1,k}$ = 0,0 kN/m²
 $w_{I2,k}$ = 57,5 kN/m²



8.2.5 LF5 - Revisionsfall - Erdruchdruck/Außenwasser/Innenwasser (G)

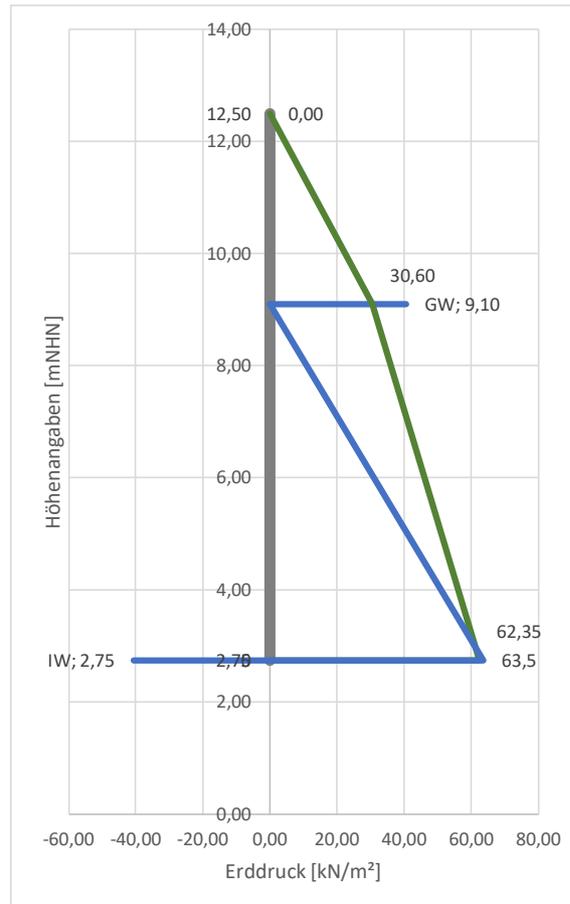
Im Revisionsfall wird eine Kammer trocken gelegt.

OK_{Wand} = 12,50 mNHN
 UK_{Wand} = 2,75 mNHN
 GW = 9,10 mNHN
 IW = 2,75 mNHN

Schicht	Schichtbezeichnung	OK	UK	γ	γ'	φ	K_{0gh}
1	Auffüllung	12,50 mNHN	2,00 mNHN	18,0 kN/m ³	10,0 kN/m ³	30,0 °	0,5

$e_{0gh1,k} = 0,0 \text{ kN/m}^2$
 $e_{0gh2,k} = 30,6 \text{ kN/m}^2$
 $e_{0gh3,k} = 62,4 \text{ kN/m}^2$

$w_{GW1,k} = 0,0 \text{ kN/m}^2$
 $w_{GW2,k} = 63,5 \text{ kN/m}^2$
 $w_{I1,k} = 0,0 \text{ kN/m}^2$
 $w_{I2,k} = 0,0 \text{ kN/m}^2$



8.2.6 LF6 - Erdruhedruck infolge vom Verkehr (Q)

Siehe hierzu Kap. Einwirkungen - Sperrwerk.

$$e_{0ph,k} = \underline{20,0 \text{ kN/m}^2}$$

8.2.7 LF7 - Brückenlasten (G)

Siehe hierzu Kap. Einwirkungen - Sperrwerk.
Auf der Mittelwand muss die zweifache Last angesetzt werden.

$$g_{\text{Brücke},k} = \underline{62,9 \text{ kN/m}}$$

8.2.8 LF8 - Brückenlasten (Q)

Siehe hierzu Kap. Einwirkungen - Sperrwerk.
Auf der Mittelwand muss die zweifache Last angesetzt werden.

$$q_{\text{Brücke},k} = \underline{33,3 \text{ kN/m}}$$

8.2.9 LF9 - Brückenlasten - LM1 (Q)

Siehe hierzu Kap. Einwirkungen - Sperrwerk.
Auf der Mittelwand muss die zweifache Last angesetzt werden.

$$q_{LM1} = \underline{54,5 \text{ kN/m}}$$

8.2.10 Lastfallmatrix

angesetzte Teilsicherheitsbeiwerte in Zellen		Lastfälle									
		LF1	LF2	LF3	LF4	LF5	LF6	LF7	LF8	LF9	
Ergebniskombination	Lastkombination	Bemessungssituation	Eigengewicht (G)	BHW (G)	NW (G)	Bordvoll (G)	Revision (G)	Erdruckdruck (Q)	Brücke (G)	Brücke (Q)	Brücke - LM1 (Q)
			EK1 - ULS - Sperrwerk	LK1	BS-P	1,35	1,35				1,50
	LK2	BS-P	1,35		1,35			1,50			
	LK3	BS-A	1,00			1,00					
	LK4	BS-T	1,20				1,20	1,30			
EK2 - ULS - Brücke	LK5	BS-P	1,35	1,35				1,50	1,35	1,35	1,35
	LK6	BS-P	1,35		1,35			1,50	1,35	1,35	1,35
	LK7	BS-A	1,00			1,00			1,00		
EK3 - SLS - Sperrwerk	LK8	BS-T	1,20				1,20	1,30	1,20	1,35	1,35
	LK9	char.	1,00	1,00				1,00			
	LK10	char.	1,00		1,00			1,00			
	LK11	char.	1,00			1,00					
EK4 - SLS - Brücke	LK12	char.	1,00				1,00	1,00			
	LK13	char.	1,00	1,00				1,00	1,00	1,00	1,00
	LK14	char.	1,00		1,00			1,00	1,00	1,00	1,00
	LK15	char.	1,00			1,00			1,00		
	LK16	char.	1,00				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

8.3 Berechnung und Bemessung

Die Berechnung und Bemessung erfolgt mit dem Programm RFEM von Dlubal.
Das Ausdrucksprotokoll ist am Ende des Kapitels gegeben.

Eingangsdaten - Sohle

Betonklasse: **C30/37**
 Expositionsclassen: **XC1, XA1, XM1, WF**
 max. w/z **0,55 [-]**
 Bewehrungsstahl: **B500B**
 Betonüberdeckung: **c_{nom} = 60,0 mm**
 max. Rissbreite: **w_{max} = 0,25 m**

Eingangsdaten - Wände

Betonklasse: **C20/25 (LP)**
 Expositionsclassen: **XC4, XF3, XA1, XM1, WF**
 max. w/z **0,55 [-]**
 Bewehrungsstahl: **B500B**
 Betonüberdeckung: **c_{nom} = 60,0 mm**
 max. Rissbreite: **w_{max} = 0,25 m**

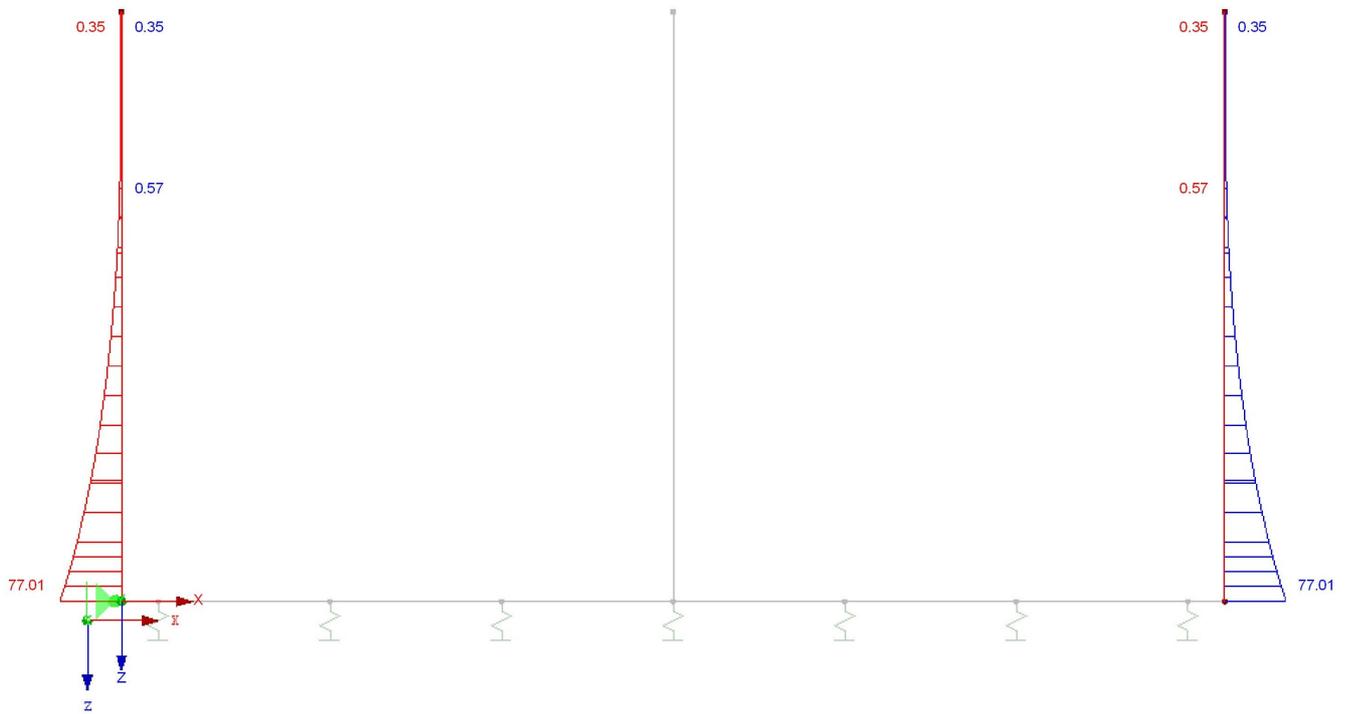
Pfahl - Dehnsteifigkeit

Die Pfähle (vertikale Auflager) werden mit einer Federsteifigkeit (Dehnsteifigkeit) im System angesetzt.
Siehe hierzu das Kap. BT01-04 - Lotrechte Pfähle - Abtragung Vertikalkräfte (GEO-2/STR).

Querschnittsfläche $A_{b,LP}$ =	201,40 cm ²
Pfahllänge L_{LP} =	22,90 m
E-Modul Stahl E_{Stahl} =	21000,0 kN/cm ²
Dehnsteifigkeit Pfahl $C_{u,Z}$ = $E_{Stahl} * A_{b,LP} / L_{LP}$	= <u>184690 kN/m</u>

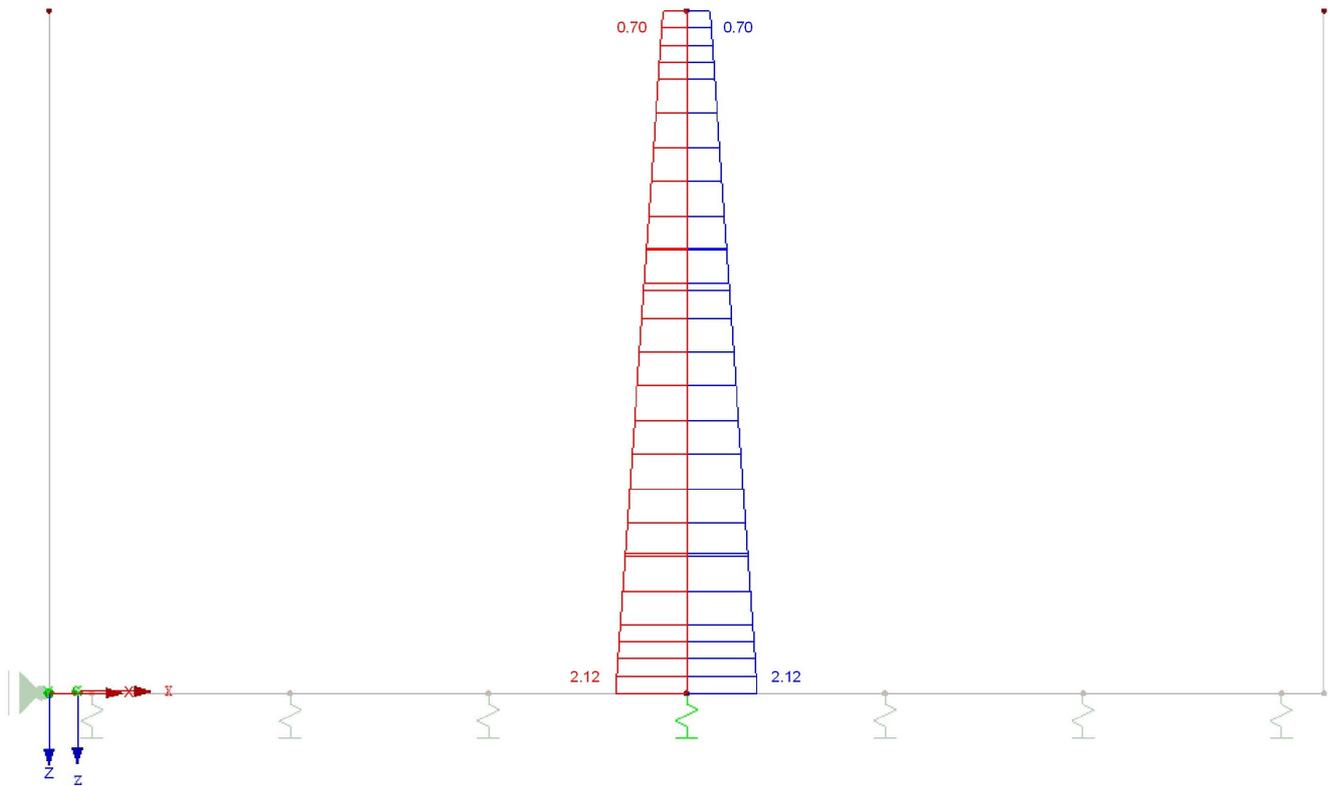
8.3.1 BT01-01 - Außenwand

Nachfolgend wird der statisch erforderliche Bewehrungsgehalt dargestellt.



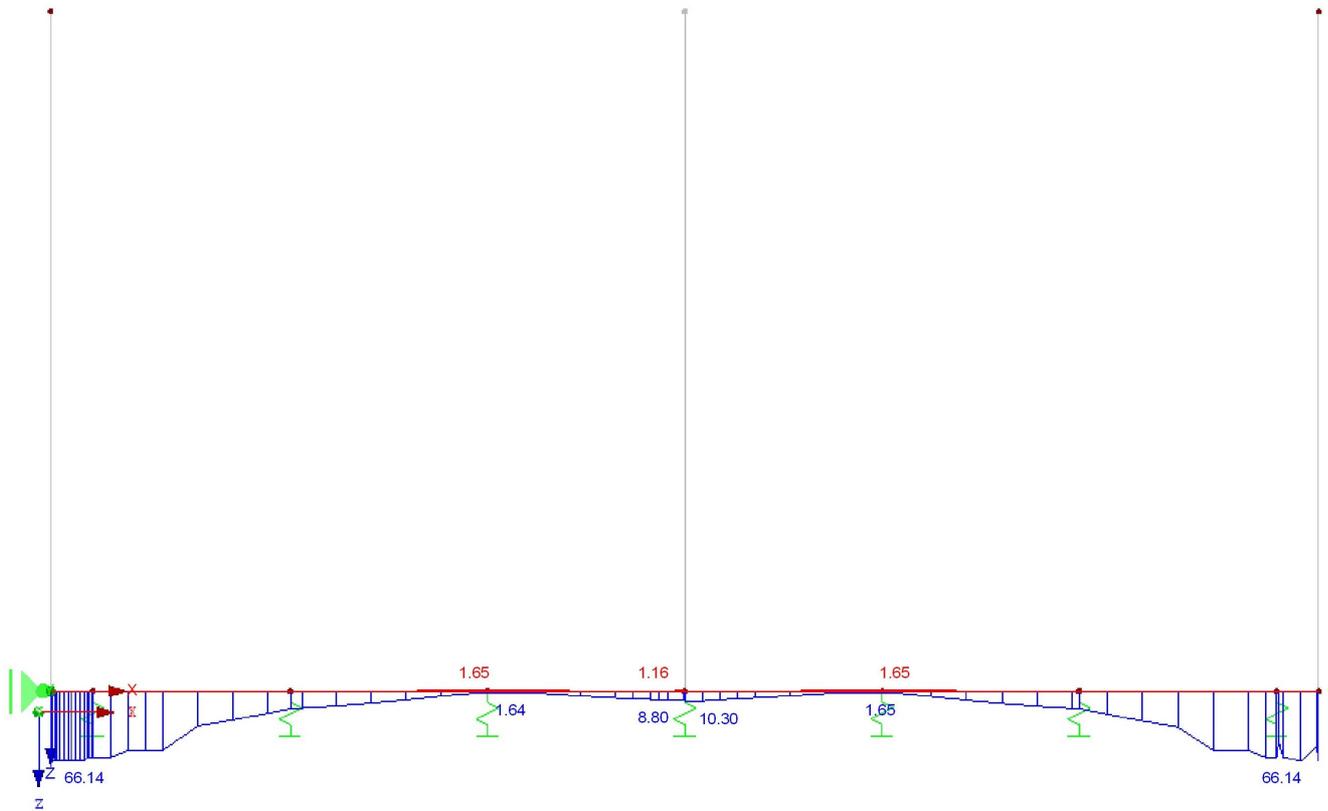
8.3.2 BT01-02 - Mittelwand (Mittelpfeiler)

Nachfolgend wird der statisch erforderliche Bewehrungsgehalt dargestellt.



8.3.3 BT01-03 - Bodenplatte

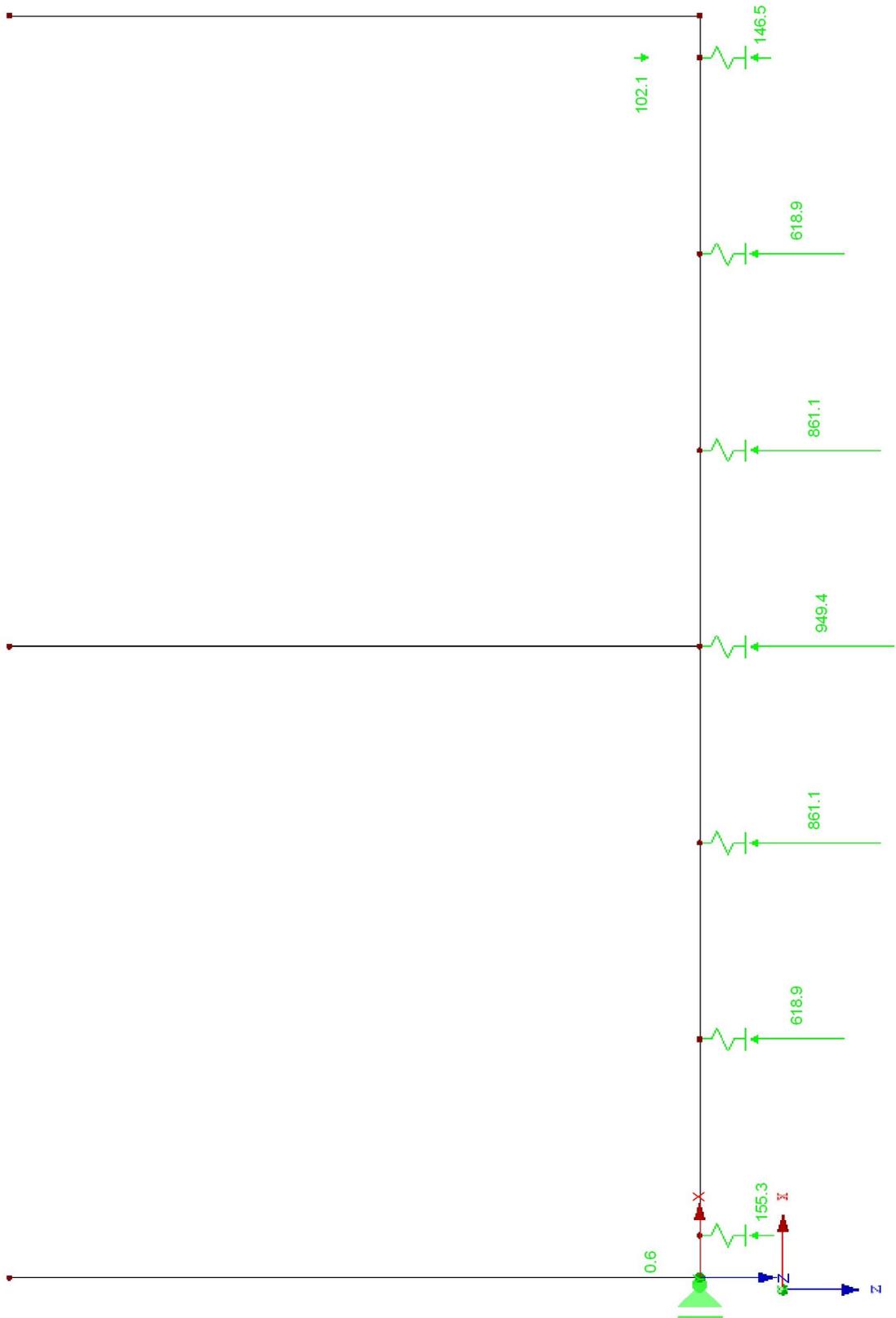
Nachfolgend wird der statisch erforderliche Bewehrungsgehalt dargestellt.



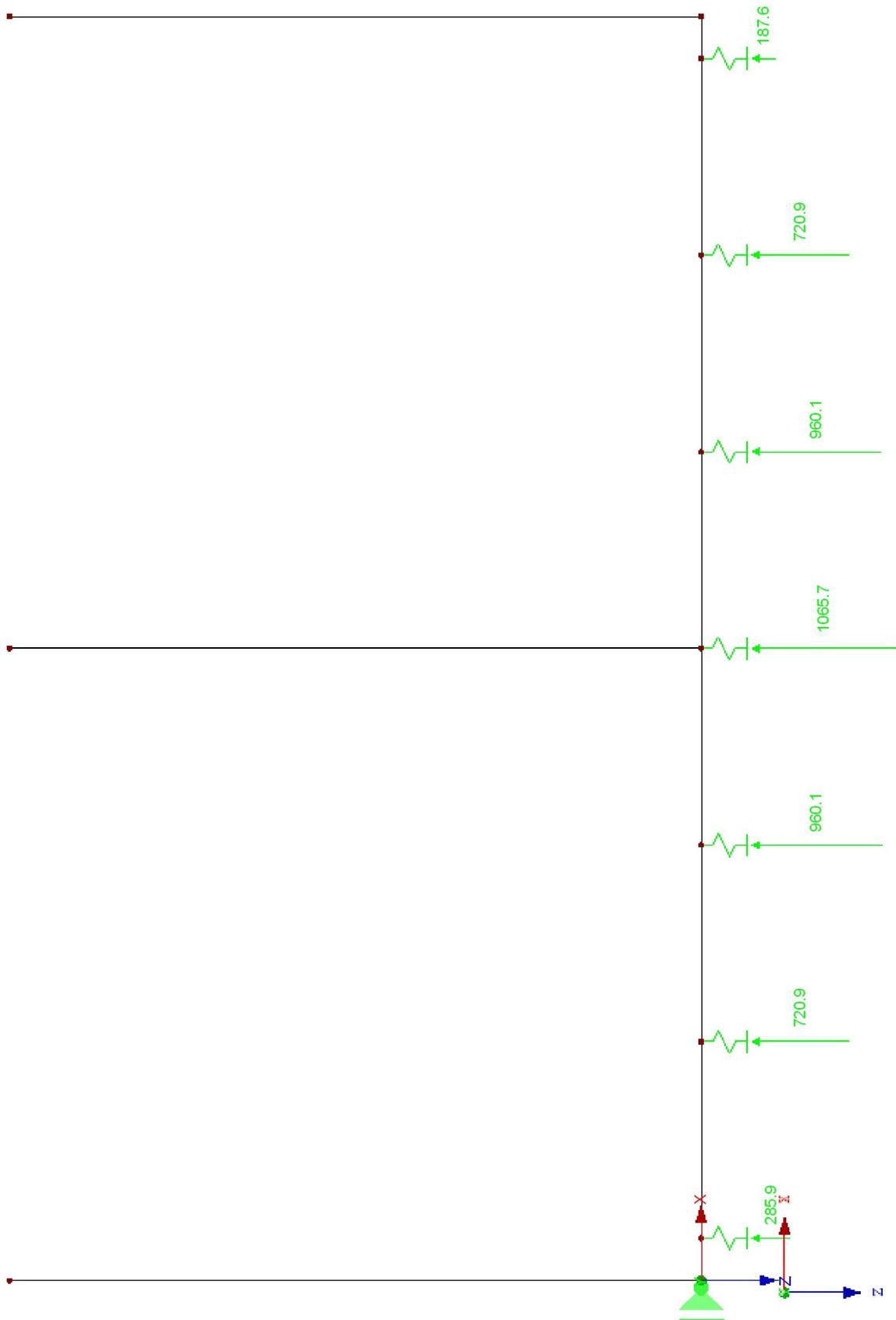
8.3.4 BT01-04 - lotrechte Pfähle - Pfahlkräfte

Nachfolgend sind die maßgebende Pfahlkräfte aus den Berechnungen des Sperrwerks dargestellt.

EK1 - ULS - Sperrwerk



EK3 - ULS - Sperrwerk mit Brücke



Protokoll



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 1/20
Blatt: 1

MODELL

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT01 - Sperrwerk
BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

MODELL-BASISANGABEN

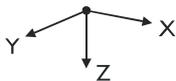
Allgemein	Modellname	: Sperrwerk_Stabwerk_210720
	Modelbezeichnung	: gsdgds
Optionen	Modelltyp	: 2D-XZ (ux/uz/φy)
	Positive Richtung der globalen Z-Achse	: Nach unten
	Klassifizierung der Lastfälle und Kombinationen	: Nach Norm: EN 1990 Nationaler Anhang: DIN - Deutschland
	<input type="checkbox"/> RF-Formfindung - Ermittlung von initialen Gleichgewichtsformen für Membran- und Seilkonstruktionen	
	<input type="checkbox"/> RF-ZUSCHNITT	
	<input type="checkbox"/> Rohrleitungsanalyse	
	<input type="checkbox"/> CQC-Regel anwenden	
	<input type="checkbox"/> CAD/BIM-Modell ermöglichen	
	Erdbeschleunigung g	: 10.00 m/s ²

FE-NETZ-EINSTELLUNGEN

Allgemein	Angestrebte Länge der Finiten Elemente	l_{FE}	: 0.500 m
	Maximaler Abstand zwischen Knoten und Linie um in die Linie zu integrieren	ϵ	: 0.001 m
	Maximale Anzahl der FE-Netz-Knoten (in Tausenden)		: 500
	Stäbe	Anzahl Teilungen von Stäben mit Seil, Bettung, Voute oder plastischer Charakteristik	
	<input checked="" type="checkbox"/> Stäbe bei Theorie III. Ordnung bzw. Durchschlagproblem intern teilen		
	<input checked="" type="checkbox"/> Teilung der Stäbe durch den Knoten, der auf den Stäben liegt		
Flächen	Maximales Verhältnis der FE-Viereck-Diagonalen	Δ_D	: 1.800
	Maximale Neigung von zwei Finiten Elementen aus der Ebene	α	: 0.50 °
	Form der Finiten Elemente:		: Drei- und Vierecke <input checked="" type="checkbox"/> Gleiche Quadrate generieren, wo möglich

1.3 MATERIALIEN

Mat. Nr.	Modul E [kN/cm ²]	Modul G [kN/cm ²]	Querdehnzahl ν [-]	Spez. Gewicht γ [kN/m ³]	Wärmedehn. α [1/°C]	Teilsich.-Beiwert γ _M [-]	Material-Modell
1	Beton C30/37 DIN 2830.00	1045-1:2008-08 1179.17	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch
2	Beton C20/25 DIN 2490.00	1045-1:2008-08 1037.50	0.200	25.00	1.00E-05	1.00	Isotrop linear elastisch

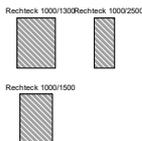


1.7 KNOTENLAGER

Lager Nr.	Knoten Nr.	Achsensystem	Lagerung bzw. Feder [kN/m] [kNm/rad]			Kommentar
			u _x	u _z	φ _y	
1	4,8-10,12-14	Global X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	Feder	<input type="checkbox"/>	
2	1	Global X,Y,Z	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

1.7.2 KNOTENLAGER - FEDERN

Lager Nr.	Knoten Nr.	Weg- bzw. Drehfeder [kN/m] [kNm/rad]			Kommentar
		C _{u,x}	C _{u,z}	C _{φ,y}	
1	4,8-10,12-14	-	184690.0	-	



1.13 QUERSCHNITTE

Quers. Nr.	Mater. Nr.	I _r [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	I _z [cm ⁴]	Hauptachsen α [°]	Drehung α' [°]	Gesamtmaße [mm]	
		A [cm ²]	A _y [cm ²]	A _z [cm ²]			Breite b	Höhe h
1	Rechteck 1000/1300							
	2	13000.00	18308332.00	10833.33	0.00	0.00	1000.0	1300.0
2	Rechteck 1000/2500							
	2	25000.00	130208328.00	20833.33	0.00	0.00	1000.0	2500.0
3	Rechteck 1000/1500							
	1	15000.00	28125000.00	12500.00	0.00	0.00	1000.0	1500.0



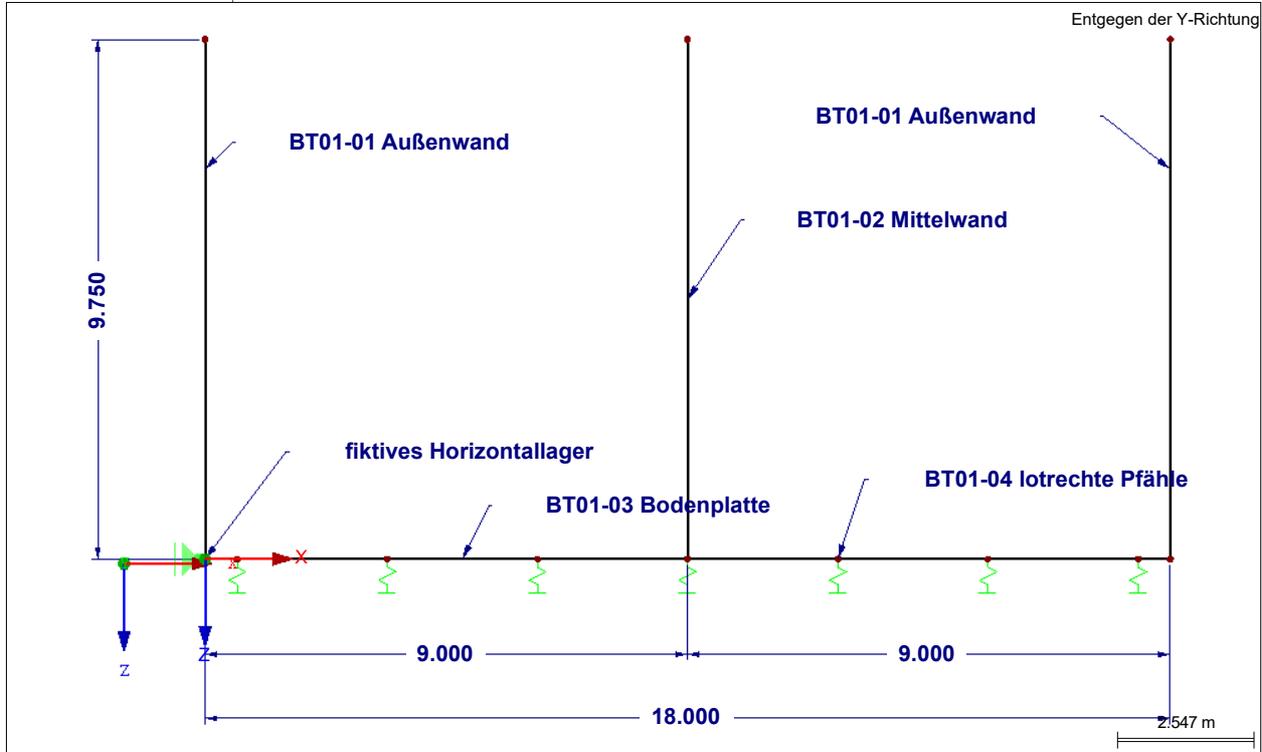
Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 2/20
Blatt: 1
MODELL

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ **MODELL**



■ **2.1 LASTFÄLLE**

Lastfall	LF-Bezeichnung	EN 1990 DIN Einwirkungskategorie	Eigengewicht - Faktor in Richtung			
			Aktiv	X	Y	Z
LF1	Eigengewicht (G)	Ständig	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000		1.000
LF2	BHW - Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF3	NW - Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF4	Bordvoll - Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF5	Revisionsfall - Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF6	Erdruhedruck infolge vom Verkehr (Q)	Nutzlasten - Kategorie A: Wohn/Aufenthaltsräume	<input type="checkbox"/>			
LF7	Brückenlasten (G)	Ständig	<input type="checkbox"/>			
LF8	Brückenlasten (Q)	Nutzlasten - Kategorie A: Wohn/Aufenthaltsräume	<input type="checkbox"/>			
LF9	Brückenlasten - LM1 (Q)	Nutzlasten - Kategorie A: Wohn/Aufenthaltsräume	<input type="checkbox"/>			

■ **2.5 LASTKOMBINATIONEN**

Lastkombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall	
					1	2
LK1		BHW (BS-P)	1	1.35	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.35	LF2	BHW - Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
LK2		NW (BS-P)	3	1.50	LF6	Erdruhedruck infolge vom Verkehr (Q)
			1	1.35	LF1	Eigengewicht (G)
LK3		Bordvoll (BS-A)	2	1.35	LF3	NW - Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
			3	1.50	LF6	Erdruhedruck infolge vom Verkehr (Q)
LK4		Revisionsfall (BS-T)	1	1.00	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.00	LF4	Bordvoll - Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
LK4		Revisionsfall (BS-T)	1	1.20	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.20	LF5	Revisionsfall - E



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 3/20
Blatt: 1

LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ 2.5 LASTKOMBINATIONEN

Last-kombin.	BS	Lastkombination Bezeichnung	Nr.	Faktor	Lastfall	
LK5	BHW + Brücke (BS-P)		3	1.30	LF6	Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
			1	1.35	LF1	Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
			2	1.35	LF2	Eigengewicht (G)
						BHW -
						Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
						Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
LK6	NW + Brücke (BS-P)		3	1.50	LF6	Brückenlasten (G)
			4	1.35	LF7	Brückenlasten (Q)
			5	1.50	LF8	Brückenlasten - LM1 (Q)
			6	1.50	LF9	Eigengewicht (G)
			1	1.35	LF1	NW -
			2	1.35	LF3	Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
LK7	Bordvoll + Brückel (BS-A)		3	1.50	LF6	Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
			4	1.35	LF7	Brückenlasten (G)
			5	1.50	LF8	Brückenlasten (Q)
			6	1.50	LF9	Brückenlasten - LM1 (Q)
			1	1.00	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.00	LF4	Bordvoll -
LK8	Revisionsfal + Brückel (BS-T)		1	1.00	LF7	Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
			2	1.20	LF5	Brückenlasten (G)
						Eigengewicht (G)
						Revisionsfall -
						Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
						Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
LK9	BHW char.		3	1.30	LF6	Brückenlasten (G)
			4	1.20	LF7	Brückenlasten (Q)
			5	1.30	LF8	Brückenlasten (Q)
			6	1.30	LF9	Brückenlasten - LM1 (Q)
			1	1.00	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.00	LF2	BHW -
LK10	NW char.		3	1.00	LF6	Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
			1	1.00	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.00	LF3	NW -
						Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
						Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
						Eigengewicht (G)
LK11	Bordvoll char.		3	1.00	LF6	Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
			1	1.00	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.00	LF4	Bordvoll -
						Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
						Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
						Eigengewicht (G)
LK12	Revisionsfall char.		1	1.00	LF1	Revisionsfall -
			2	1.00	LF5	Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
						Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
						Eigengewicht (G)
						BHW -
						Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
LK13	BHW + Brücke char.		3	1.00	LF6	Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
			1	1.00	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.00	LF2	BHW -
						Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
						Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
						Brückenlasten (G)
LK14	NW + Brücke char.		3	1.00	LF6	Brückenlasten (G)
			4	1.00	LF7	Brückenlasten (Q)
			5	1.00	LF8	Brückenlasten (Q)
			6	1.00	LF9	Brückenlasten - LM1 (Q)
			1	1.00	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.00	LF3	NW -
LK15	Bordvoll + Brückel char.		3	1.00	LF6	Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)
			4	1.00	LF7	Brückenlasten (G)
			5	1.00	LF8	Brückenlasten (Q)
			6	1.00	LF9	Brückenlasten - LM1 (Q)
			1	1.00	LF1	Eigengewicht (G)
			2	1.00	LF4	Bordvoll -
LK16	Revisionsfal + Brückel char.		3	1.00	LF7	Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
			1	1.00	LF1	Brückenlasten (G)
			2	1.00	LF5	Eigengewicht (G)
						Revisionsfall -
						Erddruck/Außenwasser/Innenwasser (G)
						Erdruchdruck infolge vom Verkehr (Q)

■ 2.7 ERGEBNISKOMBINATIONEN

Ergebn.-kombin.	Bezeichnung	Belastung
EK1	ULS - Sperrwerk	LK1 oder bis LK4
EK2	ULS - Sperrwerk mit Brücke	LK5 oder bis LK8
EK3	SLS - Sperrwerk	LK9 oder bis LK12
EK4	SLS - Sperrwerk mit Brücke	LK13 oder bis LK16



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 4/20
Blatt: 1

LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

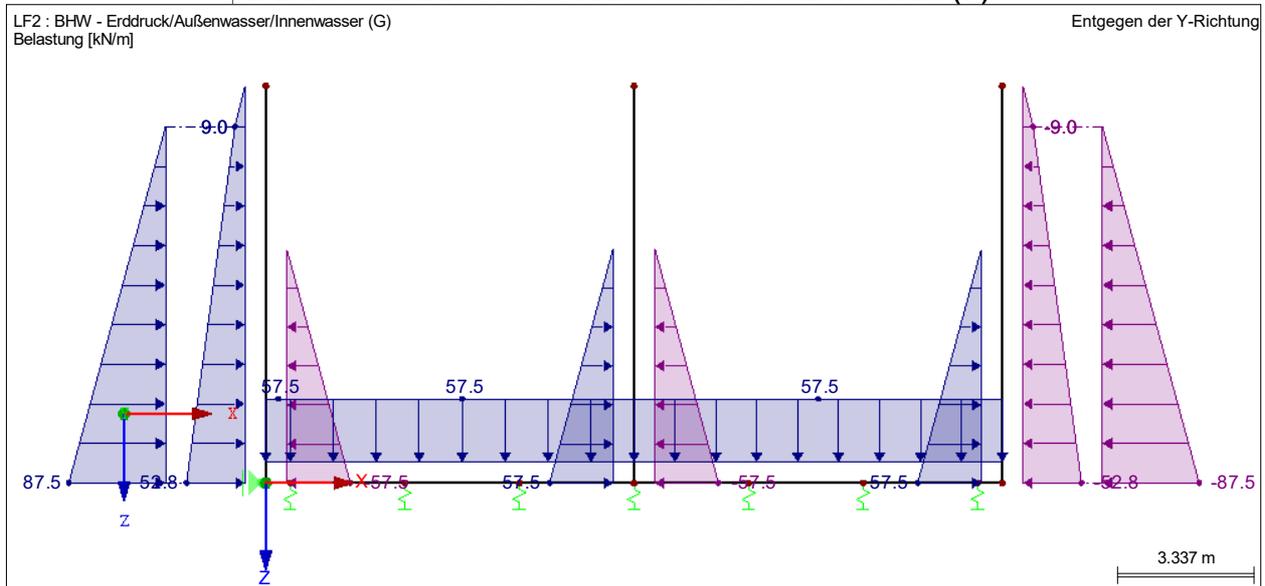
LF2
BHW -
Erddruck/Außenwasser/Innen
(G)

3.2 STABLASTEN

LF2

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	4	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	-52.8	kN/m
							x_2	8.750	m
							P_2	-9.0	kN/m
							x_3	9.750	m
2	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	52.8	kN/m
							x_2	8.750	m
							P_2	9.0	kN/m
							x_3	9.750	m
3	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	87.5	kN/m
							x_2	8.750	m
							P_2	0.0	kN/m
							x_3	9.750	m
4	Stäbe	4	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	-87.5	kN/m
							x_2	8.750	m
							P_2	0.0	kN/m
							x_3	9.750	m
5	Stäbe	1,5	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	-57.5	kN/m
							x_2	5.750	m
							P_2	0.0	kN/m
							x_3	9.750	m
6	Stäbe	4,5	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	57.5	kN/m
							x_2	5.750	m
							P_2	0.0	kN/m
							x_3	9.750	m
7	Stäbe	2,3,6	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	p	57.5	kN/m

LF2: BHW - ERDDRUCK/AUSSENWASSER/INNENWASSER (G)



LF3
NW -
Erddruck/Außenwasser/Innen
(G)

3.2 STABLASTEN

LF3

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	4	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	-79.8	kN/m
							x_2	2.000	m
							P_2	-69.8	kN/m
							x_3	9.750	m



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 5/20
Blatt: 1
LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

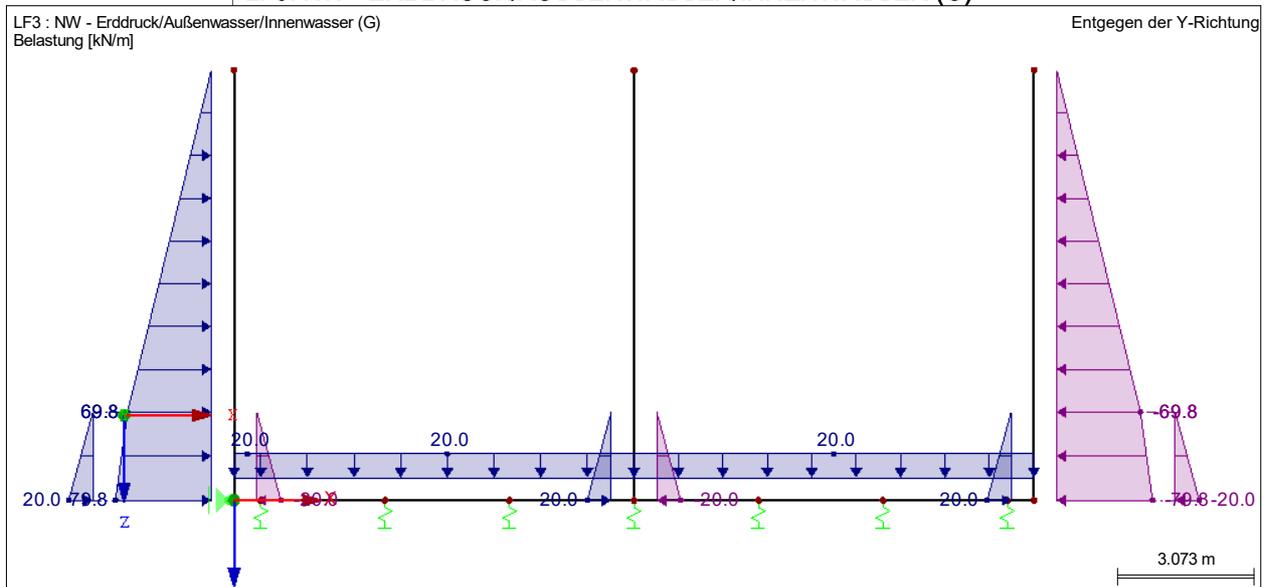
Datum: 17.09.2021

3.2 STABLASTEN

LF3

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Symbol	Lastparameter	
								Wert	Einheit
2	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P ₃	0.0	kN/m
							x ₁	0.000	m
							P ₁	79.8	kN/m
							x ₂	2.000	m
							P ₂	69.8	kN/m
3	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P ₃	0.0	kN/m
							x ₁	0.000	m
							P ₁	20.0	kN/m
							x ₂	2.000	m
							P ₂	0.0	kN/m
4	Stäbe	4	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P ₃	0.0	kN/m
							x ₁	0.000	m
							P ₁	-20.0	kN/m
							x ₂	2.000	m
							P ₂	0.0	kN/m
5	Stäbe	1,5	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P ₃	0.0	kN/m
							x ₁	0.000	m
							P ₁	-20.0	kN/m
							x ₂	2.000	m
							P ₂	0.0	kN/m
6	Stäbe	4,5	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P ₃	0.0	kN/m
							x ₁	0.000	m
							P ₁	20.0	kN/m
							x ₂	2.000	m
							P ₂	0.0	kN/m
7	Stäbe	2,3,6	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	P ₃	0.0	kN/m
							p	20.0	kN/m

LF3: NW - ERDRUCK/AUSSENWASSER/INNENWASSER (G)



LF4
Bordvoll -
Erddruck/Außenwasser/Innen
(G)

3.2 STABLASTEN

LF4

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Symbol	Lastparameter	
								Wert	Einheit
1	Stäbe	4	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x ₁	0.000	m
							P ₁	-48.8	kN/m
							x ₂	9.750	m
							P ₂	0.0	kN/m
2	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x ₁	0.000	m
							P ₁	48.8	kN/m
							x ₂	9.750	m
							P ₂	0.0	kN/m
3	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x ₁	0.000	m
							P ₁	97.5	kN/m



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 6/20
Blatt: 1

LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

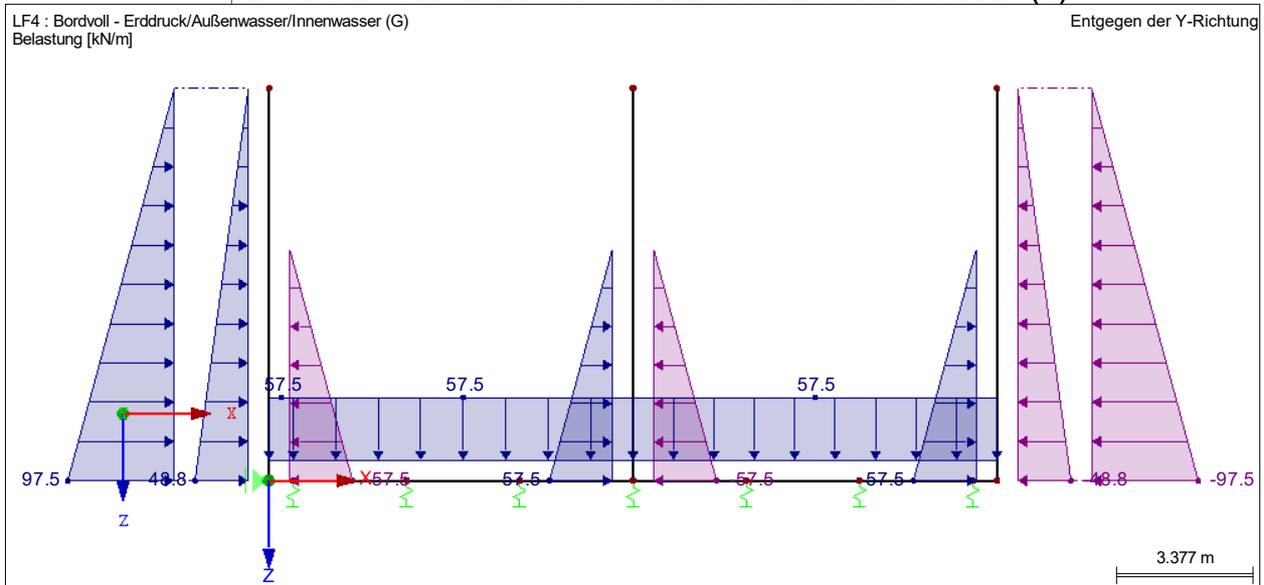
Datum: 17.09.2021

3.2 STABLASTEN

LF4

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
4	Stäbe	4	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_2	9.750	m
							P_2	0.0	kN/m
							x_1	0.000	m
							P_1	-97.5	kN/m
							x_2	9.750	m
5	Stäbe	1,5	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P_2	0.0	kN/m
							x_1	0.000	m
							P_1	-57.5	kN/m
							x_2	5.750	m
							P_2	0.0	kN/m
6	Stäbe	4,5	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_3	9.750	m
							P_3	0.0	kN/m
							x_1	0.000	m
							P_1	57.5	kN/m
							x_2	5.750	m
7	Stäbe	2,3,6	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	P_2	0.0	kN/m
							x_3	9.750	m
							P_3	0.0	kN/m
							p	57.5	kN/m

LF4: BORDVOLL - ERDDRUCK/AUSSENWASSER/INNENWASSER (G)



LF5
Revisionsfall -
Erddruck/Außenwasser/Innen
(G)

3.2 STABLASTEN

LF5

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-Verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	4	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_1	0.000	m
							P_1	-62.4	kN/m
							x_2	6.350	m
							P_2	-30.6	kN/m
							x_3	9.750	m
2	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P_3	0.0	kN/m
							x_1	0.000	m
							P_1	62.4	kN/m
							x_2	6.350	m
							P_2	30.6	kN/m
3	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	x_3	9.750	m
							P_3	0.0	kN/m
							x_1	0.000	m
							P_1	63.5	kN/m
							x_2	6.350	m
4	Stäbe	4	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P_2	0.0	kN/m
							x_3	9.750	m
							P_3	0.0	kN/m
							x_1	0.000	m
							P_1	-63.5	kN/m



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 7/20
Blatt: 1

LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT01 - Sperrwerk
BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

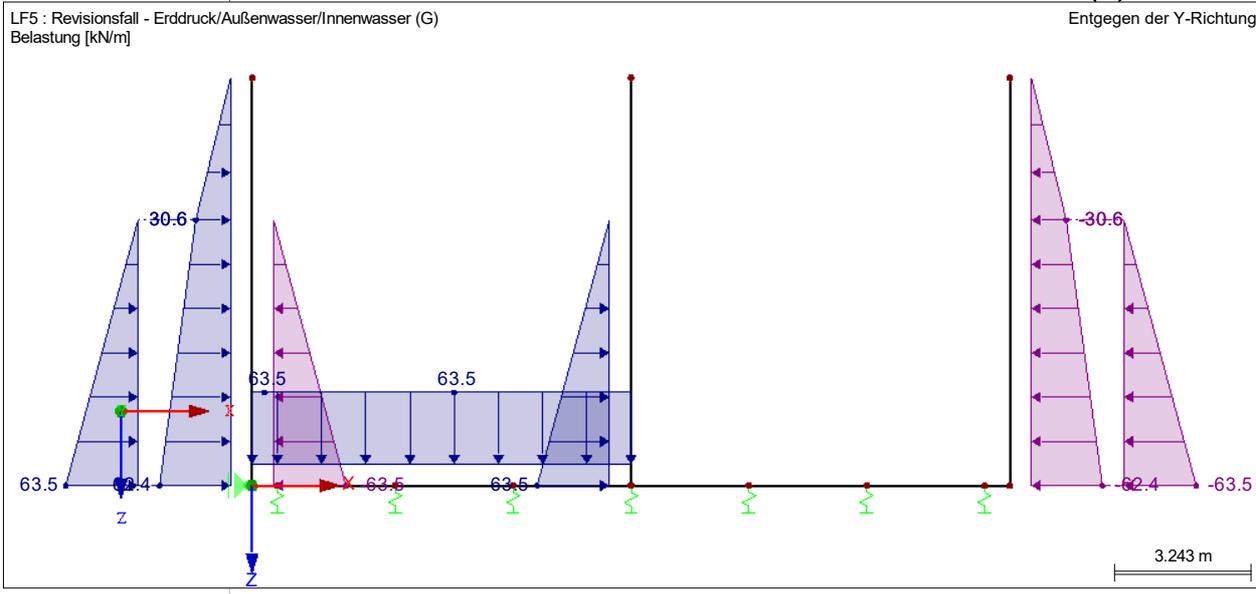
Datum: 17.09.2021

3.2 STABLASTEN

LF5

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter			
							Symbol	Wert	Einheit	
5	Stäbe	2,6	Kraft	Konstant	ZL	Wahre Länge	P ₃	0.0	kN/m	
	Stäbe	1	Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	p	63.5	kN/m	
7							x ₁	0.000	m	
							x ₂	6.350	m	
							P ₂	0.0	kN/m	
							x ₃	9.750	m	
							P ₃	0.0	kN/m	
							x ₁	0.000	m	
	Stäbe	5		Kraft	Veränderlich	XL	Wahre Länge	P ₁	63.5	kN/m
								x ₂	6.350	m
								P ₂	0.0	kN/m
							x ₃	9.750	m	
							P ₃	0.0	kN/m	

LF5: REVISIONSFALL - ERDDRUCK/AUSSENWASSER/INNENWASSER (G)



LF6
Erdruehdruck infolge vom Verkehr (Q)

3.2 STABLASTEN

LF6: Erdruehdruck infolge vom Verkehr (Q)

Nr.	Beziehen auf	An Stäben Nr.	Last-Art	Last-verteilung	Last-Richtung	Bezugs-Länge	Lastparameter		
							Symbol	Wert	Einheit
1	Stäbe	4	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	-20.0	kN/m
2	Stäbe	1	Kraft	Konstant	XL	Wahre Länge	p	20.0	kN/m



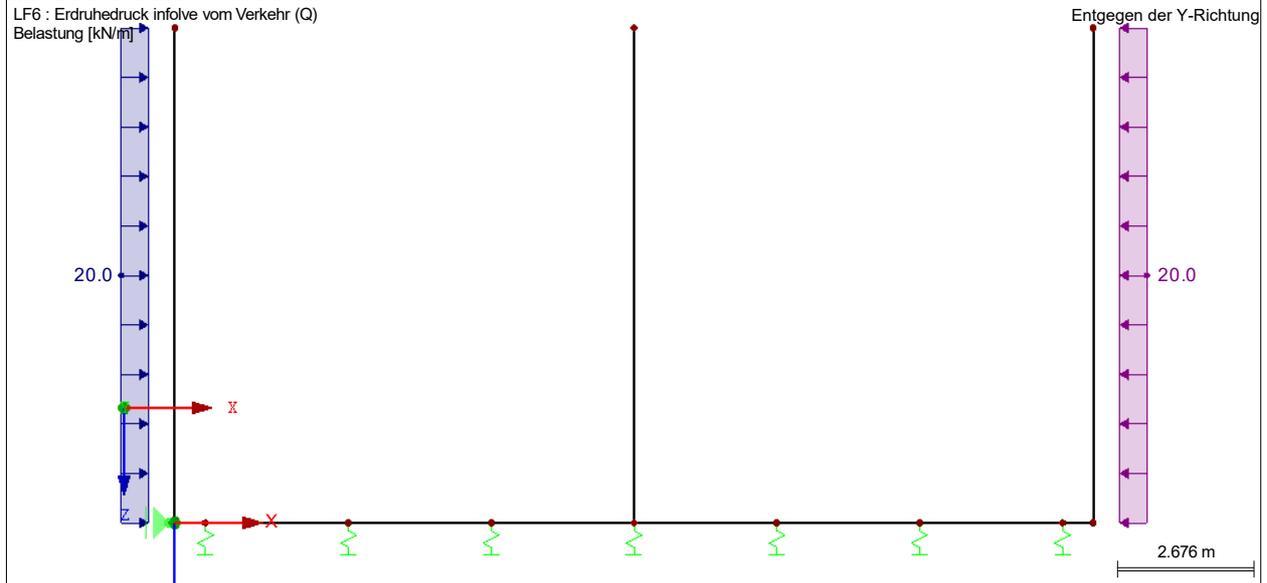
Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 8/20
Blatt: 1
LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ **LF6: ERDRUHDRECK INFOLGE VOM VERKEHR (Q)**



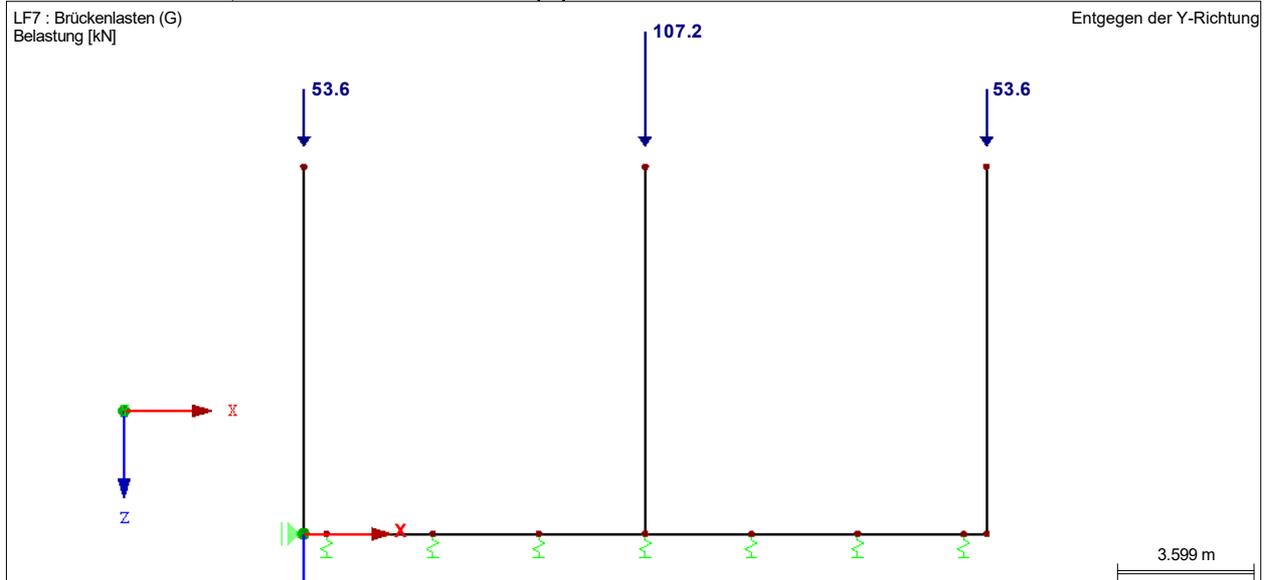
■ **3.1 KNOTENLASTEN - KOMPONENTENWEISE - KOORDINATENSYSTEM**

LF7
Brückenlasten (G)

LF7: Brückenlasten (G)

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten-system	Kraft [kN]		Moment
			P _x / P _U	P _z / P _w	M _y / M _y [kNm]
1	3,7	0 Globales XYZ	0.0	53.6	0.0
2	6	0 Globales XYZ	0.0	107.2	0.0

■ **LF7: BRÜCKENLASTEN (G)**





Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 9/20
Blatt: 1

LASTEN

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

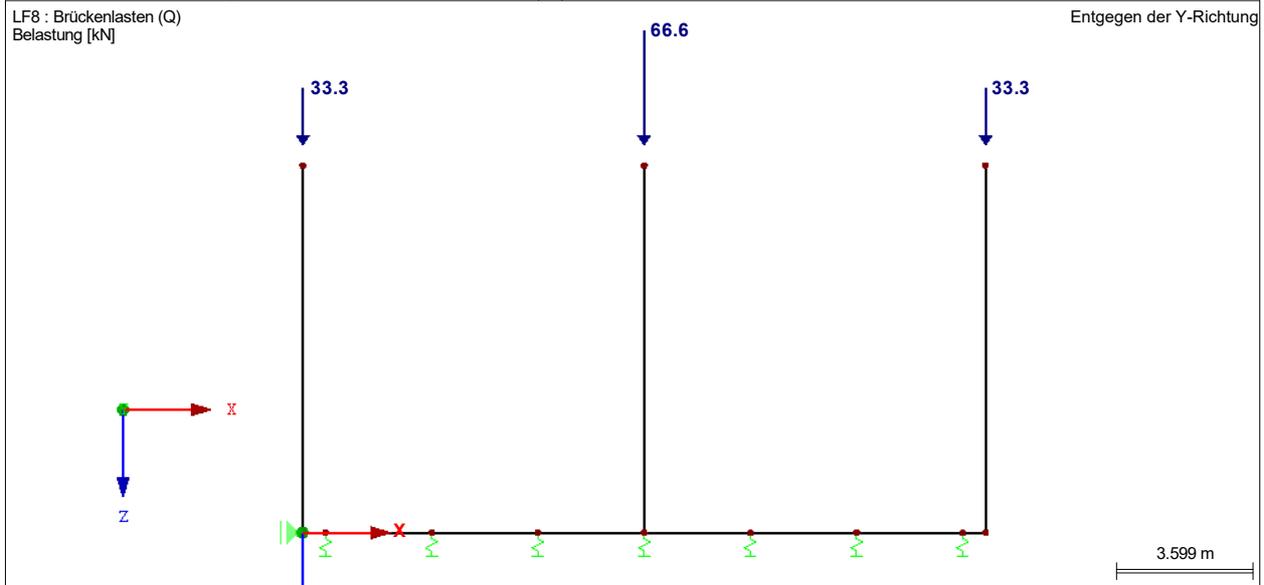
■ 3.1 KNOTENLASTEN - KOMPONENTENWEISE
- KOORDINATENSYSTEM

LF8
Brückenlasten (Q)

LF8: Brückenlasten (Q)

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten- system	Kraft [kN]		Moment
			P _x / P _u	P _z / P _w	M _y / M _v [kNm]
1	3,7	0 Globales XYZ	0.0	33.3	0.0
2	6	0 Globales XYZ	0.0	66.6	0.0

■ LF8: BRÜCKENLASTEN (Q)



■ 3.1 KNOTENLASTEN - KOMPONENTENWEISE
- KOORDINATENSYSTEM

LF9
Brückenlasten - LM1 (Q)

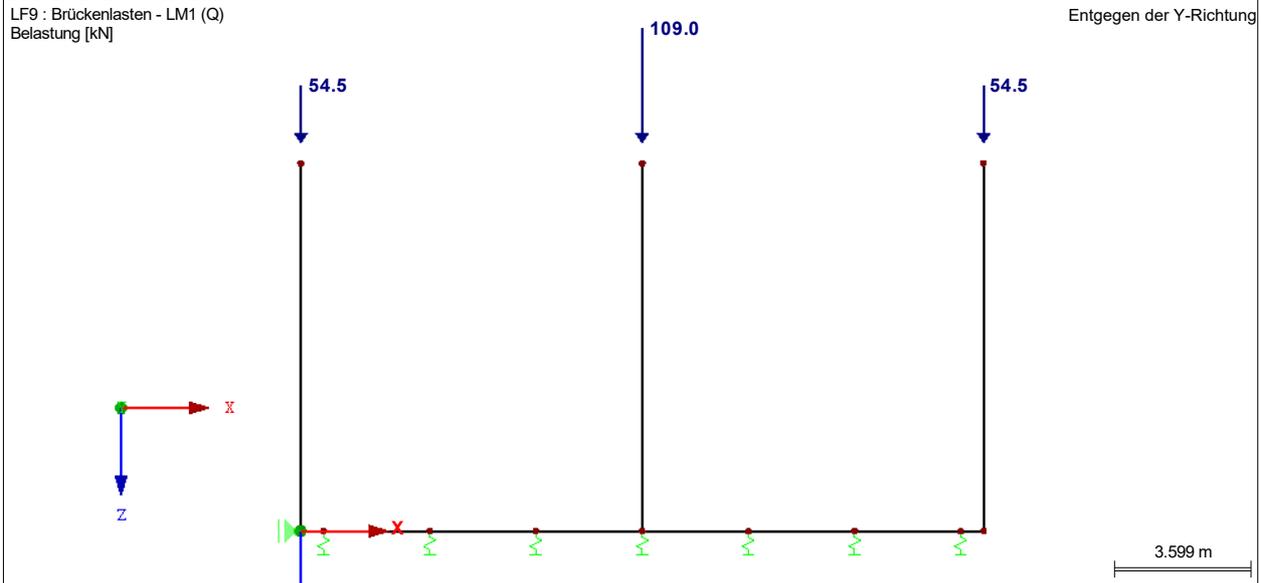
LF9: Brückenlasten - LM1 (Q)

Nr.	An Knoten Nr.	Koordinaten- system	Kraft [kN]		Moment
			P _x / P _u	P _z / P _w	M _y / M _v [kNm]
1	3,7	0 Globales XYZ	0.0	54.5	0.0
2	6	0 Globales XYZ	0.0	109.0	0.0

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ LF9: BRÜCKENLASTEN - LM1 (Q)



■ 4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Ergebniskombinationen

Knoten Nr.	EK	Lagerkräfte [kN]		Lagermomente M _y [kNm]		
		P _x	P _z			
1	EK1	Max	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk
	EK2	Max	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
	EK3	Max	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk
	EK4	Max	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
4	EK1	Max	0.0	949.4	0.0	ULS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk
	EK2	Max	0.0	1065.7	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
	EK3	Max	0.0	693.3	0.0	SLS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk
	EK4	Max	0.0	773.8	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
8	EK1	Max	0.0	155.3	0.0	ULS - Sperrwerk
		Min	0.0	-0.6	0.0	ULS - Sperrwerk
	EK2	Max	0.0	285.9	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
	EK3	Max	0.0	146.5	0.0	SLS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk
	EK4	Max	0.0	244.7	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
9	EK1	Max	0.0	618.9	0.0	ULS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk
	EK2	Max	0.0	720.9	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
	EK3	Max	0.0	456.2	0.0	SLS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk
	EK4	Max	0.0	526.9	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
10	EK1	Max	0.0	861.1	0.0	ULS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk
	EK2	Max	0.0	960.1	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
	EK3	Max	0.0	629.2	0.0	SLS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk
	EK4	Max	0.0	697.7	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
12	EK1	Max	0.0	861.1	0.0	ULS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk
	EK2	Max	0.0	960.1	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
	EK3	Max	0.0	629.2	0.0	SLS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk
	EK4	Max	0.0	697.7	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
13	EK1	Max	0.0	618.9	0.0	ULS - Sperrwerk
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk
	EK2	Max	0.0	720.9	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
	EK3	Max	0.0	456.2	0.0	SLS - Sperrwerk
		Max	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 11/20
Blatt: 1
ERGEBNISSE

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

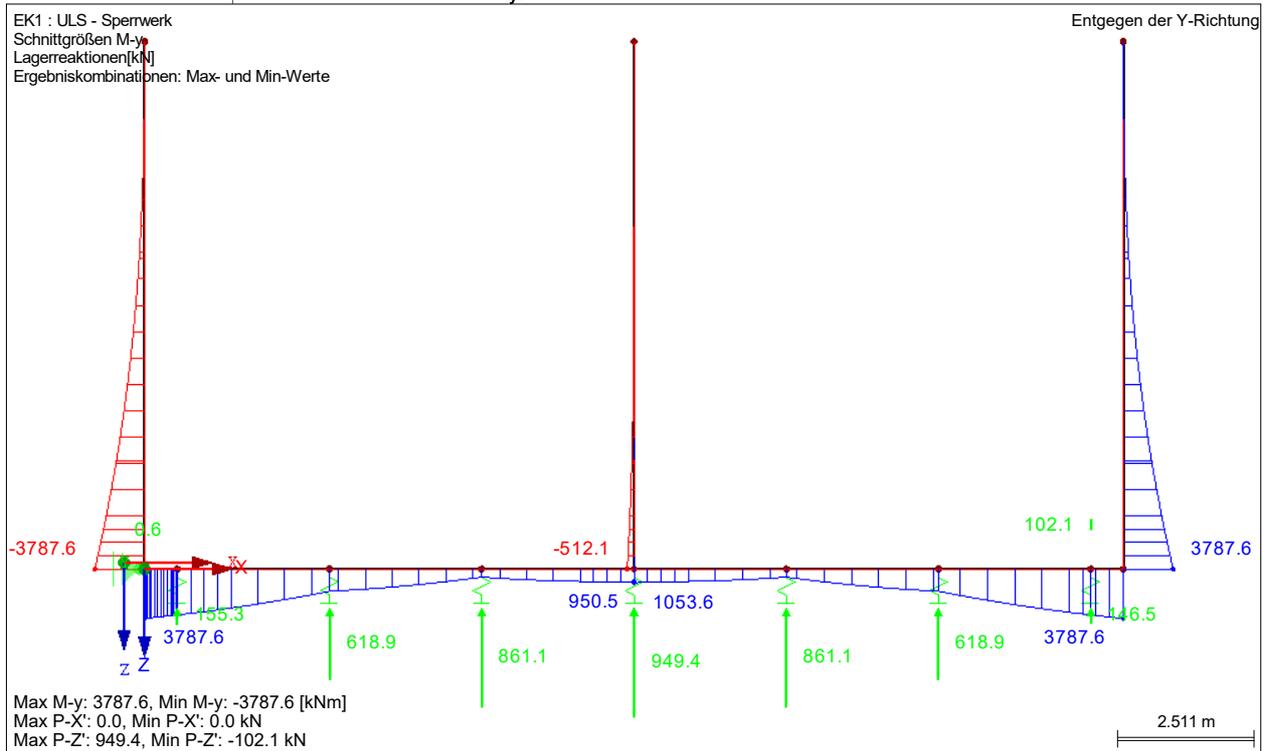
Datum: 17.09.2021

■ 4.1 KNOTEN - LAGERKRÄFTE

Ergebniskombinationen

Knoten Nr.	EK		Lagerkräfte [kN]		Lagermomente	
			P _x	P _z	M _y [kNm]	
13	EK4	Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk
		Max	0.0	526.9	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
14	EK1	Max	0.0	146.5	0.0	ULS - Sperrwerk
		Min	0.0	-102.1	0.0	ULS - Sperrwerk
	EK2	Max	0.0	187.6	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	ULS - Sperrwerk mit Brücke
	EK3	Max	0.0	146.5	0.0	SLS - Sperrwerk
		Min	0.0	-73.2	0.0	SLS - Sperrwerk
	EK4	Max	0.0	185.8	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke
		Min	0.0	0.0	0.0	SLS - Sperrwerk mit Brücke

■ SCHNITTGRÖSSEN M_y, LAGERREAKTIONEN





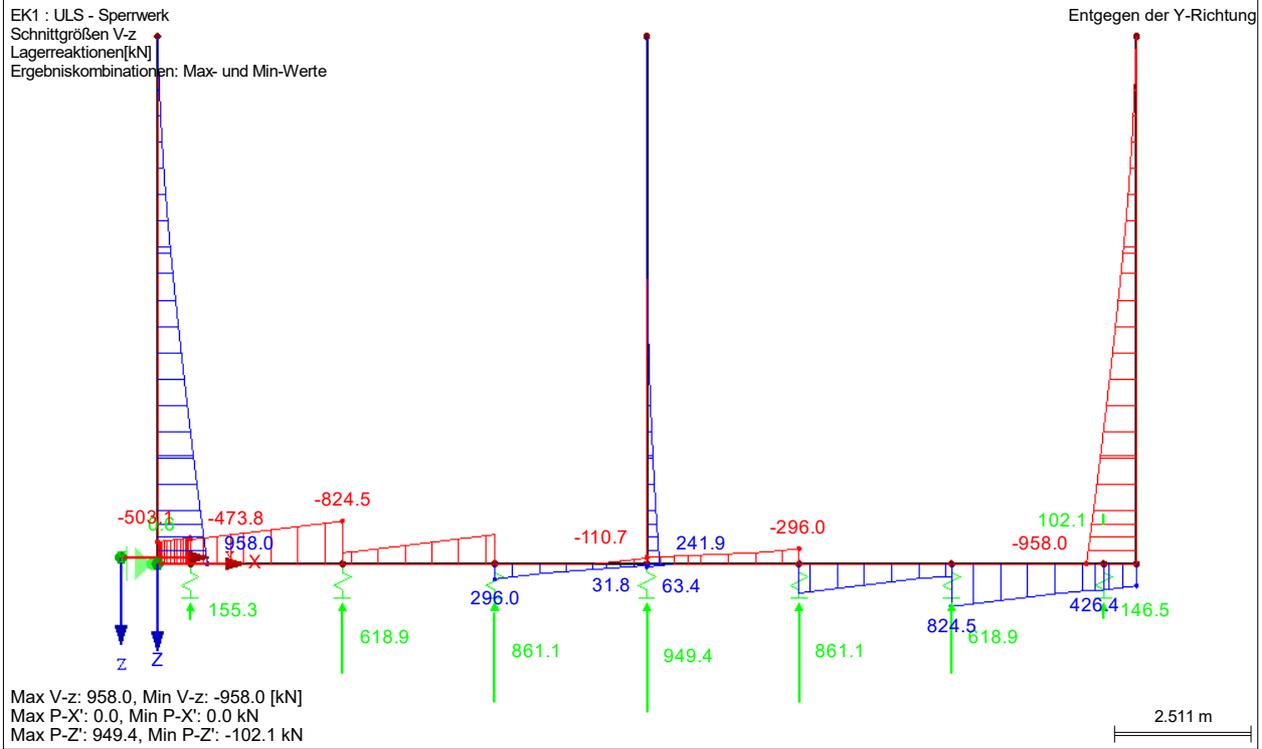
Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 12/20
Blatt: 1
ERGEBNISSE

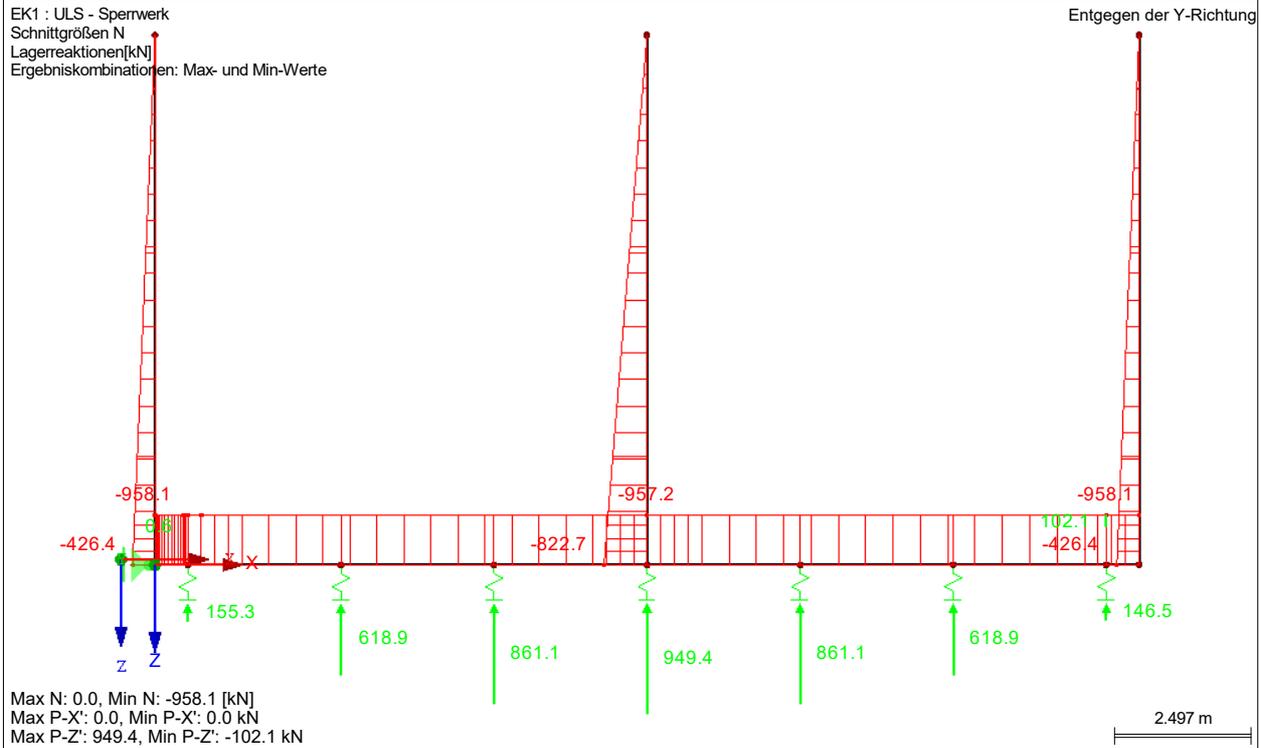
Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ **SCHNITTGRÖSSEN V_Z, LAGERREAKTIONEN**



■ **SCHNITTGRÖSSEN N, LAGERREAKTIONEN**





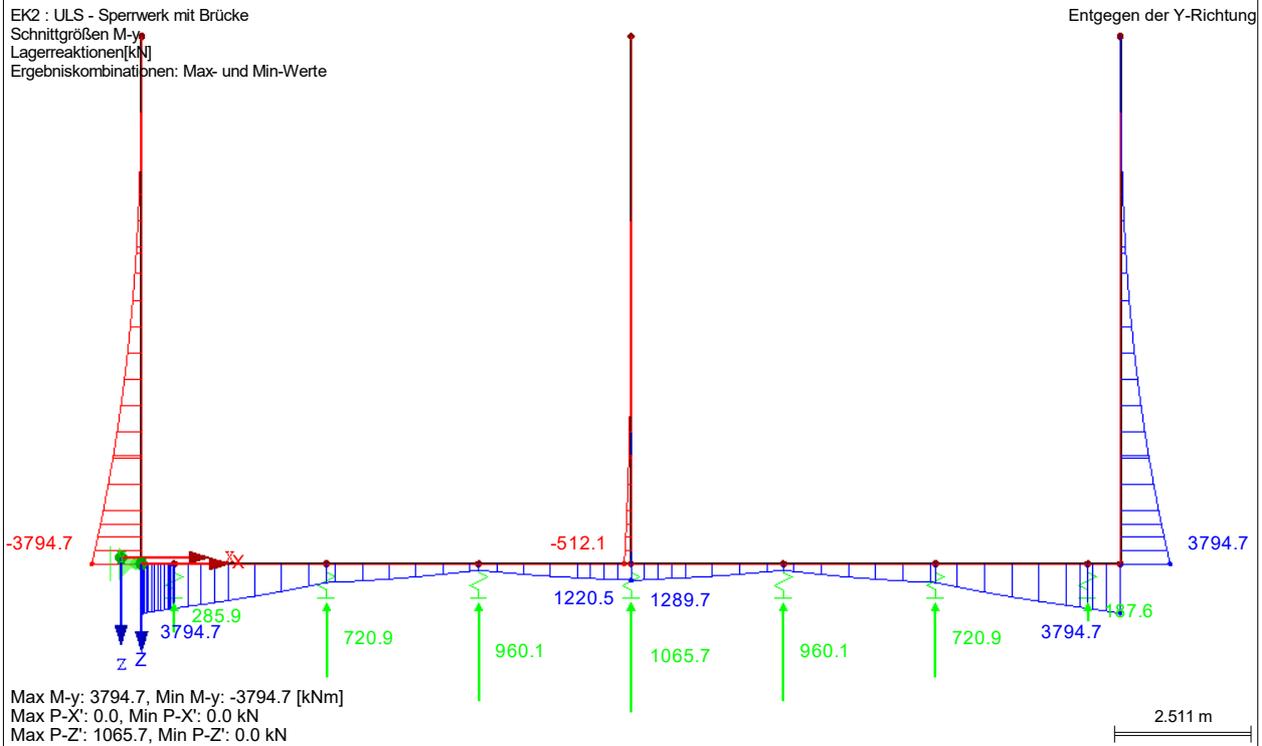
Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 13/20
Blatt: 1
ERGEBNISSE

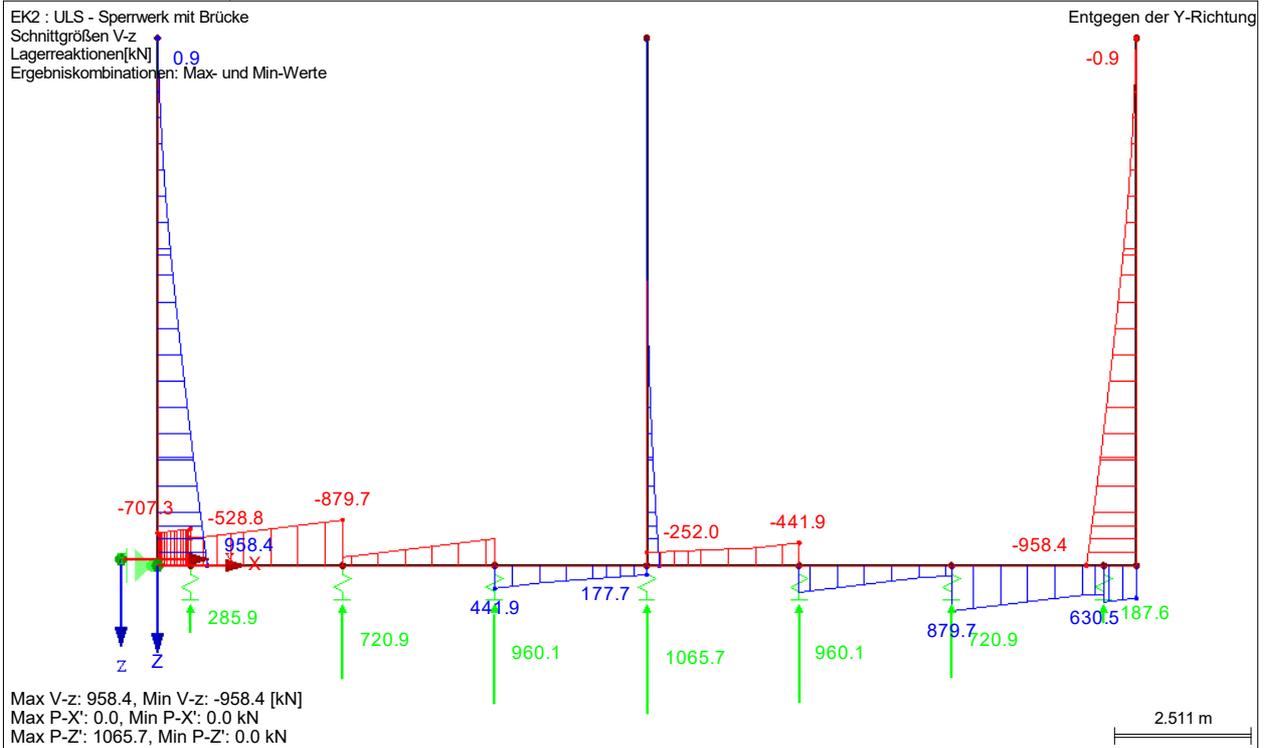
Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ **SCHNITTGRÖSSEN M_y , LAGERREAKTIONEN**



■ **SCHNITTGRÖSSEN V_z , LAGERREAKTIONEN**





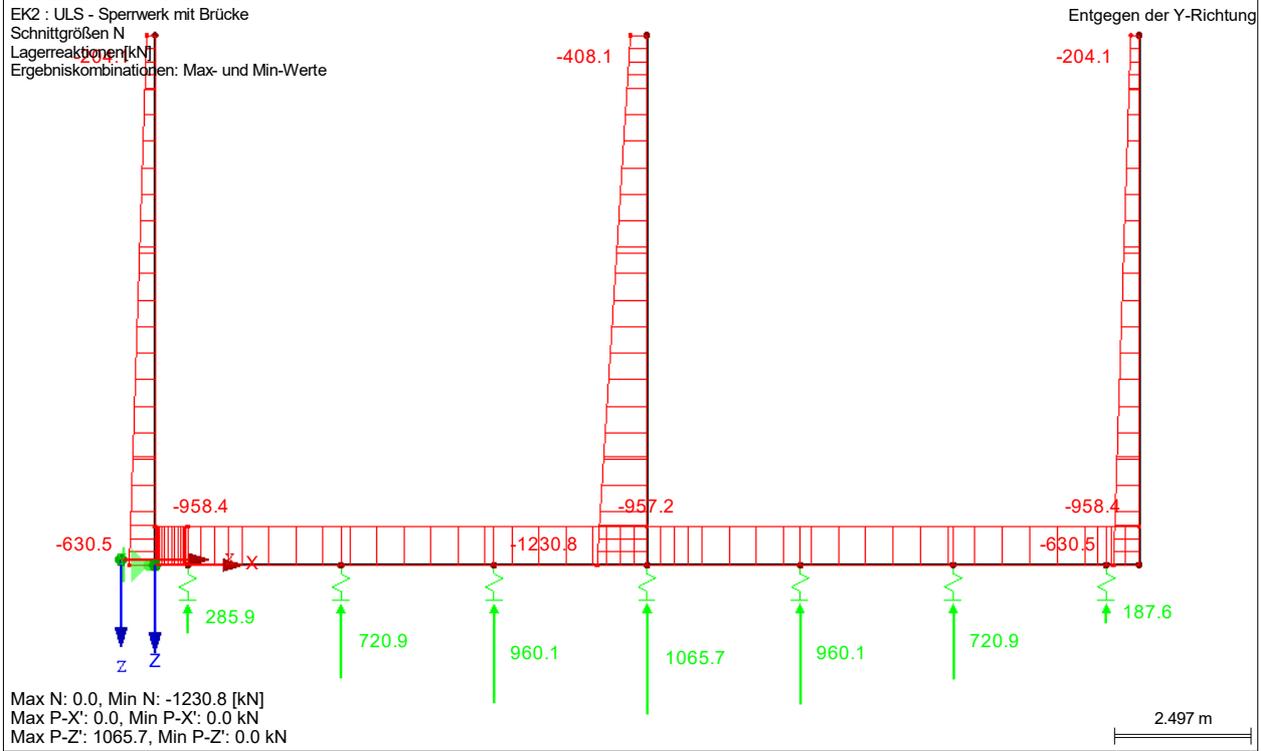
Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 14/20
Blatt: 1
ERGEBNISSE

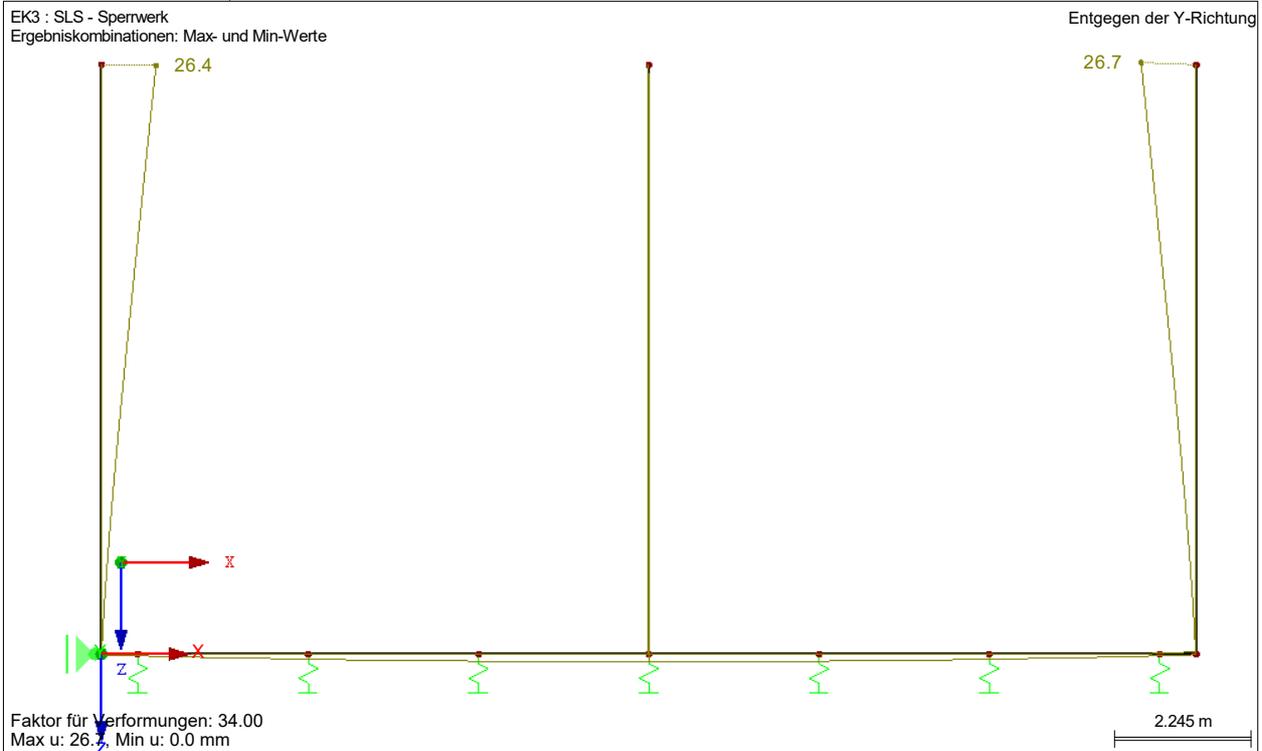
Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ **SCHNITTGRÖSSEN N, LAGERREAKTIONEN**



■ **Globale Verformungen u**





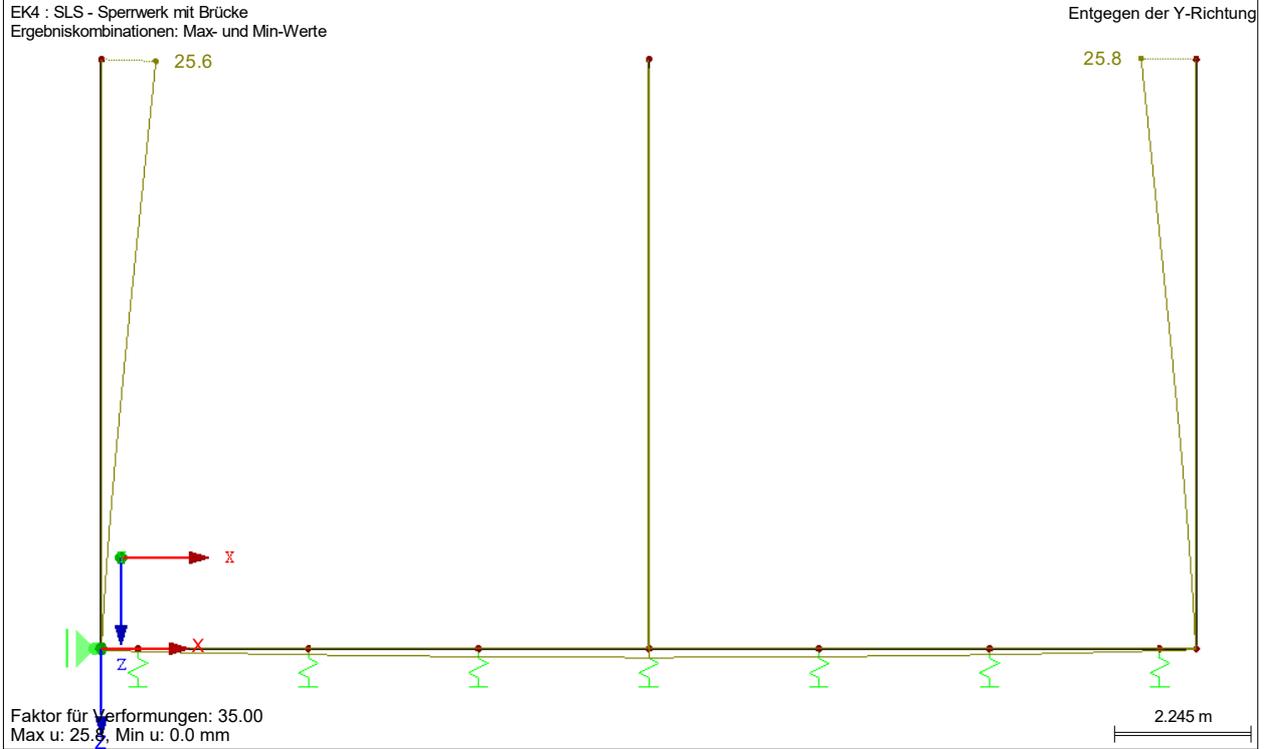
Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 15/20
Blatt: 1
ERGEBNISSE

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT01 - Sperrwerk
BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ GLOBALE VERFORMUNGEN u





Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 16/20
Blatt: 1
RF-BETON Stäbe

RF-BETON Stäbe
FA1
Stahlbetonbemessung von Stäben

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Modell: BT01 - Sperrwerk
Sude Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

1.1 BASISANGABEN

Stahlbetonbemessung nach	DIN EN 1992-1-1/NA/A1:2015-12
TRAGFÄHIGKEIT	
Zu bemessende Ergebniskombinationen:	EK1 ULS - Sperrwerk Ständig und vorübergehend
	EK2 ULS - Sperrwerk mit Brücke Ständig und vorübergehend
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
Zu bemessende Lastkombinationen:	LK9 BHW char. Quasi-ständig, k-t: 0.400
	LK10 NW char. Quasi-ständig, k-t: 0.400
	LK11 Bordvoll char. Quasi-ständig, k-t: 0.400
	LK12 Revisionsfall char. Quasi-ständig, k-t: 0.400
	LK13 BHW + Brücke char. Quasi-ständig, k-t: 0.400
	LK14 NW + Brücke char. Quasi-ständig, k-t: 0.400
	LK15 Bordvol + Brückel char. Quasi-ständig, k-t: 0.400
	LK16 Revisionsfal + Brückel char. Quasi-ständig, k-t: 0.400
Einstellungen der Bemessungssituation für GZG-Nachweise	
Lastkombination:	
Charakteristisch mit Direktlast	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_3 \cdot f_{yk}$
Charakteristisch mit Zwangsverformung	Nachweise: $k_1 \cdot f_{ck}$, $k_4 \cdot f_{yk}$
Häufig	Nachweise: w_k
Quasi-ständig	Nachweise: $k_2 \cdot f_{ck}$, w_k , u_l
Verformung beziehen auf: Unverformtes System	

1.2 MATERIALIEN

Mat.-Nr.	Materialbezeichnung		Kommentar
	Beton-Festigkeitsklasse	Betonstahl	
1	Beton C30/37	B 500 S (B)	
2	Beton C20/25	B 500 S (B)	

1.2.1 MATERIALKENNWERTE

Mat.-Nr.	Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
1	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C30/37			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	30.000	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	38.000	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.900	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	2.000	N/mm ²
	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	3.800	N/mm ²
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	33000.000	N/mm ²
	Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.200	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu1}	-3.500	‰
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2	
	Spezifisches Gewicht	γ	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (B)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000	N/mm ²
Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500	N/mm ²	
Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	540	N/mm ²	
Rechnerische Bruchdehnung	ϵ_{uk}	50.000	‰	
2	Beton-Festigkeitsklasse: Beton C20/25			
	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit	f_{ck}	20.000	N/mm ²
	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit	f_{cm}	28.000	N/mm ²
	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit	f_{ctm}	2.200	N/mm ²
	5%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.05}$	1.500	N/mm ²
	95%-Quantil der zentrischen Zugfestigkeit	$f_{ctk,0.95}$	2.900	N/mm ²
	Mittelwert des Elastizitätsmoduls	E_{cm}	30000.000	N/mm ²
	Charakteristische Dehnungen für nichtlineare Berechnungen			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c1}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu1}	-3.500	‰
	Charakteristische Dehnungen für Parabel-Rechteck-Diagramm			
	Grenzdehnung bei zentrischem Druck	ϵ_{c2}	-2.000	‰
	Bruchdehnung	ϵ_{cu2}	-3.500	‰
	Exponent der Parabel	n	2	
	Spezifisches Gewicht	γ	25.00	kN/m ³
	Betonstahl: B 500 S (B)			
	Elastizitätsmodul	E_s	200000	N/mm ²
Charakteristischer Wert der Streckgrenze	f_{yk}	500	N/mm ²	
Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit	f_{tk}	540	N/mm ²	
Rechnerische Bruchdehnung	ϵ_{uk}	50.000	‰	



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 17/20
Blatt: 1
RF-BETON Stäbe

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT01 - Sperrwerk
BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021



1.3 QUERSCHNITTE

Quersch. Nr.	Mat. Nr.	Querschnittsbezeichnung	Anmerkungen	Kommentar
1	2	Rechteck 1000/1300		
2	2	Rechteck 1000/2500		
3	1	Rechteck 1000/1500		



RF-BETON Stäbe
FA1
Stahlbetonbemessung von Stäben

1.5 LAGER

Auflager Nr.	Knoten Nr.	Lagerbreite b [mm]	Direkte Auflager	Monolithisch Verbindung	Ende Auflager	Kommentar
1	1	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	4	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	8	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

EINSTELLUNGEN

- Berücksichtigung einer begrenzten Momentenumlagerung der Stützmomente
- Momentenausrundung bzw. Bemessung für das Moment am Auflagerend bei monolithischer Lagerung
- Abminderung der Querkräfte im Lagerbereich nach 6.2.2
- Querkraftabminderung bei auflagnahen Einzellasten nach 6.2.2(6) bzw. 6.2.3(8)

1.6 BEWEHRUNGSSATZ NR. 1 - BT01-01 AUSSENWAND

Angewendet auf Stäbe:	1,4
LÄNGSBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	12.0, 16.0, 20.0 mm
Max. Anzahl der Lagen:	1
Min. Abstand für erste Lage:	20.0 mm
Verankerungstyp:	Gerade
Stahloberfläche:	Gerippt
Bewehrungsstaffelung:	Keine
BÜGELBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	10.0 mm
Anzahl der Schnitte:	2
Neigung:	90°
Verankerungstyp:	Haken
Bügelanordnung:	Gleiche Abstände
BEWEHRUNGSANORDNUNG	
Betondeckung nach Norm:	<input type="checkbox"/>
Betondeckung c-oben:	60.0 mm
Betondeckung c-unten:	60.0 mm
Betondeckung c-seitig:	60.0 mm
Bewehrungsanordnung:	-z (oben) - +z (unten) (optimierte Verteilung)
Torsionsbewehrung über den Umfang verteilen:	<input checked="" type="checkbox"/>
Berücksichtigte Schnittgrößen:	N, V-y, V-z, M-T, M-y, M-z
MINDESTBEWEHRUNG	
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,oben):	0.00 cm ²
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,unten):	0.00 cm ²
Mindestlängsbewehrung nach Norm:	<input checked="" type="checkbox"/>
Mindestschubbewehrung nach Norm:	<input checked="" type="checkbox"/>
Längsbewehrung für Querkraftnachweis:	Ansatz der erforderlichen Längsbewehrung
SCHUBKRAFT IN DER FUGE	
Schubfuge vorhanden:	<input type="checkbox"/>
Nachweis des Gurtanschlusses bei gegliederten Querschnitten:	<input type="checkbox"/>
EINSTELLUNGEN ZU EN 1992-1-1:2004/A1:2014	
Max. Bewehrungsgrad:	8.00 %
Begrenzung der Druckzone:	<input checked="" type="checkbox"/>
Teilsicherheit Gamma-c:	ST+V 1.50, AU1.30, GZG 1.00
Teilsicherheit Gamma-s:	ST+V 1.15, AU1.00, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-cc:	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-ct:	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Min. veränderliche Druckstrebenneigung:	18.43 °
Max. veränderliche Druckstrebenneigung:	45.00 °
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
Rissbreitennachweis	
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten w _{k,max,-z (oben)} :	0.3 mm
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten w _{k,max,+z (unten)} :	0.3 mm
Nachweis ohne direkte Rissbreitenberechnung:	<input type="checkbox"/>
Nachweis mit direkter Rissbreitenberechnung:	<input checked="" type="checkbox"/>
Gl. (7.14) für s _{r,max} berücksichtigen:	<input type="checkbox"/>
Wirksame Betonzugfestigkeit in der Zeit der Rissbildung:	1.000 * f _{ctm}
A _{s,min} zur Aufnahme von Zwangseinwirkungen:	<input type="checkbox"/>
Verformungsnachweis	
Verformung u _{L,z} :	<input type="checkbox"/>
Ermittlung der Längsbewehrung	
Erforderliche Längsbewehrung für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis automatisch erhöhen:	<input checked="" type="checkbox"/>



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 18/20
Blatt: 1
RF-BETON Stäbe

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk
Modell: BT01 - Sperrwerk
BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ **1.6 BEWEHRUNGSSATZ NR. 2 - BT01-02 MITTELWAND**

Angewendet auf Stäbe:	5
LÄNGSBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	12.0, 16.0, 20.0 mm
Max. Anzahl der Lagen:	1
Min. Abstand für erste Lage:	20.0 mm
Verankerungstyp:	Gerade
Stahloberfläche:	Gerippt
Bewehrungsstaffellung:	Keine
BÜGELBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	10.0 mm
Anzahl der Schnitte:	2
Neigung:	90°
Verankerungstyp:	Haken
Bügelanordnung:	Gleiche Abstände
BEWEHRUNGSANORDNUNG	
Betondeckung nach Norm:	<input type="checkbox"/>
Betondeckung c-oben:	60.0 mm
Betondeckung c-unten:	60.0 mm
Betondeckung c-seitig:	60.0 mm
Bewehrungsanordnung:	-z (oben) - +z (unten) (optimierte Verteilung)
Torsionsbewehrung über den Umfang verteilen:	<input checked="" type="checkbox"/>
Berücksichtigte Schnittgrößen:	N, V-y, V-z, M-T, M-y, M-z
MINDESTBEWEHRUNG	
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,oben):	0.00 cm ²
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,unten):	0.00 cm ²
Mindestlängsbewehrung nach Norm:	<input checked="" type="checkbox"/>
Mindestschubbewehrung nach Norm:	<input checked="" type="checkbox"/>
Längsbewehrung für Querkraftnachweis:	Ansatz der erforderlichen Längsbewehrung
SCHUBKRAFT IN DER FUGE	
Schubfuge vorhanden:	<input type="checkbox"/>
Nachweis des Gurtanschlusses bei gegliederten Querschnitten:	<input type="checkbox"/>
EINSTELLUNGEN ZU EN 1992-1-1:2004/A1:2014	
Max. Bewehrungsgrad:	8.00 %
Begrenzung der Druckzone:	<input checked="" type="checkbox"/>
Teilsicherheit Gamma-c	ST+V 1.50, AU1.30, GZG 1.00
Teilsicherheit Gamma-s	ST+V 1.15, AU1.00, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-cc	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-ct	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Min. veränderliche Druckstrebenneigung	18.43 °
Max. veränderliche Druckstrebenneigung	45.00 °
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
Rissbreitennachweis	
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten $w_{k,max,-z (oben)}$:	0.3 mm
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten $w_{k,max,+z (unten)}$:	0.3 mm
Nachweis ohne direkte Rissbreitenberechnung:	<input type="checkbox"/>
Nachweis mit direkter Rissbreitenberechnung:	<input checked="" type="checkbox"/>
Gl. (7.14) für $s_{i,max}$ berücksichtigen:	<input type="checkbox"/>
Wirksame Betonzugfestigkeit in der Zeit der Rissbildung:	1.000 * f_{ctm}
$A_{s,min}$ zur Aufnahme von Zwangseinwirkungen:	<input type="checkbox"/>
Verformungsnachweis	
Verformung $u_{1,z}$:	<input type="checkbox"/>
Ermittlung der Längsbewehrung	
Erforderliche Längsbewehrung für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis automatisch erhöhen:	<input checked="" type="checkbox"/>

■ **1.6 BEWEHRUNGSSATZ NR. 3 - BT01-03 BODENPLATTE**

Angewendet auf Stäbe:	2,3,6
LÄNGSBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	12.0, 16.0, 20.0 mm
Max. Anzahl der Lagen:	1
Min. Abstand für erste Lage:	20.0 mm
Verankerungstyp:	Gerade
Stahloberfläche:	Gerippt
Bewehrungsstaffellung:	Keine
BÜGELBEWEHRUNG	
Mögliche Durchmesser:	10.0 mm
Anzahl der Schnitte:	2
Neigung:	90°
Verankerungstyp:	Haken
Bügelanordnung:	Gleiche Abstände
BEWEHRUNGSANORDNUNG	
Betondeckung nach Norm:	<input type="checkbox"/>
Betondeckung c-oben:	60.0 mm
Betondeckung c-unten:	60.0 mm
Betondeckung c-seitig:	60.0 mm
Bewehrungsanordnung:	-z (oben) - +z (unten) (optimierte Verteilung)
Torsionsbewehrung über den Umfang verteilen:	<input checked="" type="checkbox"/>
Berücksichtigte Schnittgrößen:	N, V-y, V-z, M-T, M-y, M-z
MINDESTBEWEHRUNG	
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,oben):	0.00 cm ²
Mindestbewehrungsfläche (min A-s,unten):	0.00 cm ²
Mindestlängsbewehrung nach Norm:	<input checked="" type="checkbox"/>



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

Seite: 19/20
Blatt: 1
RF-BETON Stäbe

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg Sude Sperrwerk Modell: BT01 - Sperrwerk BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

1.6 BEWEHRUNGSSATZ NR. 3 - BT01-03 BODENPLATTE

Mindestschubbewehrung nach Norm:	<input checked="" type="checkbox"/>
Längsbewehrung für Querkraftnachweis:	Ansatz der erforderlichen Längsbewehrung
SCHUBKRAFT IN DER FUGE	
Schubfuge vorhanden:	<input type="checkbox"/>
Nachweis des Gurtanschlusses bei gegliederten Querschnitten	<input type="checkbox"/>
EINSTELLUNGEN ZU EN 1992-1-1:2004/A1:2014	
Max. Bewehrungsgrad:	8.00 %
Begrenzung der Druckzone	<input checked="" type="checkbox"/>
Teilsicherheit Gamma-c	ST+V 1.50, AU1.30, GZG 1.00
Teilsicherheit Gamma-s	ST+V 1.15, AU1.00, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-cc	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Abminderungsbeiwert Alpha-ct	ST+V 0.85, AU0.85, GZG 1.00
Min. veränderliche Druckstrebenneigung	18.43 °
Max. veränderliche Druckstrebenneigung	45.00 °
GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
Rissbreitennachweis	
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten $w_{k,max,z}$ (oben):	0.3 mm
Grenzwert der zulässigen Rissbreiten $w_{k,max,z}$ (unten):	0.3 mm
Nachweis ohne direkte Rissbreitenberechnung:	<input type="checkbox"/>
Nachweis mit direkter Rissbreitenberechnung:	<input checked="" type="checkbox"/>
Gl. (7.14) für $s_{r,max}$ berücksichtigen:	<input type="checkbox"/>
Wirksame Betonzugfestigkeit in der Zeit der Rissbildung:	$1.000 \cdot f_{ctm}$
$A_{s,min}$ zur Aufnahme von Zwangseinwirkungen:	<input type="checkbox"/>
Verformungsnachweis	
Verformung $u_{L,z}$:	<input type="checkbox"/>
Ermittlung der Längsbewehrung	
Erforderliche Längsbewehrung für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis automatisch erhöhen:	<input checked="" type="checkbox"/>

2.1 ERFORDERLICHE BEWEHRUNG QUERSCHNITTSWEISE

Bewehrung	Stab Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Bewehrung fläche	Einheit	Fehlermeldung bzw. Hinweis
Querschnitt Nr.1 - Rechteck 1000/1300						
$A_{s,z}$ (oben)	1	0.000	EK1	77.01	cm ²	
$A_{s,z}$ (unten)	4	0.000	EK1	77.01	cm ²	
$A_{s,T}$	1	0.000	EK2	0.00	cm ²	
$a_{sw,V,Bügel}$	1	0.000	EK2	7.04	cm ² /m	58) 69)
$a_{sw,T,Bügel}$	1	0.000	EK2	0.00	cm ² /m	
Querschnitt Nr.2 - Rechteck 1000/2500						
$A_{s,z}$ (oben)	5	0.000	EK2	2.12	cm ²	25)
$A_{s,z}$ (unten)	5	0.000	EK2	2.12	cm ²	25)
$A_{s,T}$	5	0.000	EK2	0.00	cm ²	
$a_{sw,V,Bügel}$	5	0.000	EK1	0.00	cm ² /m	58) 933)
$a_{sw,T,Bügel}$	5	0.000	EK2	0.00	cm ² /m	
Querschnitt Nr.3 - Rechteck 1000/1500						
$A_{s,z}$ (oben)	3	3.000	EK1	1.65	cm ²	25)
$A_{s,z}$ (unten)	2	0.000	EK2	66.14	cm ²	29)
$A_{s,T}$	2	0.000	EK2	0.00	cm ²	
$a_{sw,V,Bügel}$	2	0.000	EK2	9.28	cm ² /m	58) 69)
$a_{sw,T,Bügel}$	2	0.000	EK2	0.00	cm ² /m	

4.1 GEBRAUCHSTAUGLICHKEITSNACHWEIS QUERSCHNITTSWEISE

Quers. Nr.	Stelle x [m]	Belastung	Typ	Vorh. Wert	Nachweis Grenzwert	Einheit	Ausnutzung	Hinweis
Querschnitt Nr.1 - Rechteck 1000/1300								
1	0.000	LK9	w_k	0.245	0.250	mm	0.98	
Querschnitt Nr.2 - Rechteck 1000/2500								
5	0.000	LK9	w_k	0.000	0.250	mm	0.00	204) 215)
Querschnitt Nr.3 - Rechteck 1000/1500								
6	0.000	LK9	w_k	0.243	0.250	mm	0.98	

ANMERKUNGEN

Nr.	Beschreibung
25)	Mindestbewehrung für Druckglieder nach 9.5.2(2)
29)	Die untere Längsbewehrung wurde für GZG erhöht
58)	Unter Verwendung des Näherungswertes für den Hebelarm z
69)	Mindestschubbewehrung nach 9.2.2 (5)
204)	Der Querschnitt ist druckbeansprucht, daher keine Rissbildung.
215)	Beton reißt nicht auf
933)	Konstruktive Mindestschubbewehrung für Stützen nach 9.5.3 erforderlich (siehe Maske 3.2)



Ramboll Deutschland GmbH
Jürgen-Töpfer-Straße 48, 22763 Hamburg
Tel: 040/302020-185 - Fax: 040/302020-199

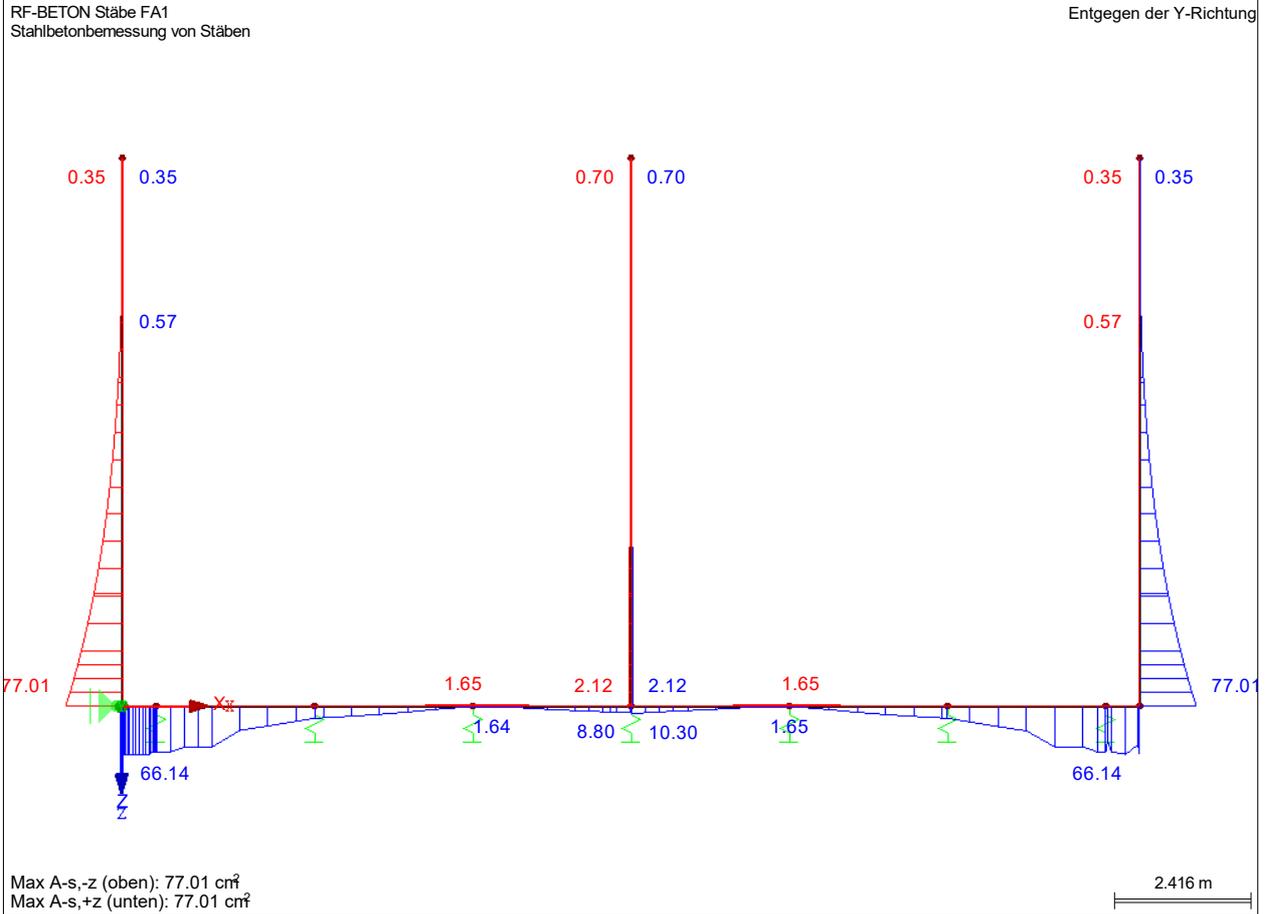
Seite: 20/20
Blatt: 1
RF-CONCRETE Members

Projekt: 0506 Hochwasserschutz Boizenburg
Sude Sperrwerk

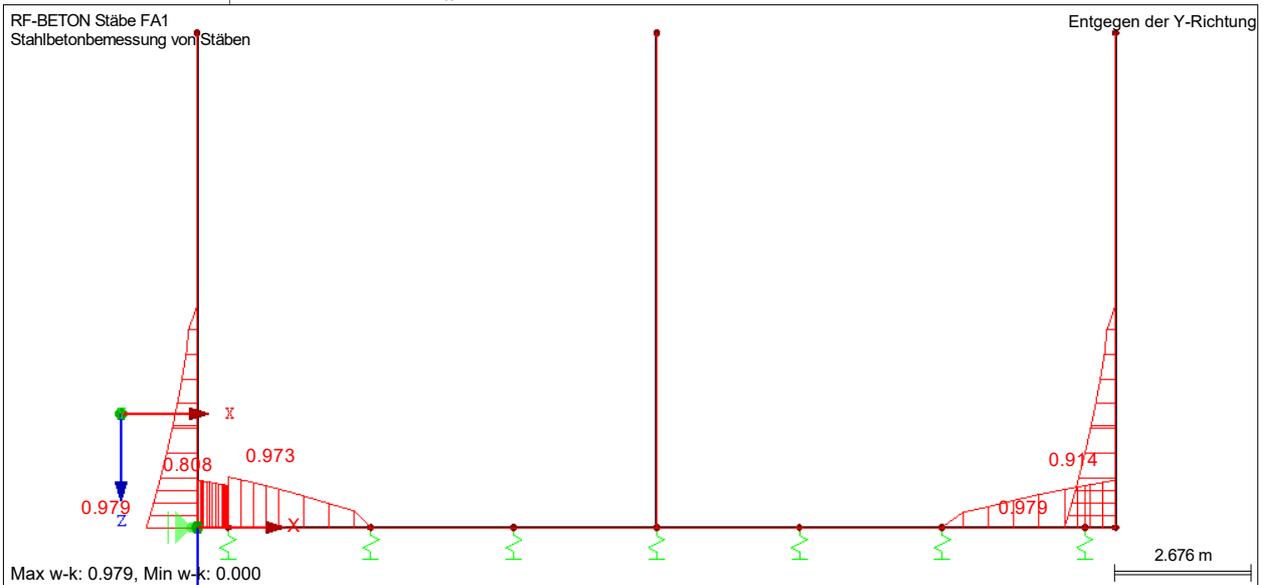
Modell: BT01 - Sperrwerk
BT01-01/02/03 - Wände + Bodenplatte

Datum: 17.09.2021

■ ERGEBNISSE



■ AUSNUTZUNG w_k

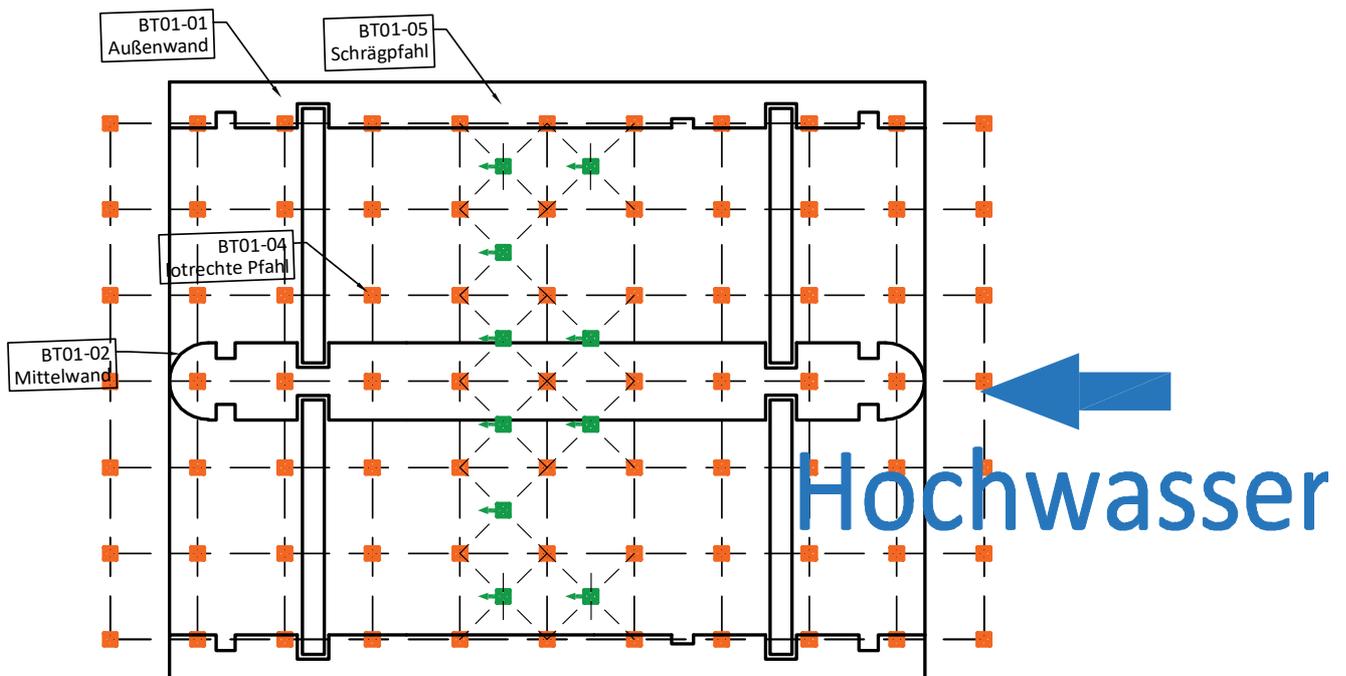


9 BT01-05 - Schrägpfähle - Abtragung Horizontalkräfte (GEO-2/STR)

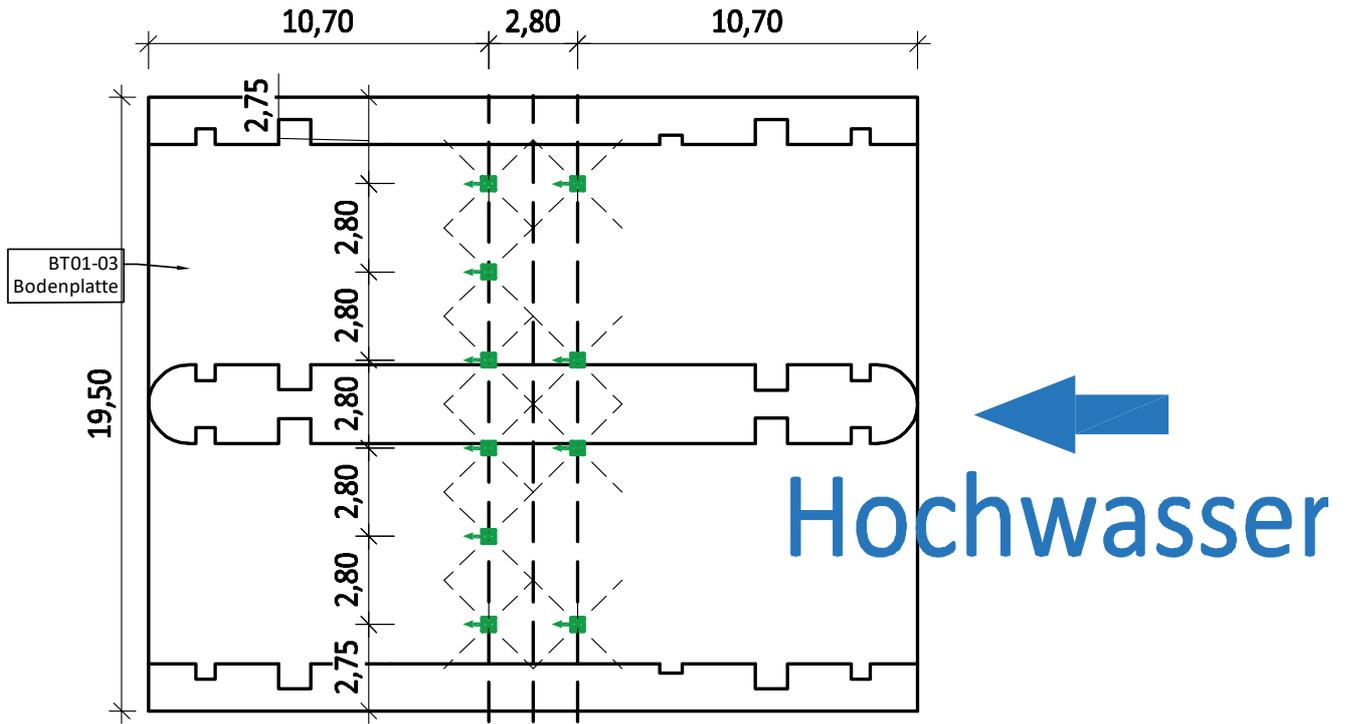
Die Abtragung der auftretenden Horizontallasten erfolgt durch die Schrägpfähle, die in der Bodenplatte angeschlossen werden. Da die Einleitung der Horizontallasten aus den Toren durch die Wände erfolgt, werden die Schrägpfähle vorzugsweise unter den Wänden angeordnet. Bei den Außenwänden wird den Platz für das Einbaugerät vorgesehen.

9.1 Geometrie

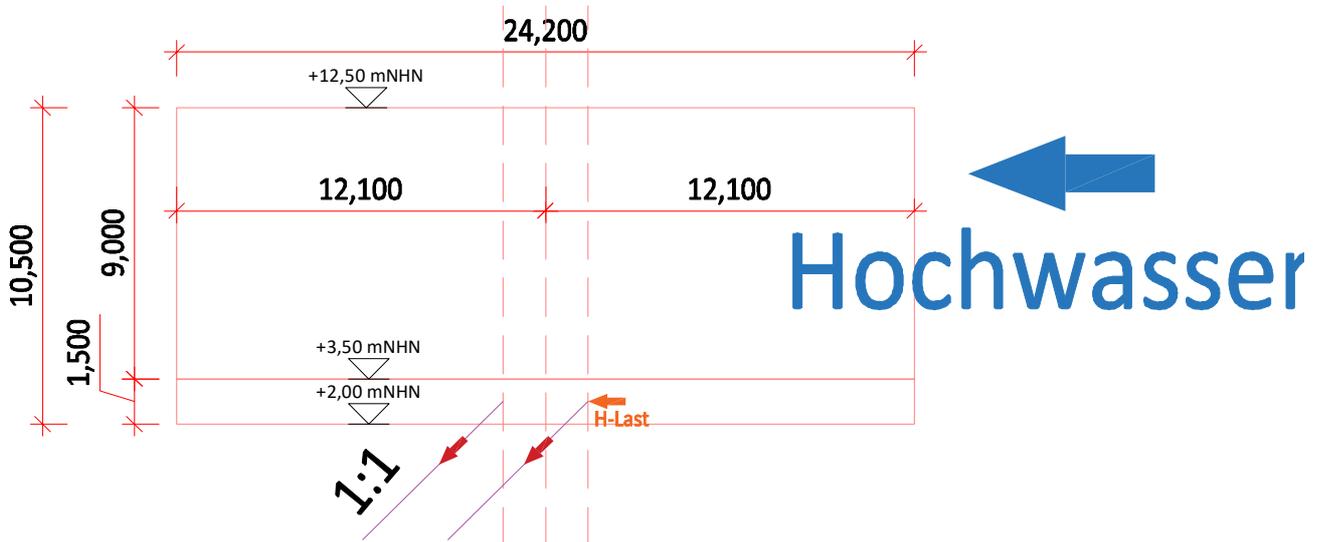
Draufsicht - Überlagerung mit lotrechten Pfählen



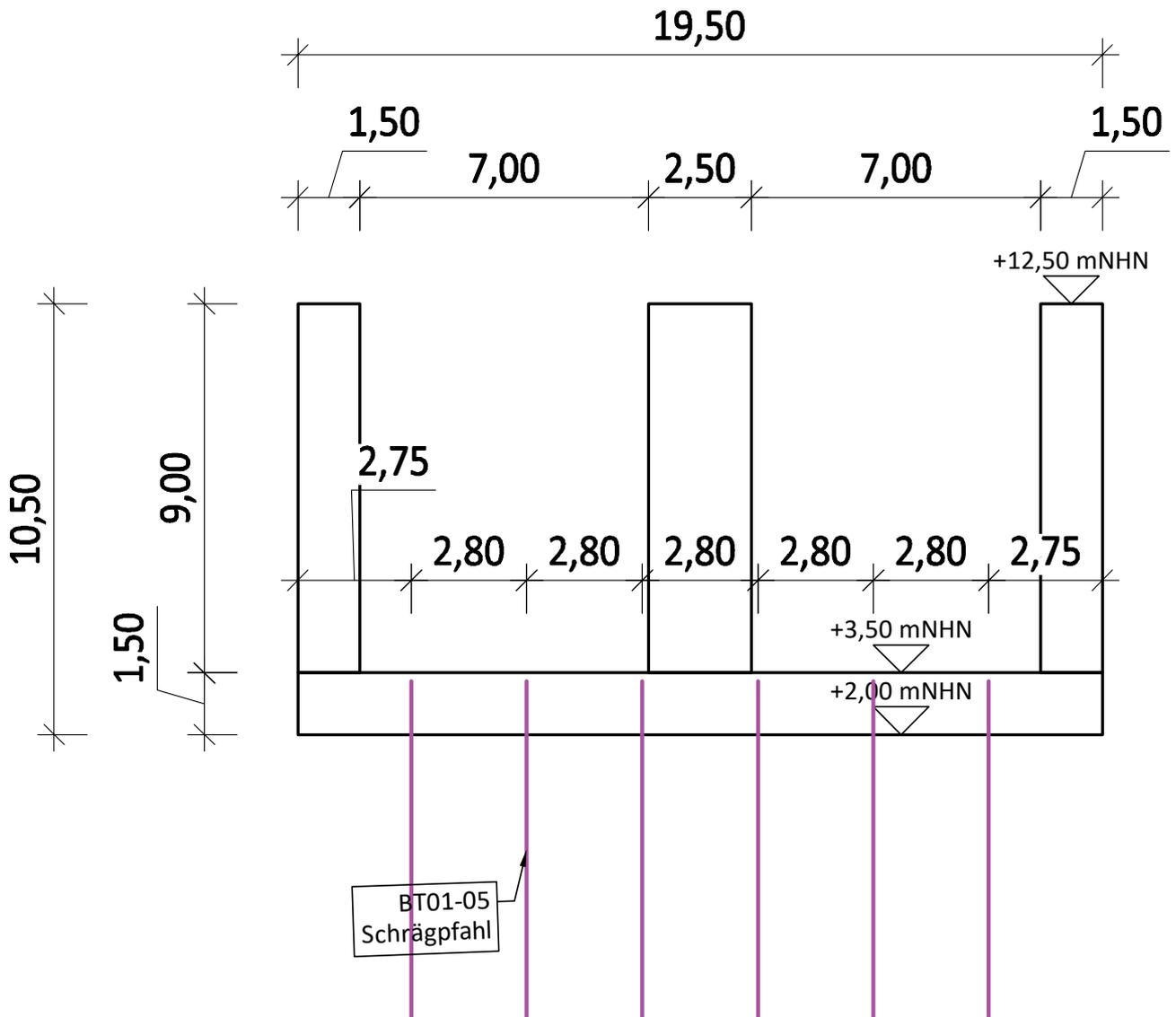
Draufsicht - nur Schrägpfähle



Längsschnitt - nur Schrägpfähle



Querschnitt - nur Schrägpfähle

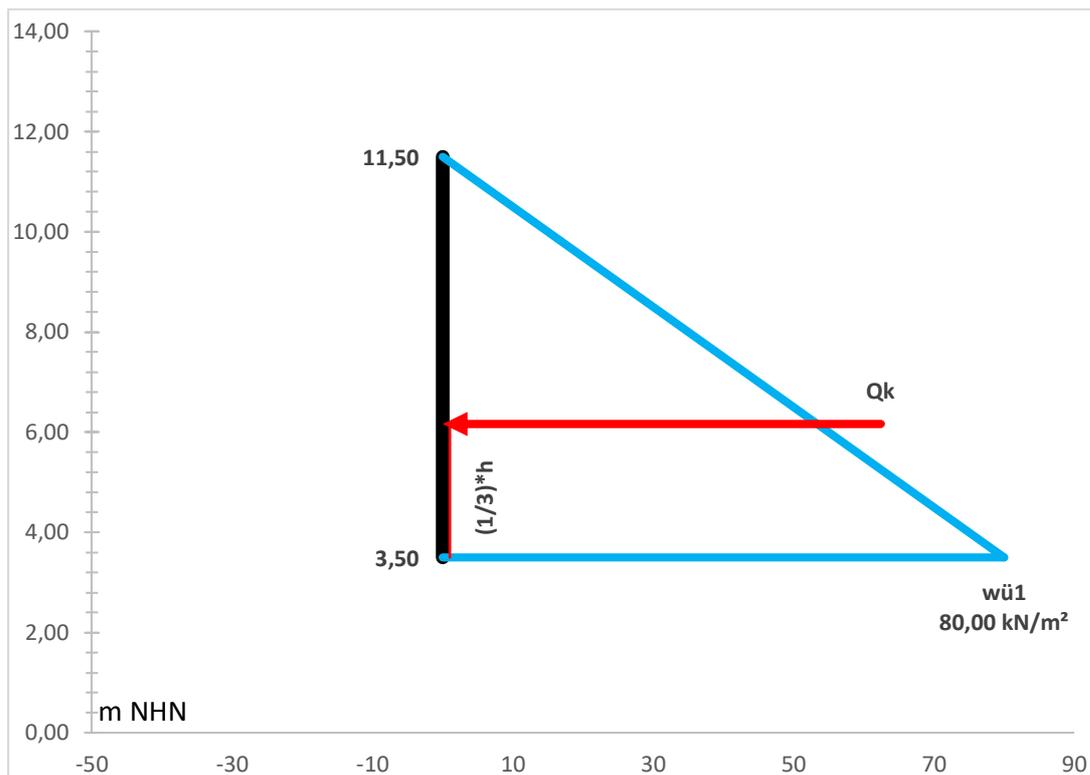


9.2 Belastungen

9.2.1 BHW - Wasserüberdruck Außen +11,50 mNHN (G)

Wasserüberdruck

Wst	=	11,50	m NHN	
Sohle	=	3,50	m NHN	
γ_w	=	10,00	$\frac{kN}{m^3}$	
h	=	Wst - Sohle	=	8,00 m
b	=	19,50	m	(Spannweite)
$w_{ü1}$	=	$\gamma_w * h$	=	80,00 $\frac{kN}{m^2}$
Q_k	=	$w_{ü1} * h * 0,5 * b$	=	<u>6240,00</u> kN
M_k	=	$Q_k * (1/3) * h$	=	<u>16640,00</u> kNm



Resultierende Wasserüberdruck Außen $W_{\text{Außen,k}}$ =

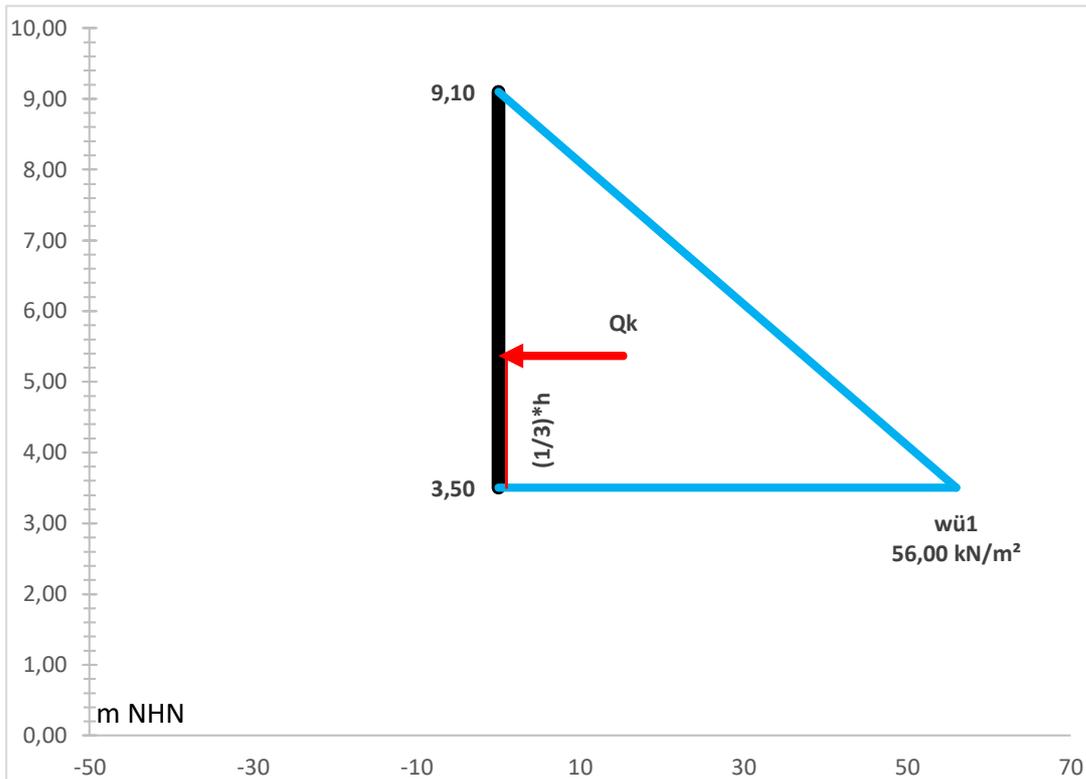
6240,0 kN

9.2.2 Revisionsfall - Wasserüberdruck Außen bei +9,10 mNHN (G)

Im Revisionsfall wird die Hälfte der Sperrwerkbreite berücksichtigt, da nur eine Kammer trocken ist.

Wasserüberdruck

Wst	=	9,10	m NHN	
Sohle	=	3,50	m NHN	
γ_w	=	10,00	$\frac{kN}{m^3}$	
h	=	Wst - Sohle	=	5,60 m
b	=	9,75	m	(Spannweite)
$w_{ü1}$	=	$\gamma_w * h$	=	56,00 $\frac{kN}{m^2}$
Q_k	=	$w_{ü1} * h * 0,5 * b$	=	<u>1528,80</u> kN
M_k	=	$Q_k * (1/3) * h$	=	<u>2853,76</u> kNm

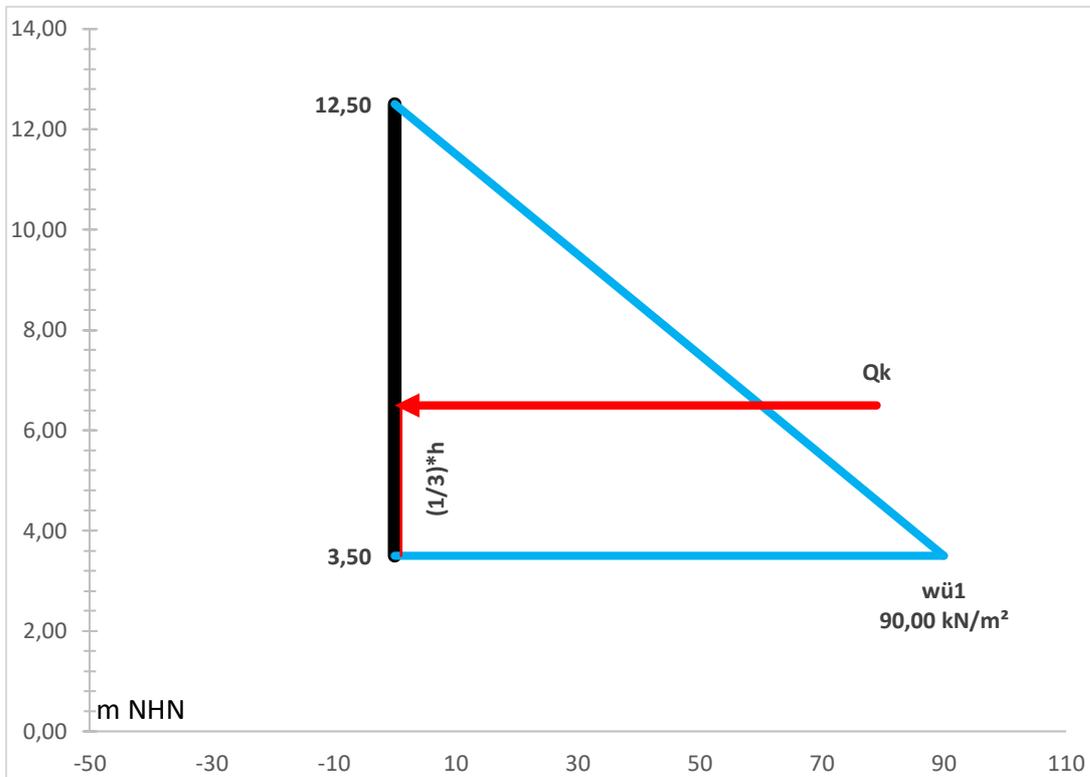


Resultierende Wasserüberdruck Außen $W_{\text{Außen,Revision,k}} = \underline{1529,0 \text{ kN}}$

9.2.3 Bordvoll - Wasserüberdruck Außen +12,50 mNHN (G)

Wasserüberdruck

Wst	=	12,50	m NHN
Sohle	=	3,50	m NHN
γ_w	=	10,00	$\frac{kN}{m^3}$
h	=	Wst - Sohle	= 9,00 m
b	=	19,50	m (Spannweite)
$w_{ü1}$	=	$\gamma_w * h$	= 90,00 $\frac{kN}{m^2}$
Q_k	=	$w_{ü1} * h * 0,5 * b$	= <u>7897,50</u> kN
M_k	=	$Q_k * (1/3) * h$	= <u>23692,50</u> kNm

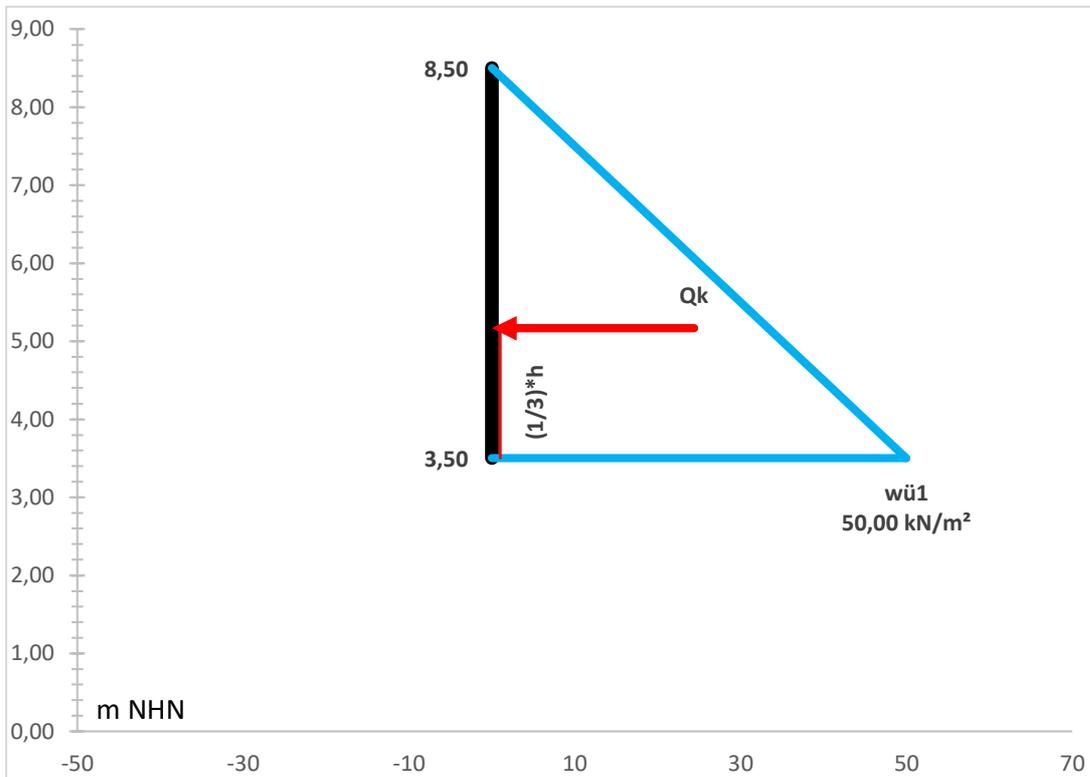


Resultierende Wasserüberdruck Außen $W_{Außen, Bordvoll, k} = 7897,5 \text{ kN}$

9.2.4 Wasserüberdruck Innen +8,50 mNHH (G)

Wasserüberdruck

Wst	=	8,50	m NHN	
Sohle	=	3,50	m NHN	
γ_w	=	10,00	$\frac{kN}{m^3}$	
h	=	Wst - Sohle	=	5,00 m
b	=	19,50	m	(Spannweite)
$w_{ü1}$	=	$\gamma_w * h$	=	50,00 $\frac{kN}{m^2}$
Q_k	=	$w_{ü1} * h * 0,5 * b$	=	<u>2437,50</u> kN
M_k	=	$Q_k * (1/3) * h$	=	<u>4062,50</u> kNm



Resultierende Wasserüberdruck Innen $W_{Innen,k} =$

2437,5 kN

9.2.5 Eislasten (Q)

Die Eislasten sind gem. Design Basis [1] anzusetzen.

$$\begin{aligned} \text{Bauwerksbreite } B_{\text{Sperrwerk}} &= 19,50 \text{ m} \\ \text{Eislast } P_{E,k} &= 45,0 \text{ kN/m} \\ P_{E,B,k} &= P_{E,k} * B_{\text{Sperrwerk}} = \underline{\underline{877,5 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

9.2.6 Treibgutstoß (Q)

Der Treibgutstoß ist gem. Design Basis [1] anzusetzen.

Der Treibgutstoß wird hier nicht berücksichtigt, da die Lastkombination nicht maßgebend ist. Der Treibgutstoß tritt bei BHW (wie Eislast) auf ist der Bemessungssituation BS-A zuzuweisen, wobei die kleineren Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen angesetzt werden. Daher ist die Lastkombination mit der Eislast im BS-P deutlich ungünstiger.

$$P_{\text{Stoß,Beton,k}} = 100,0 \text{ kN}$$

9.2.7 Lastfallmatrix

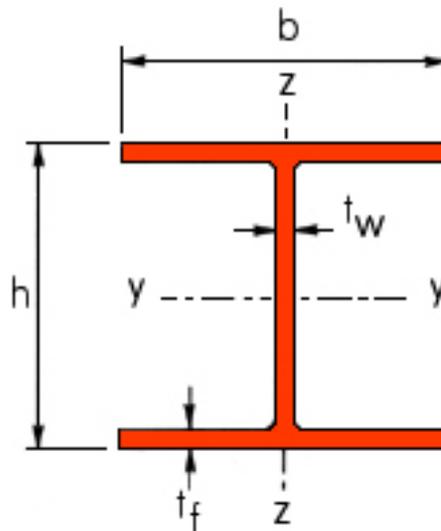
Tabelle 5-3: Bemessungswasserstände – Sperrwerk - Flussrichtung

Bemessungssituation	Lastkombination		Wasserstand in Sude Oberwasser		Wasserstand in Sude Unterwasser	
			Wst,O [m NHN]		Wst,U [m NHN]	
BS-P	LK1	Bemessungshochwasser	BHW-EZ	+11,50	BHW-3m	+8,50
	LK2	Bemessungshochwasser + Eis	BHW-EZ	+11,50	BHW-3m	+8,50
BS-T (Revisionsfall)	LK3	Revisionsfall	-	+10,40	OK Sohle	+3,50
BS-A	LK4	Bordvoll	OK Sperrwerk	+12,50	Bordvoll-4m	+8,50
	LK5	Bemessungshochwasser + Treibgutstoß	BHW-EZ	+11,50	BHW-3m	+8,50

9.3 Berechnung und Bemessung

Eingangsdaten

HP-Rammpfähle



HP-Rammpfähle

Profil	Com.	Masse (G)	Abmessungen				Stahl- quer- schnitts- fläche (A)	Gesamt- fläche	Umris- sener Umfang	Trägheits- moment		Wieder- stands- moment	
			h	b	t _w	t _f				y-y	z-z	y-y	z-z
		kg/m	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ²	m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³
HP 220 * 57.2		57,2	210	224,5	11	72,9	471,5	1,265	5729	2079	545,6	185,2	
HP 260 * 87.3		87,3	253	267	14	14	111,2	1,505	12590	4455	994,9	333,7	
HP 260 * 75		75	249	265	12	12	95,54	1,493	10650	3733	855,1	281,7	
HP 305 * 110 1)2)		110	307,9	310,7	15	15	140,2	1,8	23560	7709	1531	495	
HP 305 * 126 1)2)		126	312,3	312,9	17	17	161	1,813	27410	9002	1755	577,2	
HP 305 * 149 1)		149	318,5	316	20,6	20,7	190	1,832	33070	10910	2076	688,8	
HP 305 * 180		180	326,7	319,7	24,8	24,8	229,3	1,857	40970	13550	2508	847,4	
HP 305 * 186 1)		186	328,3	320,9	25,5	25,5	237	1,861	42610	14140	2596	879,3	
HP 305 * 223 1)		223	337,9	325,7	30,4	28,5		1,891	52700	17580	3119	1081	
HP 305 * 88 1)		88	301,7	307,8	12,3	12,4	111,6	1,782	18420	5984	1221	387,3	
HP 305 * 95 1)		95	303,7	308,7	13,3	13,1	121,7	1,788	20040	6529	1320	425,1	
HP 320 * 103		103	307	306	14	14	131	1,764	22050	6704	1437	438,2	
HP 320 * 117		117	311	308	16	16	149,5	1,776	25480	7815	1638	507,5	
HP 320 * 147		147	319	312	20	20	186,9	1,8	32670	10160	2048	651,3	
HP 320 * 184		184	329	317	25	25	234,5	1,83	42340	13330	2574	841,2	
HP 320 * 88,5		88,5	303	304	12	12	112,7	1,752	18740	5634	1237	370,6	
HP 360 * 109 1)2)		109	346,4	371	12,8	12,9	138,9	2,123	30630	10990	1769	590,7	
HP 360 * 133 1)2)		133	352	373,8	15,6	15,7	168,5	2,14	37980	13680	2158	725,3	
HP 360 * 152 1)2)		152	356,4	376,0	17,8	17,9	193,8	2,153	43970	15880	2468	842,3	
HP 360 * 174 1)2)		174	361,4	378,5	20,3	20,2	221,7	2,169	51010	18460	2823	973,5	
HP 360 * 180		180	362,9	378,8	21,1	21,2	229,5	2,173	53040	19140	2923	1011	
HP 360 * 84.33)		84,3	340	367	10	10	107,3	2,102	23190	8243	1364	449,2	
HP 400 * 122		122	348	390	14	14	155,9	2,202	34770	13850	1998	710,3	
HP 400 * 140		140	352	392	16	16	178,6	2,214	40270	16080	2288	820,2	
HP 400 * 158		158	356	394	18	18	201,4	2,226	45940	18370	2581	932,4	
HP 400 * 176		176	360	396	20	20	224,3	2,238	51770	20720	2876	1047	
HP 400 * 194		194	364	398	22	22	247,5	2,25	57760	23150	3174	1163	
HP 400 * 213		213	368	400	24	24	270,7	2,262	63920	25640	3474	1282	
HP 400 * 231		231	372	402	26	26	294,2	2,274	70260	28200	3777	1403	

Immeriale Einheiten

Profil:	HP 400 * 158	S235	
	OK der Lastabtragung Schrägpfahl $OK_{LA,SP} =$		0,40 mNHN
	UK Schrägpfahl $UK_{SP} =$		-12,20 mNHN
	Mantelfläche $A_{s,SP} =$		2,226 m ² /m
	Querschnittsfläche $A_{b,SP} =$		201,40 cm ²
	$\gamma_{Stahl,k} =$		78,5 kN/m ³

Eigengewicht - Schrägpfahl

Auf der sicheren Seite liegend wird das Eigengewicht des Pfahls hier immer mit dem Teilsicherheitsbeiwert für BS-P angesetzt. Die ermittelte Last wird zu der Pfahlkraft addiert.

$$\begin{aligned}
 &\text{ungünstige ständige Einwirkung } \gamma_G = 1,35 \\
 &EG \text{ Pfahl } G_{SP,k} = A_{b,SP}/10000 * (OK_{LA,SP} - UK_{SP}) * (\gamma_{Stahl,k} - \gamma_{Wasser,k}) = 17,4 \text{ kN} \\
 &G_{SP,d} = G_{SP,k} * \gamma_G = \underline{\underline{23,5 \text{ kN}}}
 \end{aligned}$$

Spitzendruck- und Mantelreibungsbeiwerte

Die Lastabtragung erfolgt ab der planmäßige Aushubsohle für die UWBS bei +0,40 m NHN.

Es wird eine Mindesteinbindetiefe in der untersten Sand-Schicht von 3 m angenommen.

Tabelle 3-4: Spitzendruck und Mantelreibung – Stahlträgerprofil - Entwurfsplanung

Stahlträgerprofil				
Bodenart	Schichtoberkante	Zug	Druck	
		Mantelreibung	Spitzendruck	Mantelreibung
	m NHN	kN/m ²	MN/m ²	kN/m ²
Holozäne Sande	+3,80	40	9	40
Pleistozäne Sande	-3,00	95	22	95
Beckenschluff	-6,70	0	0	0
Pleistozäne Sande	-9,20	95	22	95

9.3.1 Äußere axiale Tragfähigkeit (GEO-2)

Da die Teilsicherheitsbeiwerte für die Druckpfähle in allen Bemessungssituationen gleich sind, erfolgt die Pfahlbemessung lediglich für die maximale Pfahlkraft aus allen Bemessungssituationen.

9.3.1.1 LK2 BHW + Eis - BS-P

Bemessungssituation: **BS-P**

Teilsicherheitsbeiwerte

ungünstige ständige Einwirkung $\gamma_G =$	1,35
ungünstige veränderliche Einwirkung $\gamma_Q =$	1,50

Einwirkungen

ständige Horizontallasten $H_{g,k} = W_{\text{Außen},k} - W_{\text{Innen},k}$	=	3802,5 kN
veränderliche Horizontallasten $H_{q,k} = P_{E,B,k}$	=	877,5 kN
$H_{k,BSP} = H_{g,k} + H_{q,k}$	=	4680,0 kN
$H_{d,BSP} = H_{g,k} * \gamma_G + H_{q,k} * \gamma_Q$	=	6449,6 kN

9.3.1.2 LK3 Revisionsfall- BS-T

Bemessungssituation: **BS-T**

Teilsicherheitsbeiwerte

ungünstige ständige Einwirkung $\gamma_G =$	1,20
ungünstige veränderliche Einwirkung $\gamma_Q =$	1,30

Einwirkungen

ständige Horizontallasten $H_{g,k} = W_{\text{Außen},\text{Revision},k}$	=	1529,0 kN
veränderliche Horizontallasten $H_{q,k} =$	=	0,0 kN
$H_{k,BST} = H_{g,k} + H_{q,k}$	=	1529,0 kN
$H_{d,BST} = H_{g,k} * \gamma_G + H_{q,k} * \gamma_Q$	=	1834,8 kN

9.3.1.3 LK4 Bordvoll - BS-A

Bemessungssituation: **BS-A**

Teilsicherheitsbeiwerte

ungünstige ständige Einwirkung $\gamma_G =$	1,10
ungünstige veränderliche Einwirkung $\gamma_Q =$	1,10

Einwirkungen

ständige Horizontallasten $H_{g,k} = W_{\text{Außen},\text{Bordvoll},k} - W_{\text{Innen},k}$	=	5460,0 kN
veränderliche Horizontallasten $H_{q,k} =$	=	0,0 kN
$H_{k,BSA} = H_{g,k} + H_{q,k}$	=	5460,0 kN
$H_{d,BSA} = H_{g,k} * \gamma_G + H_{q,k} * \gamma_Q$	=	6006,0 kN

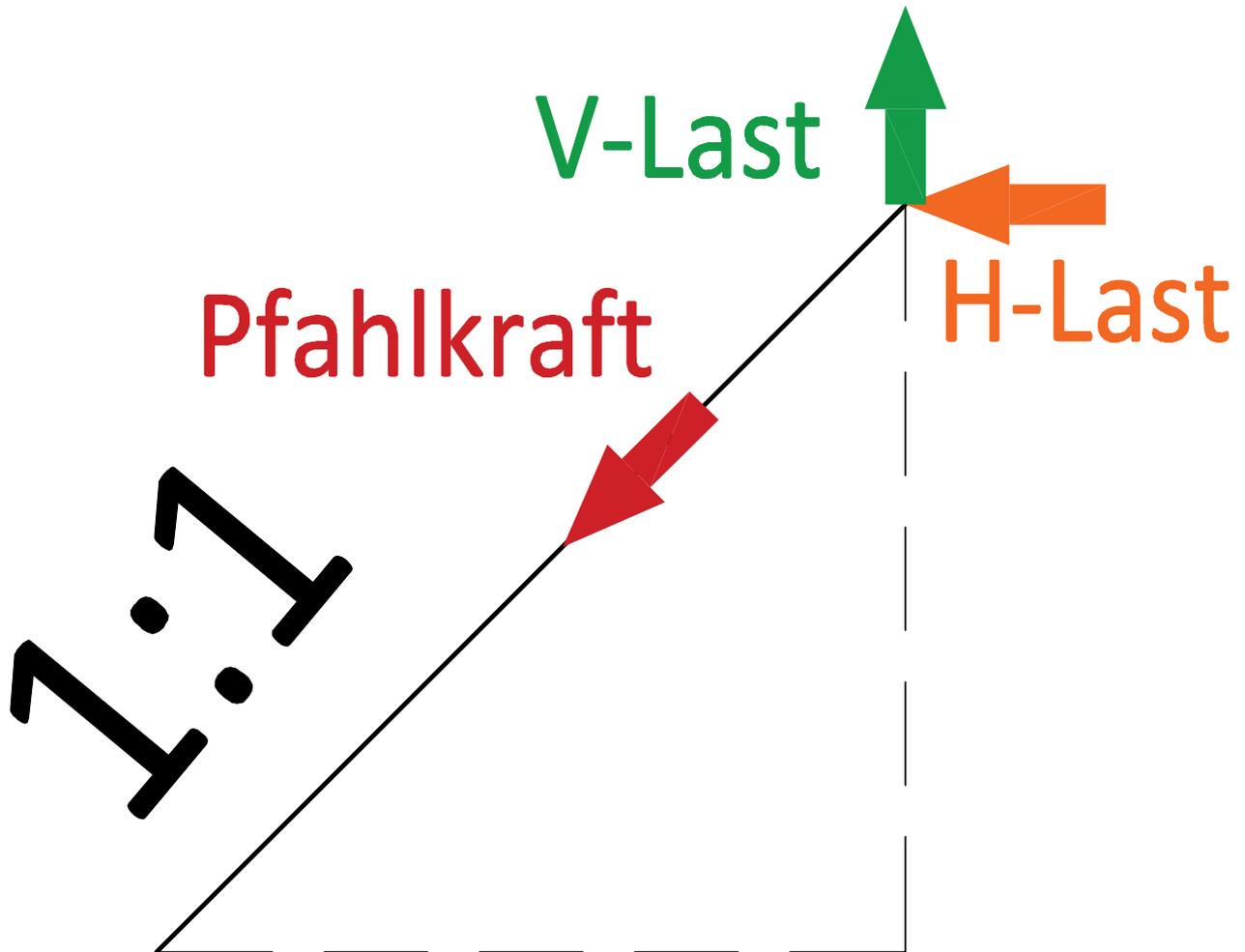
9.3.1.4 Nachweis der äußeren Tragfähigkeit

Auf der sicheren Seite liegend wird für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit des Druckpfahls hier der Erhöhungsanteil der Mantelwiderstand der gegenüberliegenden inneren Flansche gem. EAP Jahresbericht 2014 [12] vernachlässigt.

Bemessungssituation: **BS-P/BS-T/BS-A**

Teilsicherheitsbeiwerte

Widerstand Druckpfahl-Erfahrungswerte $\gamma_{b,s,t} = 1,40$ kN



Antahl der Schrägpfähle zur Abtragung der Horizontallasten

Anzahl der Schrägpfähle $n_{SP} = 10$ Stk.
 Pfahlneigung $N_{SP} = 1 : 1$
 Faktor für Pfahlänge $X_{SP} = \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{N_{SP}}\right)^2} = 1,41$

maximale horizontale Pfahlkraft

$$\begin{aligned} \text{maximale Horizontalkraft } H_{d,max} &= \text{MAX}(H_{d,BSP}; H_{d,BST}; H_{d,BSA}) &= 6449,6 \text{ kN} \\ \text{maximale Horizontalkraft pro Pfahl } H_{d,max,SP} &= H_{d,max} / n_{SP} &= 645,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

maximale vertikale Pfahlkraft

Der vertikale Anteil der Pfahlkraft wird mit dem Eigengewicht des Sperrwerks und des anstehenden Wassers verglichen, damit sicher gestellt wird, dass das Bauwerk nicht abhebt.

$$\text{V-Anteil der Pfahlkraft pro Pfahl } V_{d,SP} = N_{SP} * H_{d,max,SP} = 645,0 \text{ kN}$$

maximale axiale Pfahlkraft

Zu der Pfahlkraft wird das Eigengewicht des Pfahls addiert.

$$\text{axiale Pfahlkraft pro Pfahl inkl. EG-Pfahl } P_{SP,d} = \sqrt{V_{d,SP}^2 + H_{d,max,SP}^2} + G_{SP,d} = \underline{935,7 \text{ kN}}$$

Pfahlspitzedruck - Pleistozäne Sand

$$\begin{aligned} q_{b,k} &= 22000,0 \text{ kN/m}^2 \\ A_{b,SP} &= 201,40 \text{ cm}^2 \\ R_{b,k} &= q_{b,k} * A_{b,SP} / 10000 = 443,1 \text{ kN} \\ R_{b,d} &= R_{b,k} / \gamma_{b,s,t} = \underline{316,5 \text{ kN}} \end{aligned}$$

Pfahlmantelreibung

$$A_{s,SP} = 2,23 \text{ m}^2/\text{m}$$

Schicht 1 - Holozäne Sand

$$\begin{aligned} q_{s,k,1} &= 40,00 \text{ kN/m}^2 \\ \text{OK Schicht } OK_1 &= OK_{LA,SP} = 0,40 \text{ m NHN} \\ \text{UK Schicht } UK_1 &= -3,00 \text{ m NHN} \\ \text{Pfahllänge in der Schicht } L_1 &= X_{SP} * (OK_1 - UK_1) = 4,79 \text{ m} \\ R_{s,k1} &= q_{s,k,1} * A_{s,SP} * L_1 = 426,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Schicht 2 - Pleistozäne Sand

$$\begin{aligned} q_{s,k,2} &= 95,00 \text{ kN/m}^2 \\ \text{OK Schicht } OK_2 &= UK_1 = -3,00 \text{ m NHN} \\ \text{UK Schicht } UK_2 &= -6,70 \text{ m NHN} \\ \text{Pfahllänge in der Schicht } L_2 &= X_{SP} * (OK_2 - UK_2) = 5,22 \text{ m} \\ R_{s,k2} &= q_{s,k,2} * A_{s,SP} * L_2 = 1103,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

Schicht 3 - Beckenschluff

keine Lastabtragung in de Schicht.

$$\begin{aligned} \text{OK Schicht } OK_3 &= UK_2 = -6,70 \text{ m NHN} \\ \text{UK Schicht } UK_3 &= -9,20 \text{ m NHN} \\ \text{Pfahllänge in der Schicht } L_3 &= X_{SP} * (OK_3 - UK_3) = 3,52 \text{ m} \end{aligned}$$

Schicht 4 - Pleistozäne Sand

$q_{s,k,2} =$				95,00 kN/m ²
OK Schicht OK ₄ =	UK ₃	=		-9,20 m NHN
UK Schicht UK ₄ =	UK _{SP}	=		-12,20 m NHN
Pfahllänge in der Schicht L ₄ =	$X_{SP} * (OK_4 - UK_4)$	=		4,23 m
R _{s,k4} =	$q_{s,k,2} * A_{s,SP} * L_4$	=		894,5 kN

Summe - Pfahlmantelreibung

R _{s,k} =	$R_{s,k1} + R_{s,k2} + R_{s,k4}$	=		2424,9 kN
R _{s,d} =	$R_{s,k} / \gamma_{b,s,t}$	=		<u>1732,1 kN</u>

äußere axiale Widerstand

R _{c,d} =	$R_{b,d} + R_{s,d}$	=		<u>2048,6 kN</u>
--------------------	---------------------	---	--	-------------------------

Nachweis - äußere axiale Tragfähigkeit GEO-2

$\mu_{SP,GEO2} =$	$P_{SP,d} / R_{c,d}$	=		<u>0,457 ≤ 1</u>
UK _{SP}		=		<u>-12,20 m NHN</u>
Pfahllänge-Lastabtragung L _{SP} = L ₁ + L ₂ + L ₃ + L ₄		=		<u>17,76 m</u>
OK _{LA,SP}		=		<u>0,40 m NHN</u>

9.3.2 Innere axiale Tragfähigkeit (STR)

Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit der Pfähle erfolgt nach DIN EN 1993-1-1[13], [14], [15].

Teilsicherheitsbeiwerte

$$\text{Materialwiderstand Stahl } \gamma_{M0} = 1,00$$

Knicken

Der Pfahl bindet überwiegend in tragfähigen nicht bindigen Bodenschichten ein, daher wird hier auf den Knicknachweis verzichtet. Der bindige Boden weist die Scherfestigkeit $c_u > 30 \text{ kN/m}^2$ auf, daher muss ebenso kein Knicknachweis geführt werden.

Hier wird auf DIN EN 1997-1 [7] und [8] verwiesen.

Querschnittsklasse

Querschnittsklassifizierung erfolgt nach Kap. 5.5 der DIN EN 1993-1-1 [13].

Stahlgüte: S235

$$\begin{aligned} \text{Stegdicke } t_w &= 12,0 \text{ mm} \\ \text{Flanschdicke } t_f &= 12,0 \text{ mm} \\ \text{Gesamthöhe } h &= 249,0 \text{ mm} \\ \text{Gesamtbreite } b &= 265,0 \text{ mm} \\ \\ \text{Steg c/t-Verhältnis c/t} &= (h - 2 \cdot t_f) / t_w = 18,8 \leq 33 \\ \text{Querschnittsklasse 1} & \\ \\ \text{Flansch c/t-Verhältnis c/t} &= ((b - t_w) / 2) / t_f = 10,5 \leq 14 \\ \text{Querschnittsklasse 3} & \end{aligned}$$

--> **Querschnittsklasse 3**

axiale Widerstand - Druckbeanspruchung

Stahlgüte: S235

$$\begin{aligned} f_{y,k} &= 23,50 \text{ kN/cm}^2 \\ N_{c,Rd} &= A_{b,SP} \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0} = \underline{\underline{4732,9 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

Pfahlkraft

$$P_{SP,d} = \underline{\underline{935,7 \text{ kN}}}$$

Nachweis

$$\text{Nachweis } \mu_{STR} = P_{SP,d} / N_{c,Rd} = \underline{\underline{0,198 \leq 1}}$$

10 BT01 - Sperrwerk - Aufschwimmen (UPL)

Auf der sicheren Seite liegend wird es für den Nachweis in den Grenzzustand des Versagens durch Aufschwimmen in Entwurfsplanung angenommen, wie das Bauwerk flachgegründet wäre. Daher erfolgt der Nachweis ohne Berücksichtigung der Pfähle.

10.1 Geometrie

Siehe hierzu die Geometrie in dem Kap. BT01-01/02/03 - Sperrwerk - Querschnitt (STR)

10.2 Belastungen

10.2.1 EG - Sperrwerk (G)

LK1/LK2/LK4/LK5

Es wird 75% des Eigengewichts des Mittelwand für die Berechnungen angenommen, da die Wanddicke

$\gamma_{\text{Stahlbeton,k}}$	=	25,0 kN/m ³
OK Wand OK_{Wand}	=	12,50 m NHN
UK Wand UK_{Wand}	=	3,50 m NHN
OK Bodenplatte $OK_{\text{Bodenplatte}}$	= UK_{Wand}	= 3,50 m NHN
UK Bodenplatte $UK_{\text{Bodenplatte}}$	=	2,00 m NHN
Bauwerkslänge $L_{\text{Sperrwerk}}$	=	24,20 m
Bauwerksbreite $B_{\text{Sperrwerk}}$	=	19,50 m
Dicke Wand d_{Wand}	=	1,50 m
Dicke Mittelwand d_{MWand}	=	2,50 m
$d_{\text{Bodenplatte}}$	=	1,50 m
Volumen Wand V_{Wand}	= $d_{\text{Wand}} * L_{\text{Sperrwerk}} * (OK_{\text{Wand}} - UK_{\text{Wand}})$	= 326,7 m ³
Volumen Mittelwand V_{MWand}	= $d_{\text{MWand}} * L_{\text{Sperrwerk}} * (OK_{\text{Wand}} - UK_{\text{Wand}})$	= 544,50 m ³
Volumen Bodenplatte $V_{\text{Bodenplatte}}$	= $d_{\text{Bodenplatte}} * L_{\text{Sperrwerk}} * B_{\text{Sperrwerk}}$	= 707,85 m ³
$G_{\text{Sperrwerk,k}}$	= $(2 * V_{\text{Wand}} + 0,75 * V_{\text{MWand}} + V_{\text{Bodenplatte}}) * \gamma_{\text{Stahlbeton,k}}$	= 44240,6 kN

LK3 -Revisionsfall

Im Revisionsfall wird eine Kammer trockengelegt und dementsprechend wird der Nachweis für eine Kammer geführt, d.h. bis zur Achse der Mittelwand.

$$G_{\text{Sperrwerk,Revision,k}} = (V_{\text{Wand}} + 0,75 * V_{\text{MWand}} / 2 + V_{\text{Bodenplatte}} / 2) * \gamma_{\text{Stahlbeton,k}} = \underline{\underline{22120,3 \text{ kN}}}$$

10.2.2 EG - HWS-Tore (G)

Das Eigengewicht der HWS-Tore wird in der Entwurfsplanung aufgrund der Vergleichprojekte angenommen. Auf der sicheren Seite liegend wird für den Nachweis gegen Aufschwimmen nur 30% der Last angesetzt.

LK1/LK2/LK4/LK5

Anzahl HWS-Tore n_{Tore}	=	4 Stk.
Eigengewicht HWS-Tor $G_{\text{Tor,k}}$	=	250,0 kN
$G_{4\text{Tore,k}}$	= $n_{\text{Tore}} * G_{\text{Tor,k}}$	= 1000,0 kN
$G'_{4\text{Tore,k}}$	= $0,3 * G_{4\text{Tore,k}}$	= 300,0 kN

LK3 -Revisionsfall

$$G'_{2\text{Tore,Revision,k}} = G'_{4\text{Tore,k}} / 2 = \underline{\underline{150,0 \text{ kN}}}$$

10.2.3 EG - Brücke + Fahrbahnbelag (G)

Nachfolgend wird das Eigengewicht der Brücke inkl. den Fahrbahnbelag ermittelt. Auf der sicheren Seite liegend wird nur 75% des Gewichtes berücksichtigt.

LK1/LK2/LK4/LK5

$$\begin{aligned} \text{Brückenbreite } B_{\text{Brücke}} &= 6,00 \text{ m} \\ g_{\text{Brücke,k}} &= 62,9 \text{ kN/m} \\ G_{\text{Brücke,ges,k}} &= 0,75 * 2 * g_{\text{Brücke,k}} * B_{\text{Brücke}} = \underline{\underline{566,1 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

LK3 -Revisionsfall

$$G_{\text{Brücke,Revision,k}} = G_{\text{Brücke,ges,k}} / 2 = \underline{\underline{283,1 \text{ kN}}}$$

10.2.4 EG - Wasser Innen (G)

Es wird das Eigengewicht des Wassers in dem Sperrwerk (auf der Innenseite) berücksichtigt.

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{Wasser,k}} &= 10,0 \text{ kN/m}^3 \\ \text{lichte Kammerbreite } B_{\text{Kammer}} &= 7,00 \text{ m} \\ \text{Staulänge } L_{\text{Stau}} &= 19,10 \text{ m} \\ \text{Wasserstand Innen } W_{\text{st,Innen}} &= 8,5 \text{ m NHN} \\ G_{\text{Wasser,Innen,k}} &= \gamma_{\text{Wasser,k}} * 2 * B_{\text{Kammer}} * L_{\text{Stau}} * (W_{\text{st,Innen}} - OK_{\text{Bodenplatte}}) = \underline{\underline{13370,0 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

10.2.5 Auftrieb - BHW (G)

Die Auftriebskraft wird in Bezug auf BHW bei +11,50 m NHN.

LK1/LK2/LK4/LK5

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{Wasser,k}} &= 10,0 \text{ kN/m}^3 \\ \text{Fläche Bodenplatte } A_{\text{Bodenplatte}} &= B_{\text{Sperrwerk}} * L_{\text{Sperrwerk}} = 471,9 \text{ m}^2 \\ \text{Wasser Außen } W_{\text{A}} &= 11,50 \text{ m NHN} \\ UK_{\text{Bodenplatte}} &= 2,00 \text{ m NHN} \\ \text{Wassersäule } h_{\text{W}} &= (W_{\text{A}} - UK_{\text{Bodenplatte}}) = 9,50 \text{ m} \\ W_{\text{Auftrieb,k}} &= h_{\text{W}} * \gamma_{\text{Wasser,k}} * A_{\text{Bodenplatte}} = \underline{\underline{44830,5 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

10.2.6 Auftrieb - Revisionsfall (G)

LK2

Im Revisionsfall wird lediglich die Hälfte der Bodenplatte berücksichtigt, da der Nachweis für eine Kammer geführt wird.

Es wird angenommen, dass der Außenwasserstand maximal bei +9,10 m NHN liegt. Falls der Außenwasserstand im Revisionsfall höher ansteigt, muss die Kammer überflutet werden!

$$\begin{aligned} \text{Wasser Außen } W_{\text{A,Revision}} &= 9,10 \text{ m NHN} \\ UK_{\text{Bodenplatte}} &= 2,00 \text{ m NHN} \\ \text{Wassersäule } h_{\text{W,Revision}} &= (W_{\text{A,Revision}} - UK_{\text{Bodenplatte}}) = 7,10 \text{ m} \\ W_{\text{Auftrieb,Revision,k}} &= h_{\text{W,Revision}} * \gamma_{\text{Wasser,k}} * A_{\text{Bodenplatte}} / 2 = \underline{\underline{16752,5 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

10.2.7 Auftrieb - Bordvoll (G)

Die Auftriebskraft wird in Bezug auf BHW bei +11,50 m NHN.

$\gamma_{\text{Wasser,k}}$	=	10,0 kN/m ³
Fläche Bodenplatte $A_{\text{Bodenplatte}} = B_{\text{Sperrwerk}} * L_{\text{Sperrwerk}}$	=	471,9 m ²
Wasser Außen $W_{\text{A,Bordvoll}}$	=	12,50 m NHN
$U_{\text{K}_{\text{Bodenplatte}}}$	=	2,00 m NHN
Wassersäule $h_{\text{W}} = (W_{\text{A,Bordvoll}} - U_{\text{K}_{\text{Bodenplatte}}})$	=	10,50 m
$W_{\text{Auftrieb,Bordvoll,k}} = h_{\text{W}} * \gamma_{\text{Wasser,k}} * A_{\text{Bodenplatte}}$	=	49549,5 kN

10.3 Berechnung

10.3.1 LK1/LK2 BHW - BS-P

Bemessungssituation: **BS-P**

Teilsicherheitsbeiwerte

$$\begin{aligned} \text{stabilisierende ständige Einwirkung } \gamma_{G, \text{stb}} &= 0,95 \\ \text{destabilisierende ständige Einwirkung } \gamma_{G, \text{dst}} &= 1,05 \end{aligned}$$

stabilisierende Einwirkungen

$$\begin{aligned} G_{\text{stb},k} &= G_{\text{Sperrwerk},k} + G_{\text{Wasser,Innen},k} + G'_{4\text{Tore},k} + G_{\text{Brücke,ges},k} = 58476,7 \text{ kN} \\ G_{\text{stb},d} &= G_{\text{stb},k} * \gamma_{G, \text{stb}} = \underline{\underline{55552,9 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

destabilisierende Einwirkungen

$$\begin{aligned} G_{\text{dst},k} &= W_{\text{Auftrieb},k} = 44830,5 \text{ kN} \\ G_{\text{dst},d} &= G_{\text{dst},k} * \gamma_{G, \text{dst}} = \underline{\underline{47072,0 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

Vertikalkomponente aus Schräpfählen - destabilisierende Einwirkung

$$\begin{aligned} \text{Vertikalkraft } V_{k, \text{BSP}} &= N_{\text{SP}} * H_{k, \text{BSP}} = 4680,0 \text{ kN} \\ V_{d, \text{BSP}} &= V_{k, \text{BSP}} * \gamma_{G, \text{dst}} = \underline{\underline{4914,0 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

Nachweis - Aufschwimmen UPL

$$H_{\text{Aufschwimmen, LK2, UPL}} = (G_{\text{dst},d} + V_{d, \text{BSP}}) / G_{\text{stb},d} = \underline{\underline{0,936 \leq 1}}$$

10.3.2 LK3 Revisionsfall - BS-T

Bemessungssituation: **BS-T**

Teilsicherheitsbeiwerte

$$\begin{aligned} \text{stabilisierende ständige Einwirkung } \gamma_{G, \text{stb}} &= 0,95 \\ \text{destabilisierende ständige Einwirkung } \gamma_{G, \text{dst}} &= 1,05 \end{aligned}$$

stabilisierende Einwirkungen

$$\begin{aligned} G_{\text{stb},k} &= G_{\text{Sperrwerk,Revision},k} + G'_{2\text{Tore,Revision},k} + G_{\text{Brücke,Revision},k} = 22553,4 \text{ kN} \\ G_{\text{stb},d} &= G_{\text{stb},k} * \gamma_{G, \text{stb}} = \underline{\underline{21425,7 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

destabilisierende Einwirkungen

$$\begin{aligned} G_{\text{dst},k} &= W_{\text{Auftrieb,Revision},k} = 16752,5 \text{ kN} \\ G_{\text{dst},d} &= G_{\text{dst},k} * \gamma_{G, \text{dst}} = \underline{\underline{17590,1 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

Vertikalkomponente aus Schräpfählen - destabilisierende Einwirkung

$$\begin{aligned} \text{Vertikalkraft } V_{k, \text{BST}} &= N_{\text{SP}} * H_{k, \text{BST}} = 1529,0 \text{ kN} \\ V_{d, \text{BST}} &= V_{k, \text{BST}} * \gamma_{G, \text{dst}} = \underline{\underline{1605,5 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

Nachweis - Aufschwimmen UPL

$$H_{\text{Aufschwimmen, LK3, UPL}} = (G_{\text{dst},d} + V_{d, \text{BST}}) / G_{\text{stb},d} = \underline{\underline{0,896 \leq 1}}$$

10.3.3 LK4 Bordvoll - BS-A

Bemessungssituation: **BS-A**

Teilsicherheitsbeiwerte

$$\begin{aligned} \text{stabilisierende ständige Einwirkung } \gamma_{G, \text{stb}} &= 0,95 \\ \text{destabilisierende ständige Einwirkung } \gamma_{G, \text{dst}} &= 1,00 \end{aligned}$$

stabilisierende Einwirkungen

$$\begin{aligned} G_{\text{stb}, \text{k}, \text{BSA}} &= G_{\text{Sperrwerk}, \text{k}} + G_{\text{Wasser}, \text{Innen}, \text{k}} + G_{\text{4Tore}, \text{k}} + G_{\text{Brücke}, \text{ges}, \text{k}} = 58476,7 \text{ kN} \\ G_{\text{stb}, \text{d}, \text{BSA}} &= G_{\text{stb}, \text{k}, \text{BSA}} * \gamma_{G, \text{stb}} = \underline{\underline{55552,9 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

destabilisierende Einwirkungen

$$\begin{aligned} G_{\text{dst}, \text{k}, \text{BSA}} &= W_{\text{Auftrieb}, \text{Bordvoll}, \text{k}} = 49549,5 \text{ kN} \\ G_{\text{dst}, \text{d}, \text{BSA}} &= G_{\text{dst}, \text{k}, \text{BSA}} * \gamma_{G, \text{dst}} = \underline{\underline{49549,5 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

Vertikalkomponente aus Schräpfählen - destabilisierende Einwirkung

$$\begin{aligned} \text{Vertikalkraft } V_{\text{k}, \text{BSA}} &= N_{\text{SP}} * H_{\text{k}, \text{BSA}} = 5460,0 \text{ kN} \\ V_{\text{d}, \text{BSA}} &= V_{\text{k}, \text{BSA}} * \gamma_{G, \text{dst}} = \underline{\underline{5460,0 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

Nachweis - Aufschwimmen UPL

$$\mu_{\text{Aufschwimmen}, \text{LK4}, \text{UPL}} = (G_{\text{dst}, \text{d}, \text{BSA}} + V_{\text{d}, \text{BSA}}) / G_{\text{stb}, \text{d}, \text{BSA}} = \underline{\underline{0,990 \leq 1}}$$

11 BT01-04 - lotrechte Pfähle - Abtragung Vertikalkräfte (GEO-2/STR)

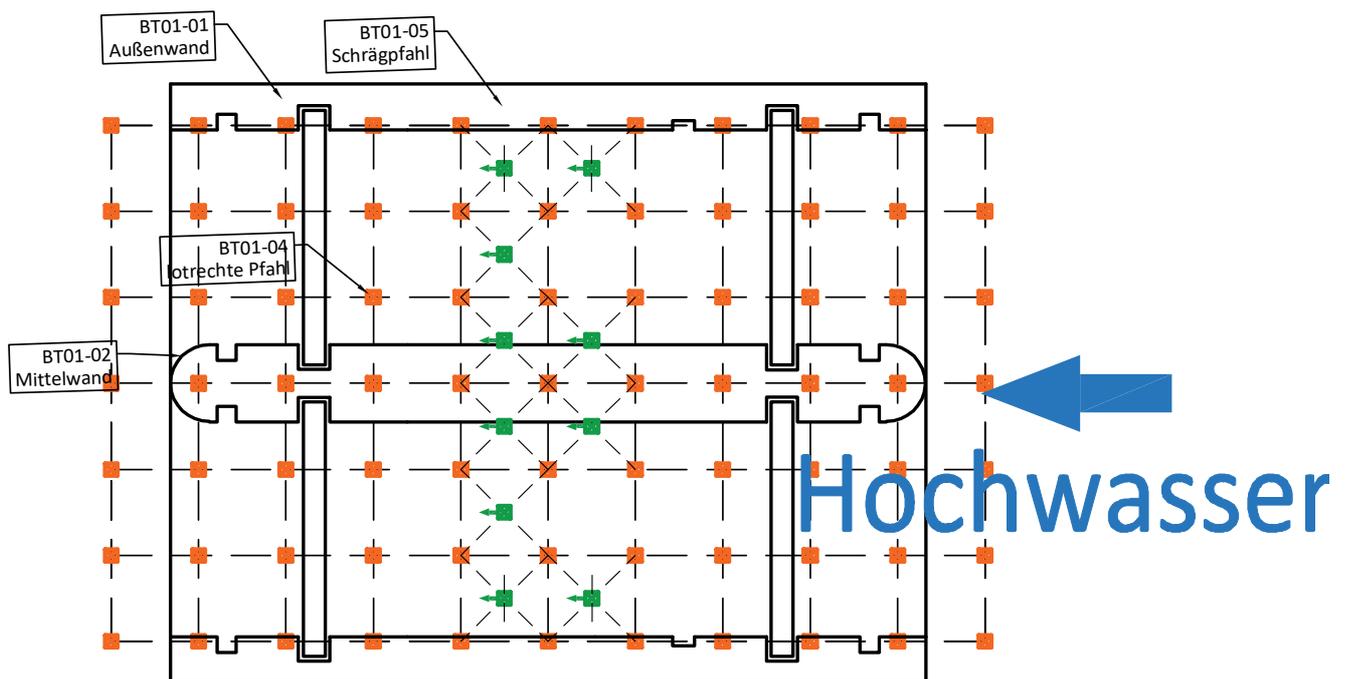
Die lotrechte Pfähle, die zur Auftriebssicherung der UWBS eingebaut werden, sind ebenso für die Abtragung der Vertikallasten anzusetzen.

Die Lasteinleitung aus der Sohle in den Pfählen erfolgt über die angeschweißten Knaggen.

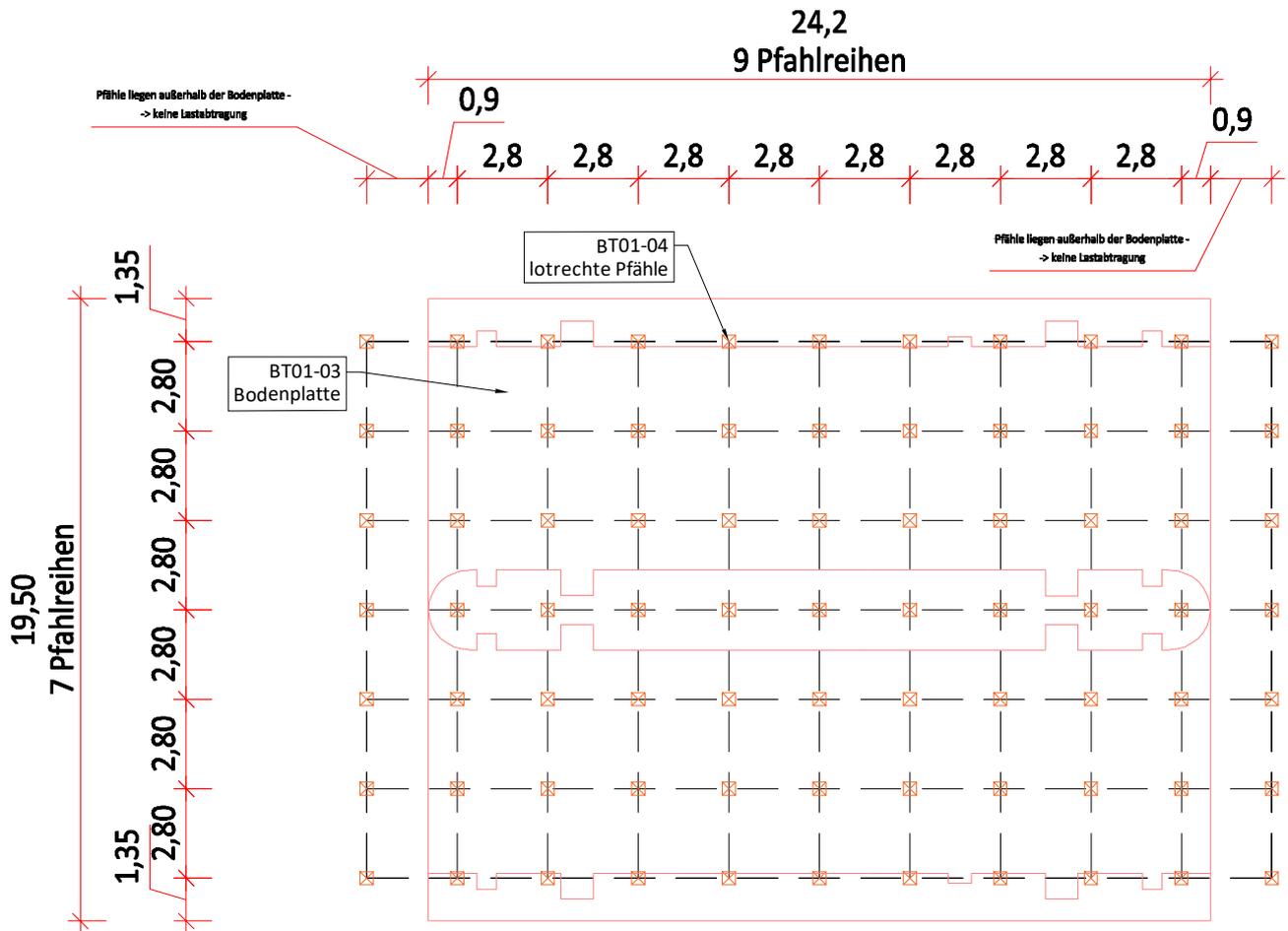
Die Anschlüsse zur Lastübertragung der Druckkräfte sollen möglichst niedrig in der Bodenplatte angeordnet werden. Die Pfahlanschlüsse zur Einleitung der Zugkräfte sind möglichst hoch in der Bodenplatte anzuordnen.

11.1 Geometrie

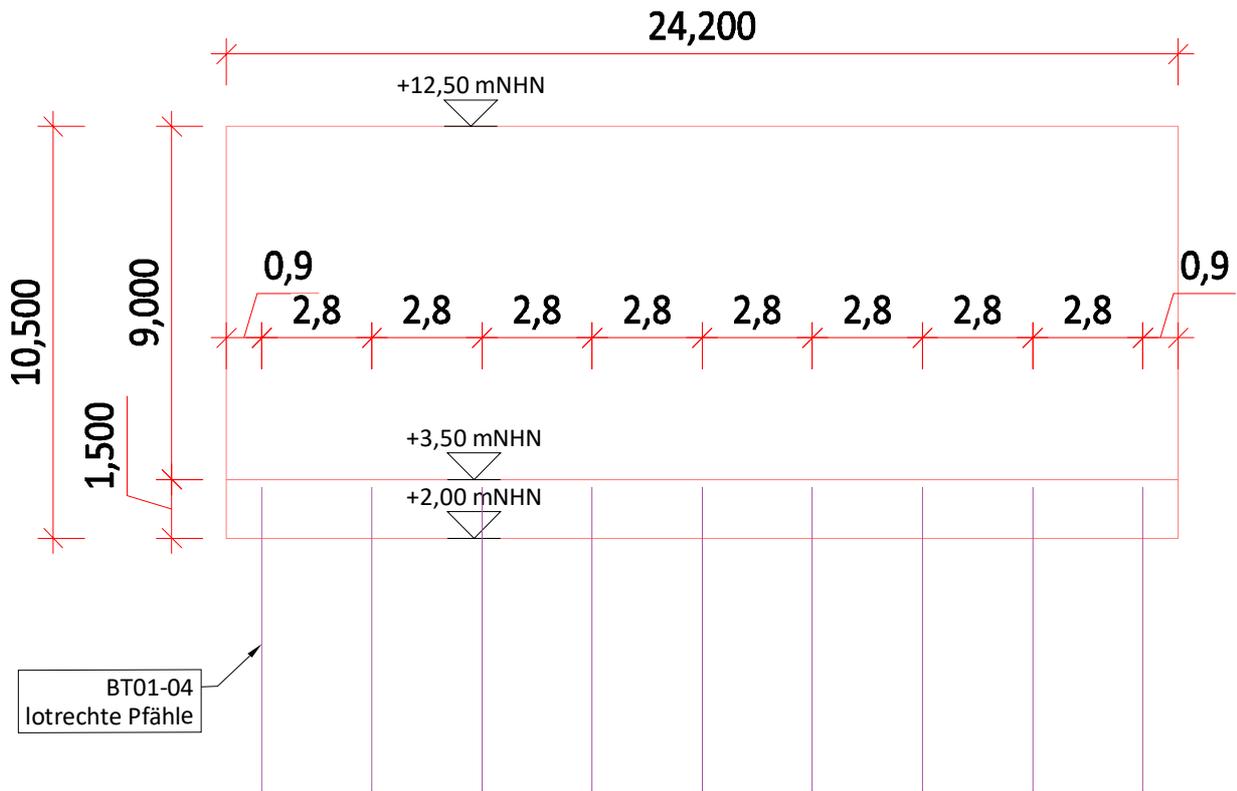
Draufsicht - Überlagerung mit Schrägpfählen



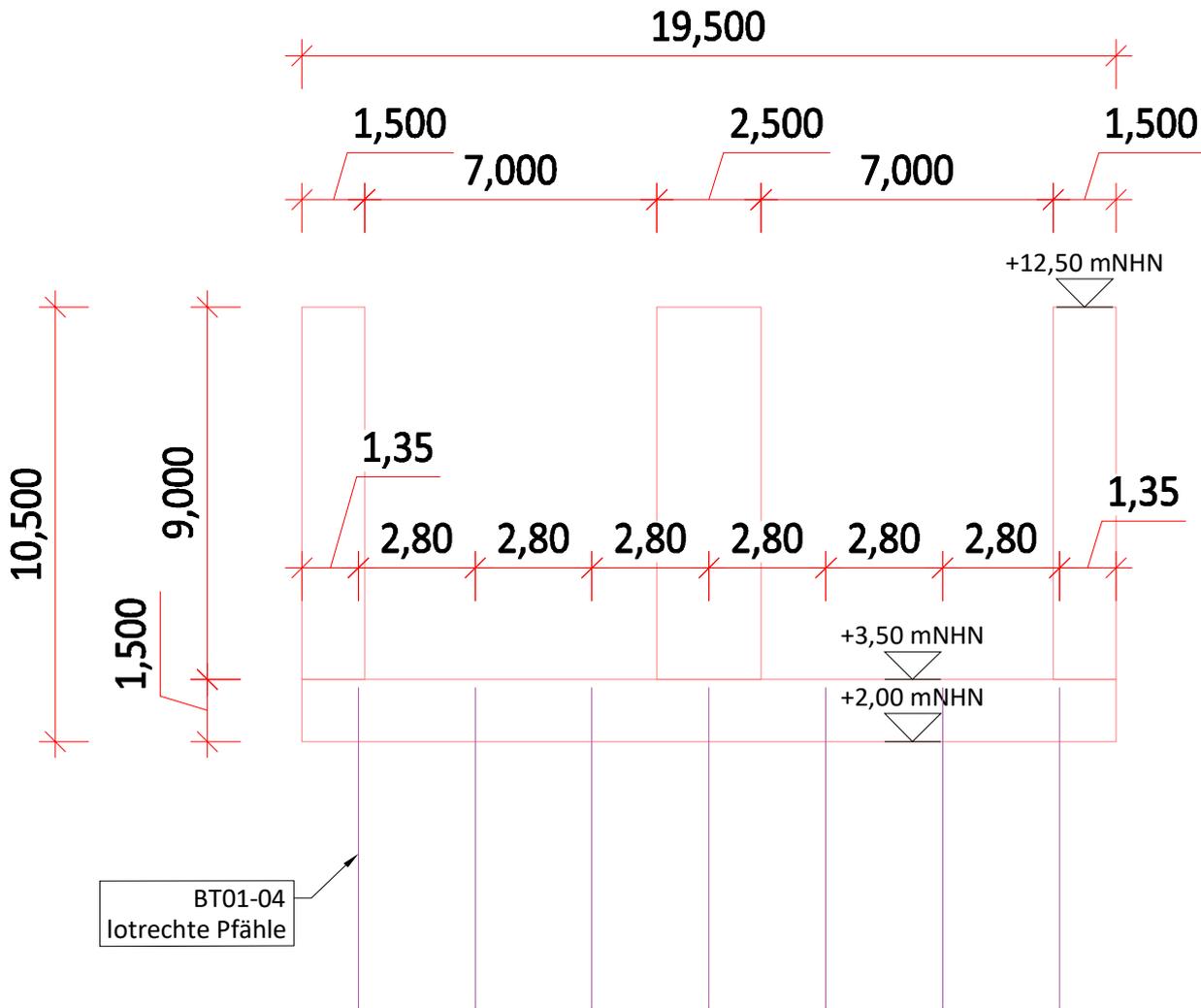
Draufsicht - nur lotrechte Pfähle



Längsschnitt



Querschnitt



11.2 Belastungen

Nachfolgend erfolgt die Ermittlung des Gesamtgewichtes des Sperrwerks inkl. Brücke. Die ermittelte Druckkraft muss durch jeden Pfahl übertragen werden können.

Weiterhin werden die Ergebnisse aus den Berechnungen des Querschnitts des Sperrwerks aufgelistet, wobei die Zug- und Druckkräfte in einigen Pfählen sich ergeben.

Siehe hierzu Kap. BT01-01/02/03 - Sperrwerks - Querschnitt (STR).

11.2.1 EG - Sperrwerk (G)

$\gamma_{\text{Stahlbeton,k}}$	=	25,0 kN/m ³
OK Wand OK_{Wand}	=	12,50 m NHN
UK Wand UK_{Wand}	=	3,50 m NHN
OK Bodenplatte $OK_{\text{Bodenplatte}}$	= UK_{Wand}	= 3,50 m NHN
UK Bodenplatte $UK_{\text{Bodenplatte}}$	=	2,00 m NHN
Bauwerkslänge $L_{\text{Sperrwerk}}$	=	24,20 m
Bauwerksbreite $B_{\text{Sperrwerk}}$	=	19,50 m
Dicke Wand d_{Wand}	=	1,50 m
Dicke Mittelwand d_{MWand}	=	2,50 m
$d_{\text{Bodenplatte}}$	=	1,50 m
Volumen Wand V_{Wand}	= $d_{\text{Wand}} * L_{\text{Sperrwerk}} * (OK_{\text{Wand}} - UK_{\text{Wand}})$	= 326,7 m ³
Volumen Mittelwand V_{MWand}	= $d_{\text{MWand}} * L_{\text{Sperrwerk}} * (OK_{\text{Wand}} - UK_{\text{Wand}})$	= 544,50 m ³
Volumen Bodenplatte $V_{\text{Bodenplatte}}$	= $d_{\text{Bodenplatte}} * L_{\text{Sperrwerk}} * B_{\text{Sperrwerk}}$	= 707,85 m ³
$G_{\text{Sperrwerk,LP,k}}$	= $(2 * V_{\text{Wand}} + V_{\text{MWand}} + V_{\text{Bodenplatte}}) * \gamma_{\text{Stahlbeton,k}}$	= <u>47643,8 kN</u>

11.2.2 EG - HWS-Tore (G)

Das Eigengewicht der HWS-Tore wird in der Entwurfsplanung aufgrund der Vergleichprojekte angenommen. Auf der sicheren Seite liegend wird die Last um 15% vergrößert.

Anzahl HWS-Tore n_{Tore}	=	4 Stk.
Eigengewicht HWS-Tor $G_{\text{Tor,k}}$	=	250,0 kN
$G_{4\text{Tore,k}}$	= $n_{\text{Tore}} * G_{\text{Tor,k}}$	= 1000,0 kN
$G'_{4\text{Tore,k}}$	= $1,15 * G_{4\text{Tore,k}}$	= <u>1150,0 kN</u>

11.2.3 EG - Wasser Innen / Auftrieb (G)

Auf der sicheren Seite liegend wird die Einwirkung vom Wasser (Eigengewicht und Auftrieb) bei dem Nachweis vernachlässigt, da die Resultierende davon immer nach oben gerichtet ist (Auftrieb größer als Eigengewicht des Wassers) und somit günstiger für die Druckkraft in dem Pfahl ist.

11.2.4 EG - Brücke + Fahrbahnbelag (G)

Nachfolgend wird das Eigengewicht der Brücke inkl. den Fahrbahnbelag ermittelt.

Brückenbreite $B_{\text{Brücke}}$	=	6,00 m
$g_{\text{Brücke,k}}$	=	62,9 kN/m
$G_{\text{Brücke,ges,k}}$	= $2 * g_{\text{Brücke,k}} * B_{\text{Brücke}}$	= <u>754,8 kN</u>

11.2.5 Q - Brücke (LM1 - Flächenlast) (Q)

Nachfolgend wird die Resultierende aus der LM1 - Flächenlast ermittelt.

$$\begin{aligned} q_{\text{Brücke},k} &= 33,3 \text{ kN/m} \\ Q_{\text{Brücke,ges},k} &= 2 * q_{\text{Brücke},k} * B_{\text{Brücke}} = \underline{\underline{399,6 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

11.2.6 Q - LM1 (Q)

Auf der sicheren Seite liegend werden zwei Doppelachsen auf dem Bauwerk berücksichtigt.

$$Q_{\text{LM1,max},k} = 8 * Q_{\text{Rad},1k} = \underline{\underline{1200,0 \text{ kN}}}$$

11.2.7 vertikaler Anteil des Erdruhedrucks (G)

Siehe hierzu das Kap. BT01-01/02/03 - Sperrwerk - Querschnitt (STR) - NW - Erdruhedruck/Außenwasser/Innenwasser. Es wird der maximaler Erdruhedruck, der bei NW +4,75 m NHN entsteht, berücksichtigt.

horizontaler Erdruhedruck

$$\begin{aligned} e_{0gh1,NW,k} &= 0,0 \text{ kN/m}^2 \\ \text{OK Wand OK}_1 &= 12,50 \text{ m NHN} \\ e_{0gh2,NW,k} &= 69,8 \text{ kN/m}^2 \\ \text{GW OK}_2 &= 4,75 \text{ m NHN} \\ e_{0gh3,NW,k} &= 79,8 \text{ kN/m}^2 \\ \text{UK Wand Achsmaß OK}_3 &= 2,75 \text{ m NHN} \\ E_{0gh1,NW,k} &= (e_{0gh1,NW,k} + e_{0gh2,NW,k}) * (\text{OK}_1 - \text{OK}_2) / 2 = 270,5 \text{ kN/m} \\ E_{0gh2,NW,k} &= (e_{0gh2,NW,k} + e_{0gh3,NW,k}) * (\text{OK}_2 - \text{OK}_3) / 2 = 149,6 \text{ kN/m} \\ E_{0gh,NW,k} &= E_{0gh1,NW,k} + E_{0gh2,NW,k} = 420,1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

vertikale ständiger Anteil

$$\begin{aligned} \text{Reibungswinkel Hinterfüllung } \varphi_{\text{Hint}} &= 30,0^\circ \\ \text{Wandreibungswinkel } \delta_{\text{Hint}} &= (2/3) * \varphi_{\text{Hint}} = 20,0^\circ \\ E_{0gv,NW,k} &= E_{0gh,NW,k} * \text{TAN}(\delta_{\text{Hint}}) = 152,9 \text{ kN/m} \\ L_{\text{Sperrwerk}} &= 24,20 \text{ m} \\ E_{0gv,NW,ges,k} &= 2 * E_{0gv,NW,k} * L_{\text{Sperrwerk}} = \underline{\underline{7400,4 \text{ kN}}} \end{aligned}$$

veränderlicher Anteil

Da zwei Doppelachsen bereits auf das Sperrwerk berücksichtigt wurden, wird der veränderliche Anteil aus der Ersatzflächenlast (LM1) nicht angesetzt. Weiterhin es ist recht unwahrscheinlich, dass entlang des ganzen Bauwerks auf den beiden Seiten eine maximale Flächenlast aus dem Verkehr wirksam wird.

11.2.8 maximale Druckkraft aus Berechnung des Sperrwerks

Siehe hierzu Kap. BT01-01/02/03 - Sperrwerks - Querschnitt (STR).

Da die maximale Last ergibt sich in der Bemessungssituation BS-P, wobei die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessung des Sperrwerks und der Gründung gleich sind, wird hier nur der Bemessungswerte der Pfahlkraft gegeben. Das die Berechnung für einen 1m breiten Querschnitt erfolgte wird die Pfahlkraft mit dem Pfahlabstand in Längsrichtung multipliziert.

$$\begin{aligned}
 \text{Pfahlabstand } l_a &= && 2,80 \text{ m} \\
 \text{Pfahlkraft-Ber. Sperrwerk } p_{LP,Druck,d} &= && 1070,0 \text{ kN/m} \\
 \text{max Druckkraft im Pfahl } P_{LP,Sperrwerk,Druck,d} = l_a * p_{LP,Druck,d} &= && \underline{\underline{2996,0 \text{ kN}}}
 \end{aligned}$$

11.2.9 maximale Zugkraft aus Berechnung des Sperrwerks

Siehe hierzu Kap. BT01-01/02/03 - Sperrwerks - Querschnitt (STR).

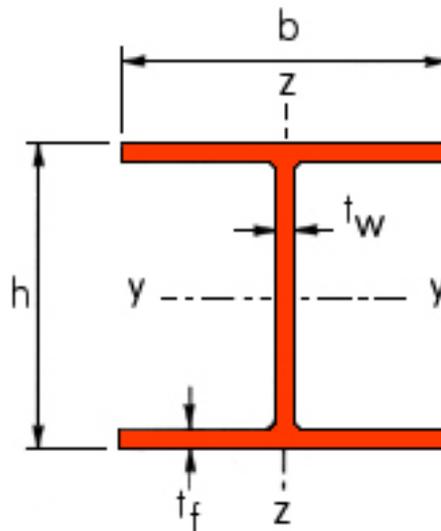
Da die maximale Last ergibt sich in der Bemessungssituation BS-T, wobei die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bemessung des Sperrwerks und der Gründung gleich sind, wird hier nur der Bemessungswerte der Pfahlkraft gegeben. Das die Berechnung für einen 1m breiten Querschnitt erfolgte wird die Pfahlkraft mit dem Pfahlabstand in Längsrichtung multipliziert.

$$\begin{aligned}
 \text{Pfahlabstand } l_a &= && 2,80 \text{ m} \\
 \text{Pfahlkraft-Ber. Sperrwerk } p_{LP,Zug,d} &= && 120,0 \text{ kN/m} \\
 \text{max Zugkraft im Pfahl } P_{LP,Sperrwerk,Zug,d} = l_a * p_{LP,Zug,d} &= && \underline{\underline{336,0 \text{ kN}}}
 \end{aligned}$$

11.3 Berechnung und Bemessung

Eingangsdaten

HP-Rammpfähle



HP-Rammpfähle

Profil	Com.	Masse (G)	Abmessungen				Stahl- quer- schnitts- fläche (A)	Gesamt- fläche	Umris- sener Umfang	Trägheits- moment		Wieder- stands- moment	
			h	b	tw	tf				y-y	z-z	y-y	z-z
		kg/m	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ²	m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³
HP 220 * 57.2		57,2	210	224,5	11	72,9	471,5	1,265	5729	2079	545,6	185,2	
HP 260 * 87.3		87,3	253	267	14	14	111,2	1,505	12590	4455	994,9	333,7	
HP 260 * 75		75	249	265	12	12	95,54	1,493	10650	3733	855,1	281,7	
HP 305 * 110 1)2)		110	307,9	310,7	15	15	140,2	1,8	23560	7709	1531	495	
HP 305 * 126 1)2)		126	312,3	312,9	17	17	161	1,813	27410	9002	1755	577,2	
HP 305 * 149 1)		149	318,5	316	20	20	190	1,832	33070	10910	2076	688,8	
HP 305 * 180		180	326,7	319,7	24	24	229,3	1,857	40970	13550	2508	847,4	
HP 305 * 186 1)		186	328,3	320,9	25	25	237	1,861	42610	14140	2596	879,3	
HP 305 * 223 1)		223	337,9	325,7	30	30	428,5	1,891	52700	17580	3119	1081	
HP 305 * 88 1)		88	301,7	307,8	12	12	111,6	1,782	18420	5984	1221	387,3	
HP 305 * 95 1)		95	303,7	308,7	13	13	121,7	1,788	20040	6529	1320	425,1	
HP 320 * 103		103	307	306	14	14	131	1,764	22050	6704	1437	438,2	
HP 320 * 117		117	311	308	16	16	149,5	1,776	25480	7815	1638	507,5	
HP 320 * 147		147	319	312	20	20	186,9	1,8	32670	10160	2048	651,3	
HP 320 * 184		184	329	317	25	25	234,5	1,83	42340	13330	2574	841,2	
HP 320 * 88,5		88,5	303	304	12	12	112,7	1,752	18740	5634	1237	370,6	
HP 360 * 109 1)2)		109	346,4	371	12	12	138,9	2,123	30630	10990	1769	590,7	
HP 360 * 133 1)2)		133	352	373,8	15	15	168,5	2,14	37980	13680	2158	725,3	
HP 360 * 152 1)2)		152	356,4	376,0	17	17	193,8	2,153	43970	15880	2468	842,3	
HP 360 * 174 1)2)		174	361,4	378,5	20	20	221,7	2,169	51010	18460	2823	973,5	
HP 360 * 180		180	362,9	378,8	21	21	229,5	2,173	53040	19140	2923	1011	
HP 360 * 84.33)		84,3	340	367	10	10	107,3	2,102	23190	8243	1364	449,2	
HP 400 * 122		122	348	390	14	14	155,9	2,202	34770	13850	1998	710,3	
HP 400 * 140		140	352	392	16	16	178,6	2,214	40270	16080	2288	820,2	
HP 400 * 158		158	356	394	18	18	201,4	2,226	45940	18370	2581	932,4	
HP 400 * 176		176	360	396	20	20	224,3	2,238	51770	20720	2876	1047	
HP 400 * 194		194	364	398	22	22	247,5	2,25	57760	23150	3174	1163	
HP 400 * 213		213	368	400	24	24	270,7	2,262	63920	25640	3474	1282	
HP 400 * 231		231	372	402	26	26	294,2	2,274	70260	28200	3777	1403	

Immeriale Einheiten

Profil: **HP 400 * 158** **S235**

OK der Lastabtragung Schrägpfahl $OK_{LA,LP} =$	0,40 mNHN
UK Schrägpfahl $UK_{LP} =$	-22,50 mNHN
Mantelfläche $A_{s,LP} =$	2,226 m ² /m
Querschnittsfläche $A_{b,LP} =$	201,40 cm ²
$\gamma_{Stahl,k} =$	78,5 kN/m ³

Anzahl der Pfähle

Anzahl der Pfähle $n_{LP} = 9 \cdot 7 =$ **63 Stk.**

Eigengewicht - lotrechter Pfahl

Auf der sicheren Seite liegend wird das Eigengewicht des Pfahls hier immer mit dem Teilsicherheitsbeiwert für BS-P angesetzt. Die ermittelte Last wird zu der Pfahlkraft addiert.

ungünstige ständige Einwirkung $\gamma_G = 1,35$
 EG Pfahl $G_{LP,k} = A_{b,LP}/10000 \cdot (OK_{LA,LP} - UK_{LP}) \cdot (\gamma_{Stahl,k} - \gamma_{Wasser,k}) = 31,6 \text{ kN}$
 $G_{LP,d} = G_{LP,k} \cdot \gamma_G =$ **42,7 kN**

Spitzendruck- und Mantelreibungsbeiwerte

Die Lastabtragung erfolgt ab der planmäßige Aushubsole für die UWBS bei +0,40 m NHN.

Es wird eine Mindesteinbindetiefe in der untersten Sand-Schicht von 3 m angenommen.

Tabelle 3-4: Spitzendruck und Mantelreibung – Stahlträgerprofil - Entwurfsplanung

Stahlträgerprofil				
Bodenart	Schichtoberkante	Zug	Druck	
		Mantelreibung	Spitzendruck	Mantelreibung
	m NHN	kN/m ²	MN/m ²	kN/m ²
Holozäne Sande	+3,80	40	9	40
Pleistozäne Sande	-3,00	95	22	95
Beckenschluff	-6,70	0	0	0
Pleistozäne Sande	-9,20	95	22	95

11.3.1 äußere axiale Tragfähigkeit (GEO-2)

11.3.1.1 Druckpfahl

Nachfolgend erfolgt die Bemessung des Pfahl für eine Druckkraft. In Entwurfsplanung wird der Nachweis nur für die maximale Druckkraft geführt.

Auf der sicheren Seite liegend wird für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit des Druckpfahls hier der Erhöhungsanteil der Mantelwiderstand der gegenüberliegenden inneren Flansche gem. EAP Jahresbericht 2014 [12] vernachlässigt.

Bemessungssituation: **BS-P**

Teilsicherheitsbeiwerte

Widerstand Druckpfahl-Erfahrungswerte $\gamma_{b,s,t}$ =	1,40
ungünstige ständige Einwirkung γ_G =	1,35
ungünstige veränderliche Einwirkung γ_Q =	1,50

maximale Pfahlkraft - Druck

$G_{LP,d}$	=	42,7 kN
ständige Lasten $V_{g,k} = G_{Sperrwerk,LP,k} + G_{Brücke,ges,k} + G_{4Tore,k} + E_{ogv,NW,ges,k}$	=	56949,0 kN
veränderliche Lasten $V_{q,k} = Q_{Brücke,ges,k} + Q_{LM1,max,k}$	=	1599,6 kN
$V_{d,k} = V_{g,k} * \gamma_G + V_{q,k} * \gamma_Q$	=	79280,6 kN
Pfahlkraft inkl. EG-Pfahl $P_{LP,Druck,d} = V_{d,k} / n_{LP} + G_{LP,d}$	=	1301,1 kN
$P_{LP,Sperrwerk,Druck,d}$	=	2996,0 kN
maximale Pfahlkraft $P_{LP,Druck,max,d} = \text{MAX}(P_{LP,Druck,d}; (P_{LP,Sperrwerk,Druck,d} + G_{LP,d}))$	=	3038,7 kN

Pfahlspitzedruck - Pleistozäne Sand

$q_{b,k}$	=	22000,0 kN/m ²
$A_{b,LP}$	=	201,40 cm ²
$R_{b,k} = q_{b,k} * A_{b,LP} / 10000$	=	443,1 kN
$R_{b,d} = R_{b,k} / \gamma_{b,s,t}$	=	316,5 kN

Pfahlmantelreibung

$A_{s,LP}$	=	2,23 m ² /m
------------	---	------------------------

Schicht 1 - Holozäne Sand

$q_{s,k,1}$	=	40,00 kN/m ²
OK Schicht $OK_1 = OK_{LA,LP}$	=	0,40 m NHN
UK Schicht $UK_1 =$	=	-3,00 m NHN
Pfahllänge in der Schicht $L_1 = (OK_1 - UK_1)$	=	3,40 m
$R_{s,k,1} = q_{s,k,1} * A_{s,LP} * L_1$	=	302,7 kN

Schicht 2 - Pleistozäne Sand

$q_{s,k,2} =$			=	95,00 kN/m ²
OK Schicht OK ₂ =	UK ₁		=	-3,00 m NHN
UK Schicht UK ₂ =			=	-6,70 m NHN
Pfahllänge in der Schicht L ₂ =	(OK ₂ - UK ₂)		=	3,70 m
R _{s,k2} =	$q_{s,k,2} * A_{s,LP} * L_2$		=	782,4 kN

Schicht 3 - Beckenschluff

keine Lastabtragung in der Schicht.

OK Schicht OK ₃ =	UK ₂		=	-6,70 m NHN
UK Schicht UK ₃ =			=	-9,20 m NHN
Pfahllänge in der Schicht L ₃ =	OK ₃ - UK ₃		=	2,50 m

Schicht 4 - Pleistozäne Sand

$q_{s,k,2} =$			=	95,00 kN/m ²
OK Schicht OK ₄ =	UK ₃		=	-9,20 m NHN
UK Schicht UK ₄ =	UK _{LP}		=	-22,50 m NHN
Pfahllänge in der Schicht L ₄ =	(OK ₄ - UK ₄)		=	13,30 m
R _{s,k4} =	$q_{s,k,2} * A_{s,LP} * L_4$		=	2812,6 kN

Summe - Pfahlmantelreibung - Druck

R _{s,k} =	$R_{s,k1} + R_{s,k2} + R_{s,k4}$		=	3897,7 kN
R _{s,Druck,d} =	$R_{s,k} / \gamma_{b,s,t}$		=	<u>2784,1 kN</u>

äußere axiale Widerstand

R _{c,d} =	$R_{b,d} + R_{s,Druck,d}$		=	<u>3100,6 kN</u>
--------------------	---------------------------	--	---	-------------------------

Nachweis - äußere axiale Tragfähigkeit GEO-2 - Druck

H _{LP,Druck,GEO2} =	$P_{LP,Druck,max,d} / R_{c,d}$		=	<u>0,980 ≤ 1</u>
UK _{LP}			=	<u>-22,50 m NHN</u>
Pfahllänge-Lastabtragung L _{LP} =	L ₁ + L ₂ + L ₃ + L ₄		=	<u>22,90 m</u>
OK _{LA,LP}			=	<u>0,40 m NHN</u>

11.3.1.2 Zugpfahl

Nachfolgend erfolgt der Nachweis des Pfahls, wenn er auf Zug belastet ist.

Bemessungssituation: **BS-P**

Teilsicherheitsbeiwerte

$$\text{Widerstand Zugpfahl-Erfahrungswerte } \gamma_{s,t} = 1,50$$

maximale Pfahlkraft - Zug

Siehe hierzu - Belastungen.

$$P_{LP,Sperrwerk,Zug,d} = \underline{\underline{336,0 \text{ kN}}}$$

Summe - Pfahlmantelreibung - Zug

Siehe hierzu die Berechnungen des Druckpfahls.

$$R_{s,k} = 3897,7 \text{ kN}$$

$$R_{s,Zug,d} = R_{s,k} / \gamma_{s,t} = \underline{\underline{2598,5 \text{ kN}}}$$

Nachweis - äußere axiale Tragfähigkeit GEO-2 - Zug

$$H_{LP,Zug,GEO2} = P_{LP,Sperrwerk,Zug,d} / R_{c,d} = \underline{\underline{0,108 \leq 1}}$$

$$UK_{LP} = \underline{\underline{-22,50 \text{ m NHN}}}$$

$$L_{LP} = \underline{\underline{22,90 \text{ m}}}$$

$$OK_{LA,LP} = \underline{\underline{0,40 \text{ m NHN}}}$$

11.3.2 Innere axiale Tragfähigkeit (STR)

Teilsicherheitsbeiwerte

$$\text{Materialwiderstand Stahl } \gamma_{M0} = 1,00$$

Knicken

Der Pfahl bindet überwiegend in tragfähigen nicht bindigen Bodenschichten ein, daher wird hier auf den Knicknachweis verzichtet. Der bindige Boden weist die Scherfestigkeit $c_u > 30 \text{ kN/m}^2$ auf, daher muss ebenso kein Knicknachweis geführt werden.

Hier wird auf DIN EN 1997-1 [7] und [8] verwiesen.

Querschnittsklasse

Querschnittsklassifizierung erfolgt nach Kap. 5.5 der DIN EN 1993-1-1 [13].

Stahlgüte: S235

Stegdicke $t_w =$			14,0 mm
Flanschdicke $t_f =$			14,0 mm
Gesamthöhe $h =$			307,0 mm
Gesamtbreite $b =$			306,0 mm
Steg c/t-Verhältnis $c/t =$	$(h - 2 \cdot t_f) / t_w$	=	$19,9 \leq 33$
Querschnittsklasse 1			
Flansch c/t-Verhältnis $c/t =$	$((b - t_w) / 2) / t_f$	=	$10,4 \leq 14$
Querschnittsklasse 3			

--> **Querschnittsklasse 3**

Widerstand

Stahlgüte: S235

$f_{y,k} =$			23,50 kN/cm ²
$N_{c,Rd} =$	$A_{b,LP} \cdot f_{y,k} / \gamma_{M0}$	=	<u>4732,9 kN</u>

Pfahlkraft

$P_{LP,Druck,max,d}$			<u>3038,7 kN</u>
----------------------	--	--	-------------------------

Nachweis

Nachweis $\mu_{STR} =$	$P_{LP,Druck,max,d} / N_{c,Rd}$		<u>0,642 \leq 1</u>
------------------------	---------------------------------	--	----------------------------

12 FL01 bis FL04 - Flügelwand

Im Rahmen der Entwurfsplanung wird eine Flügelwand nachgewiesen, da sich die Randbedingungen zwischen den Flügelwände nicht besonders unterscheiden. Es wird den Schnitt direkt am Anschluss am Sperrwerk nachgewiesen, wobei die Sohle gleich der Gewässersohle bzw. Sperrwerksohle angenommen wird.

Weiterhin wird der zweite Schnitt an OK Berme überschlägig nachgewiesen, wobei die Sohle deutlich höher liegt. Es wird hierbei auf den Nachweis mit der Abrostung verzichtet, da die Ausnutzung des Spundwandprofils relativ gering ist.

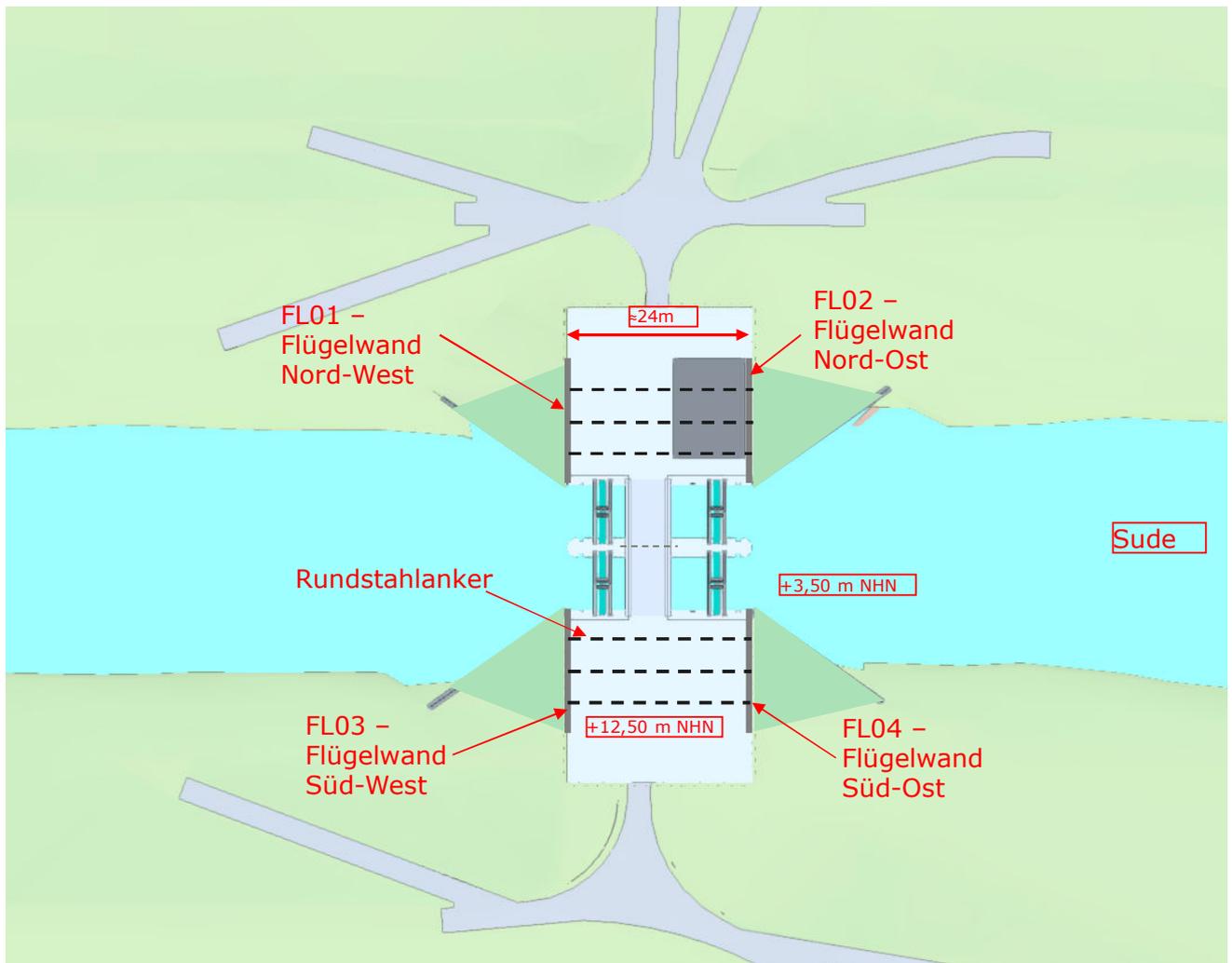
- LK1-LK3 - Anschluss am Sperrwerk - GOK bei +12,50 m NHN; Sohle bei +3,50 m NHN
- LK4 - OK Berme - GOK bei +12,50 m NHN, Sohle bei +7,75 m NHN (OK Berme)

Die Spundwände werden gleichzeitig als Sickerschürze verwendet.

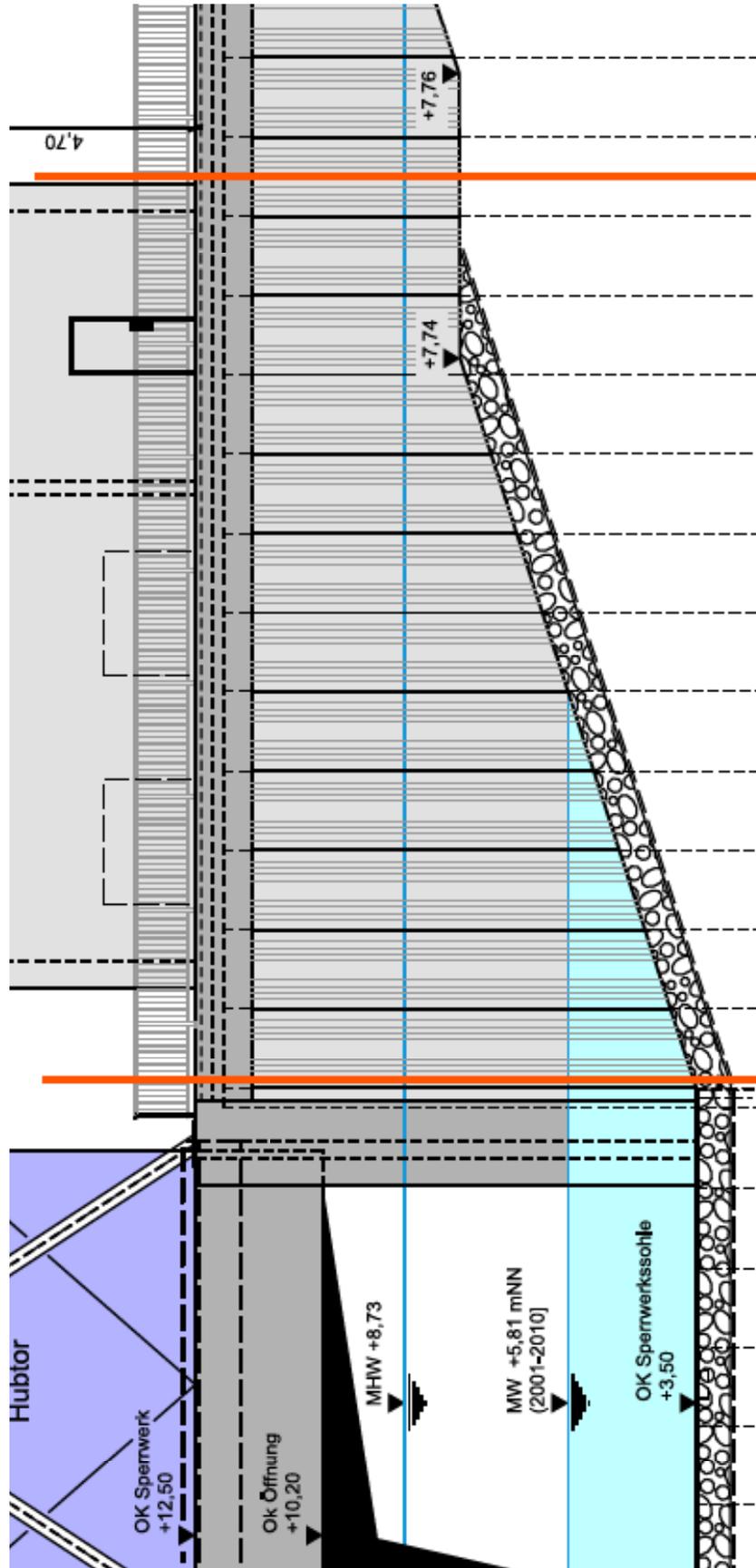
Die Spundwände werden gegenseitig rückverankert, so wie ein Kastenfangedamm.

12.1 Geometrie

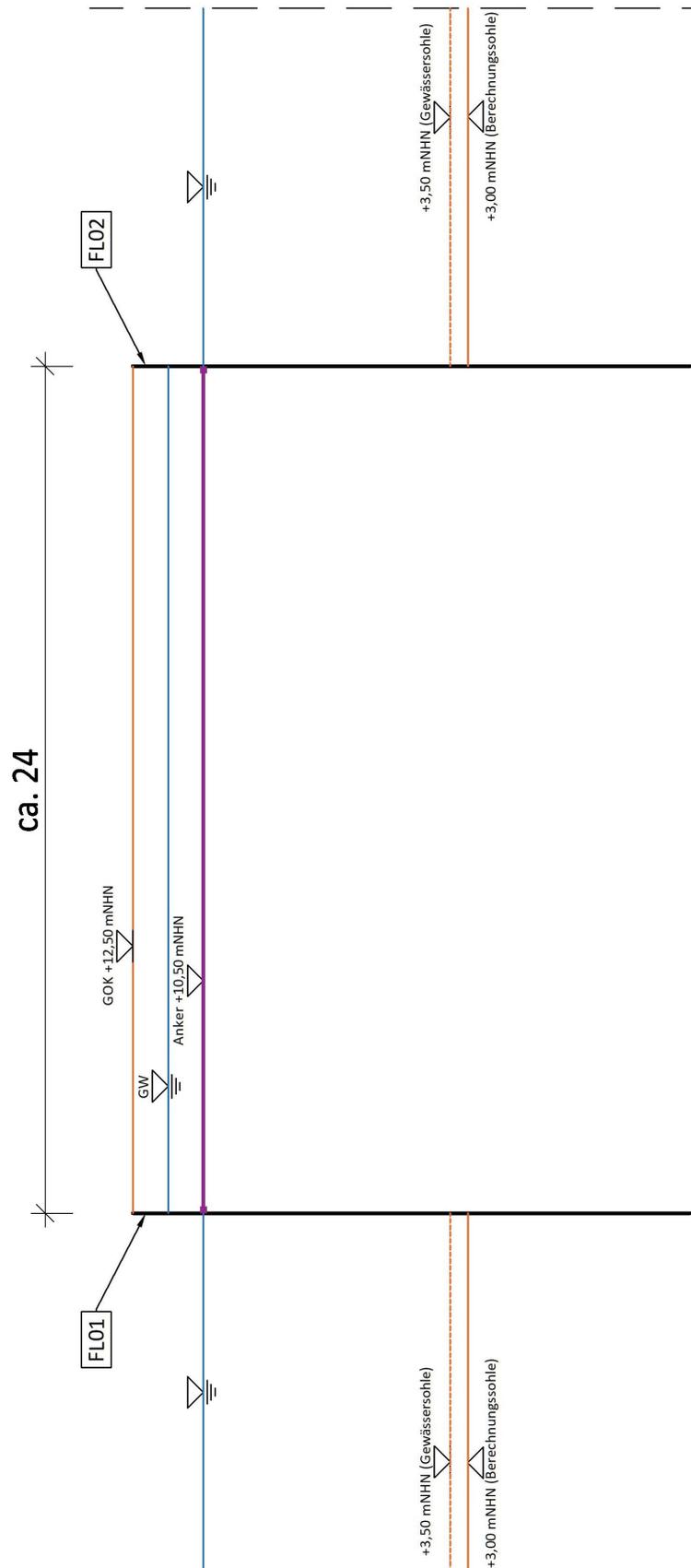
Draufsicht mit Schnittbezeichnung



Ansicht - Flügelwand Polderseite

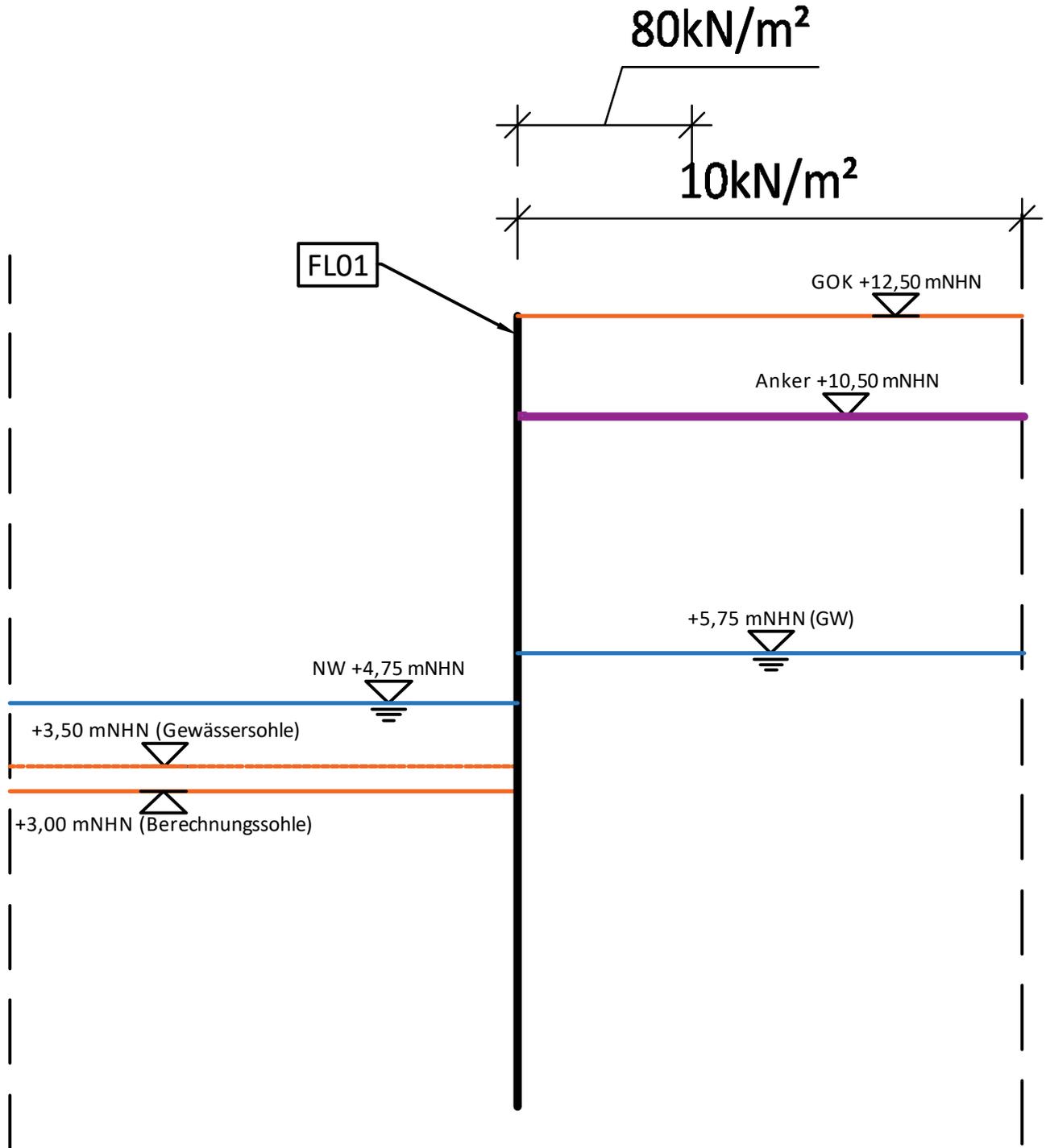


Querschnitt - gegenseitig rückverankerte Spundwände - Anschluss am Sperrwerk

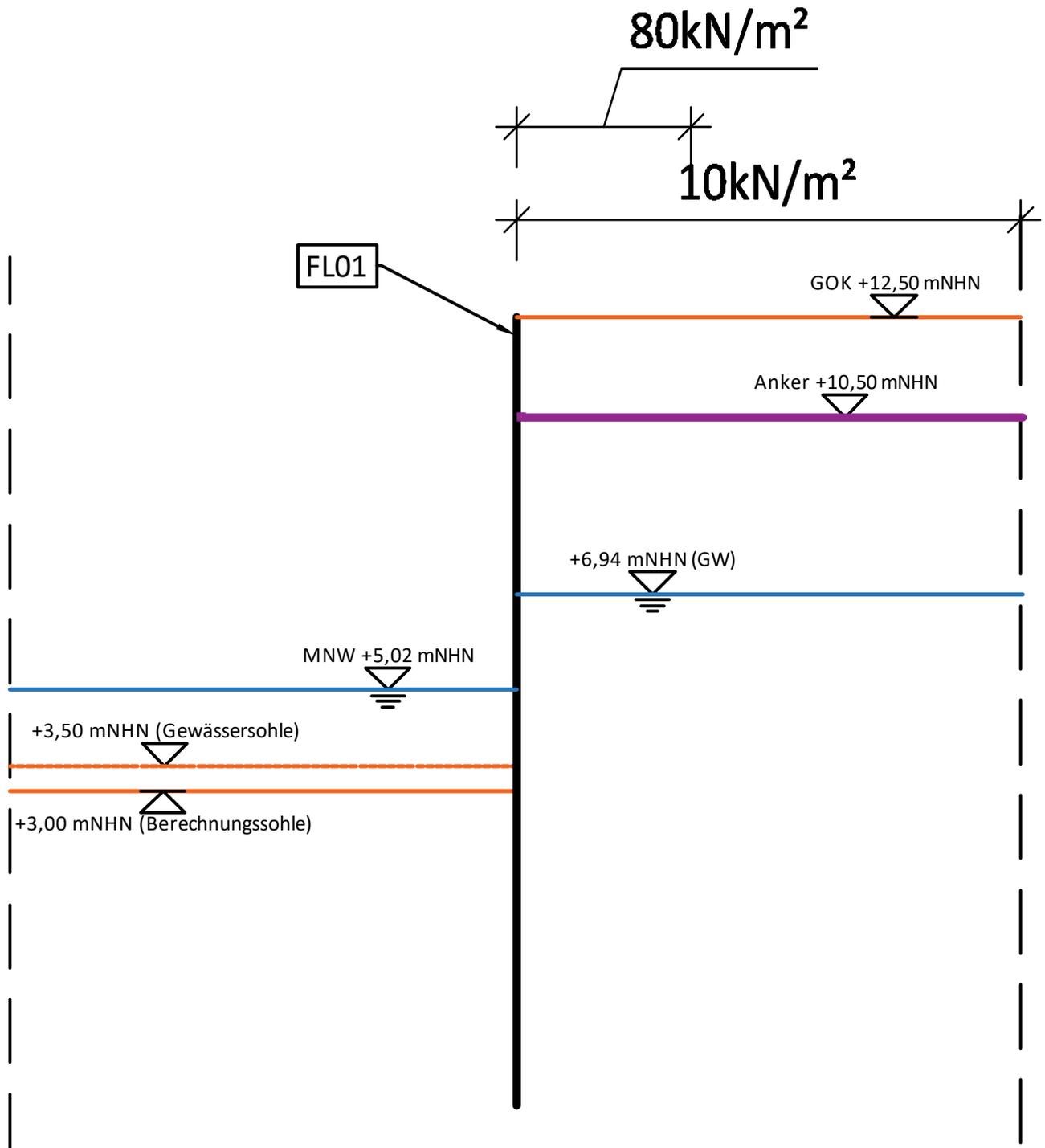


Nachfolgend wird das statische System mit Belastungen und Wasserständen dargestellt.

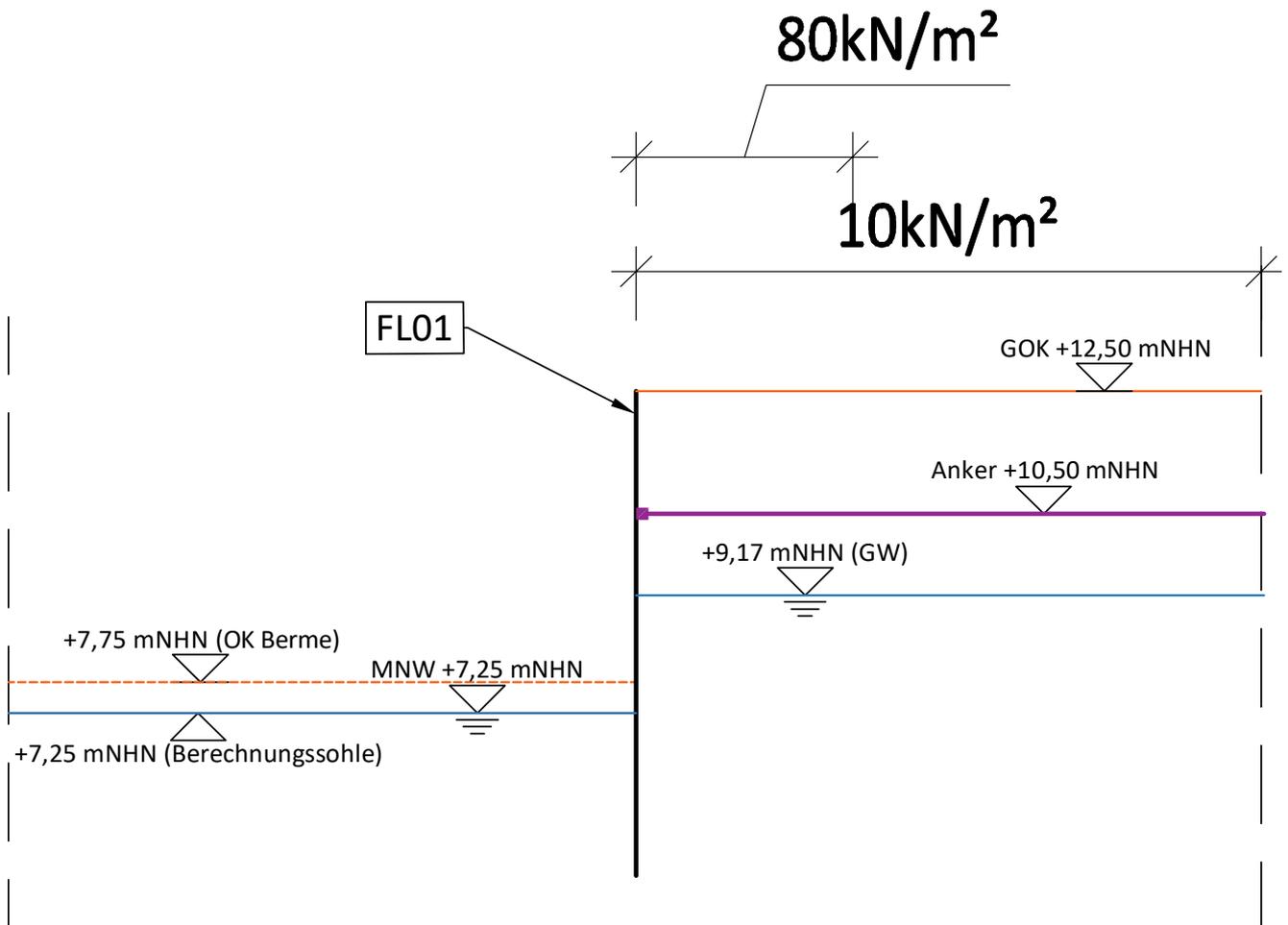
LK1 - Anschluss am Sperrwerk



LK2/3 - Anschluss am Sperrwerk



LK4 - OK Berme



12.2 Belastungen

Die untersuchten Lastkombinationen und die jeweils auftretenden Belastungen sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

Berechnungsschnitt	Lastkombination		Bemessungssituation	Verankerung		Wasserstände		Geländehöhe		Verkehrslast	Holmlast	Abrostung
	LK1	LK2		Achse	Grundwasserstand	Wasserseite	GOK	Berechnungssohle				
FL01 - Flügelwand Nord-West	LK1	NW	BS-P	10,50 m NHN	5,75 m NHN	4,75 m NHN	12,50 m NHN	3,00 m NHN	10 kN/m ² + 80 kN/m ²	g=22,5 kN/m q=4,5 kN/m	0,0 mm	
	LK2	EAU-2b	BS-P	10,50 m NHN	6,94 m NHN	5,02 m NHN	12,50 m NHN	3,00 m NHN	10 kN/m ² + 80 kN/m ²	g=22,5 kN/m q=4,5 kN/m	0,0 mm	
	LK3	Abrostung	BS-A	10,50 m NHN	6,94 m NHN	5,02 m NHN	12,50 m NHN	3,00 m NHN	10 kN/m ² + 80 kN/m ²	g=22,5 kN/m q=4,5 kN/m	2,0 mm	
	LK4	quasi-EAU-2b	BS-P	10,50 m NHN	9,17 m NHN	7,25 m NHN	12,50 m NHN	7,25 m NHN	10 kN/m ² + 80 kN/m ²	g=22,5 kN/m q=4,5 kN/m	0,0 mm	

12.3 Berechnung und Bemessung

Die Berechnung und Bemessung erfolgt mit dem Programm GGU-RETAIN.
Die Ausdrucksprotokolle sind gegeben.
Auf die vollständige Dokumentation wird hier verzichtet.

12.3.1 Spundwand - LK1-LK3

Hinweise zur Berechnung und Bemessung

- Die Spundwand wird nach EAU 2020 (Kap. 8.2.10) [3] gestaffelt.
- Es wird die Erddruckumlagerung nach EAU 2020 (Kap. 8.2.3.2) [3] angesetzt.
- Die Ermittlung der Biegemomente erfolgt mit dem reduzierten Teilsicherheitsbeiwert für den Erdwiderstand nach EAU 2020 (Kap. 8.2.1.2).
- Aufgrund der Seitenverhältnisse (Abstand zwischen Spundwänden / Geländesprung > 2,5) wird es angenommen, dass die Standsicherheit des Kastenfangedamms vorhanden ist.
- Auf der sicheren Seite liegende wird die Dehnsteifigkeit des Ankers als nahezu unendlich steif angesetzt.
- aktiver Erddruck wird um 25% nach EAU 2020 (Kap. 8.17.2) [3] erhöht, da es sich um einen Kastenfangedamm handelt

Eingangsdaten

Profil:	AZ 24-700
Stahlgüte:	S390GP
OK Wand:	+12,50 m NHN
Ankerachse:	+10,50 m NHN
Anker 1 - EA:	21.000.000 kN/m
Ankerabstand:	2,80 m

Zusammenfassung der Ergebnisse

FL01 - Flügelwand Nord-West				
		LK1	LK2	LK3
Bem. Sit.	-	BS-P	BS-P	BS-A
OK Wand erf.	-	12,50 m NHN	12,50 m NHN	13,50 m NHN
UK Wand erf.	-	-5,00 m NHN	-5,00 m NHN	-4,00 m NHN
Berechnungssohle	-	3,00 m NHN	3,00 m NHN	3,00 m NHN
Einspanngrad	τ	66,9%	52,6%	95,5%
Wandlänge erf.	L	17,50 m	17,50 m	17,50 m
Einbindetiefe erf.	t	8,00 m	8,00 m	8
Staffelmaß	s_U	0,17 m	0,24 m	0,02 m
Wandlänge + Staffelmaß	L'	17,67 m	17,74 m	17,52 m
UK Wand + Staffelmaß	-	-5,17 m NHN	-5,24 m NHN	-4,02 m NHN
Ankerkraft	N_d	424,00 kN/m	461,00 kN/m	317,00 kN/m
maximales Biegemoment	Mmax	887,90 kNm/m	1105,10 kNm/m	686,10 kNm/m
minimales Biegemoment	Mmin	-517,80 kNm/m	-418,90 kNm/m	-488,50 kNm/m
Ausnutzung - Spannung	max μ	0,794	0,988	0,846
vertikale Trag.	μ_V	0,74	0,72	0,47

Für die maßgebende Lastkombination LK2 erfolgt eine programminterne überschlägige Bemessung der Gurtung. (Siehe hierzu das Ausdrucksprotokoll - LK2)

Spundwandstaffelung nach Kap. 8.2.10 EAU 2020 [3]

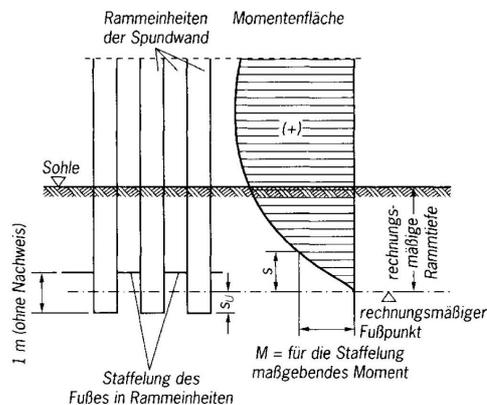


Abb. 8.43 Staffelung des Spundwandfußes bei einer frei im Boden aufgelagerten Spundwand.

Die Wand wird um das Teilstaffelmaß verlängert.

gewählt:

AZ 24-700; S390GP
OK Wand = +12,50 m NHN
UK Wand = -5,3 m NHN / -4,3 m NHN (gestaffelt)
Wandlänge = 17,8 m / 16,8 m

Gurtung: 2 x U350; S355

12.3.2 Rundstahlanker - LK1-LK4

Die maßgebende Ankerlast ergibt sich aus den Spundwandberechnungen - LK2.
Im Zuge der Entwurfsplanung wird der gleiche Anker für den Schnitt an OK Berme (LK4) angenommen.

Nachweis - Rundstahlanker nach EAU 2012

Grundlagen:

EAU 11. Auflage 2012, Verlag Ernst & Sohn, Berlin

ASDO Handbuch 2013, Anker Schroeder ASDO GmbH

$A_{h,l,d} =$	461,00	kN/m	(Ankerkraft pro Meter - links)
$a_l =$	2,80	m	(Ankerabstand - links)
$A_{h,r,d} =$	461,00	kN/m	(Ankerkraft pro Meter - rechts)
$a_r =$	2,80	m	(Ankerabstand - rechts)
$A_{h,d} =$	<u>1290,80</u>	kN	(Ankerkraft pro Anker)

Gewindegröße = M 85

Stahlgüte = ASDO 500

Abrostung =	2,00	mm	(Gesamtabrostung)
$k_t =$	0,55	[-]	(Kerbfaktor)
$\varnothing d =$	68,00	mm	(Schaftdurchmesser)
$\varnothing d_A =$	66,00	mm	(Schaftdurchmesser mit Abrostung)
$X_A = (\varnothing d_A / \varnothing d)^2 =$	0,942	[-]	(Faktor - Querschnittsschwächung)
$A_s =$	4661,2	mm ²	(Spannungsquerschnitt mit Abrostung)
$A_g =$	3421,5	mm ²	(Schaftquerschnitt mit Abrostung)
$f_y =$	500,00	N/mm ²	(Streckgrenze)
$f_{ua} =$	660,00	N/mm ²	(Zugfestigkeit)
$F_{tt,Rd} =$	1353,61	kN	$F_{tt,Rd} = k_t \times A_s \times f_{ua} / \gamma_{M2}$
$F_{tg,Rd} =$	1710,75	kN	$F_{tg,Rd} = A_g \times f_y / \gamma_{Mo}$
$F_{t,Rd} =$	<u>1353,61</u>	kN	(Grenzugkraft abgerostetes Querschnittes)
$\mu = A_{h,d} / F_{t,Rd} =$	<u>0,954</u>	<	1,000

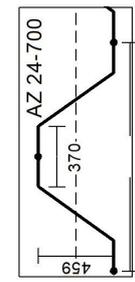
gewählt: M 85 ASDO 500

Protokolle

FL01 - Flügelwand Nord-West
LK1 - NW

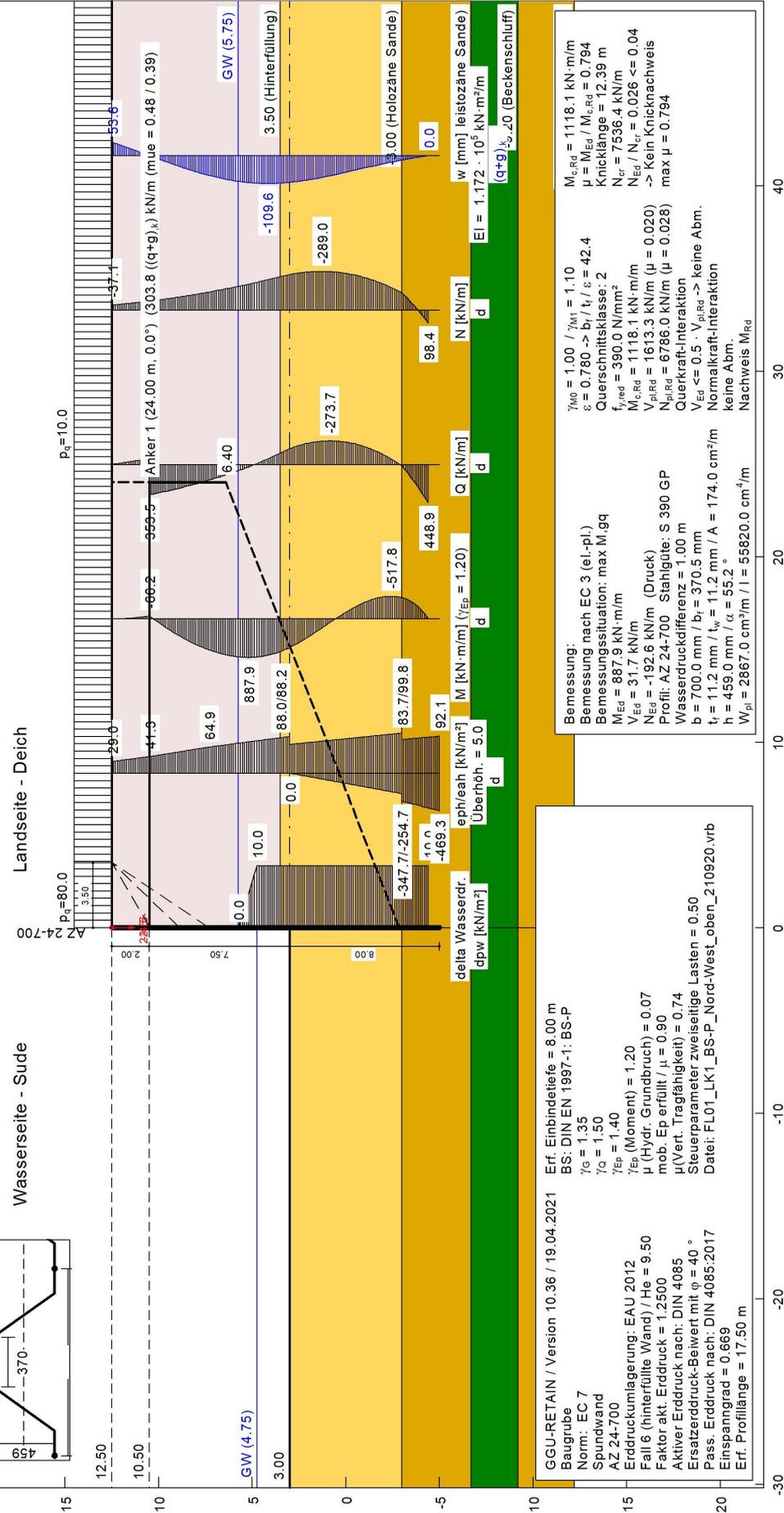
Boden	Tiefe	γ_k	$\gamma'_{k,1}$	φ_k	c_k	$\delta_{/p}$ passiv	$\delta_{/p}$ aktiv	$q_{k,1}$	$q_{k,2}$	Bezeichnung
passiv	[m-NHN]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]			[MN/m ²]	[kN/m ²]	
	3.50	18.0/18.0	10.0/10.0	30.0/30.0	0.0/0.0	-0.750	0.667	0.00	0.00	Hinterfüllung
	-3.00	18.0/18.0	10.5/10.5	31.0/31.0	0.0/0.0	-0.750	0.667	9.00	20.00	Holozäne Sande
	-6.70	19.0/19.0	11.0/11.0	35.0/35.0	0.0/0.0	-0.750	0.667	22.00	45.00	Pleistozäne Sande
	-9.20	18.0/18.0	8.0/8.0	20.0/20.0	5.0/5.0	-0.750	0.667	0.00	0.00	Beckenschluff
	<-9.20	19.0/19.0	11.0/11.0	35.0/35.0	0.0/0.0	-0.750	0.667	22.00	45.00	Pleistozäne Sande

OK Wand = 12.50 m-NHN



Wasserseite - Sude

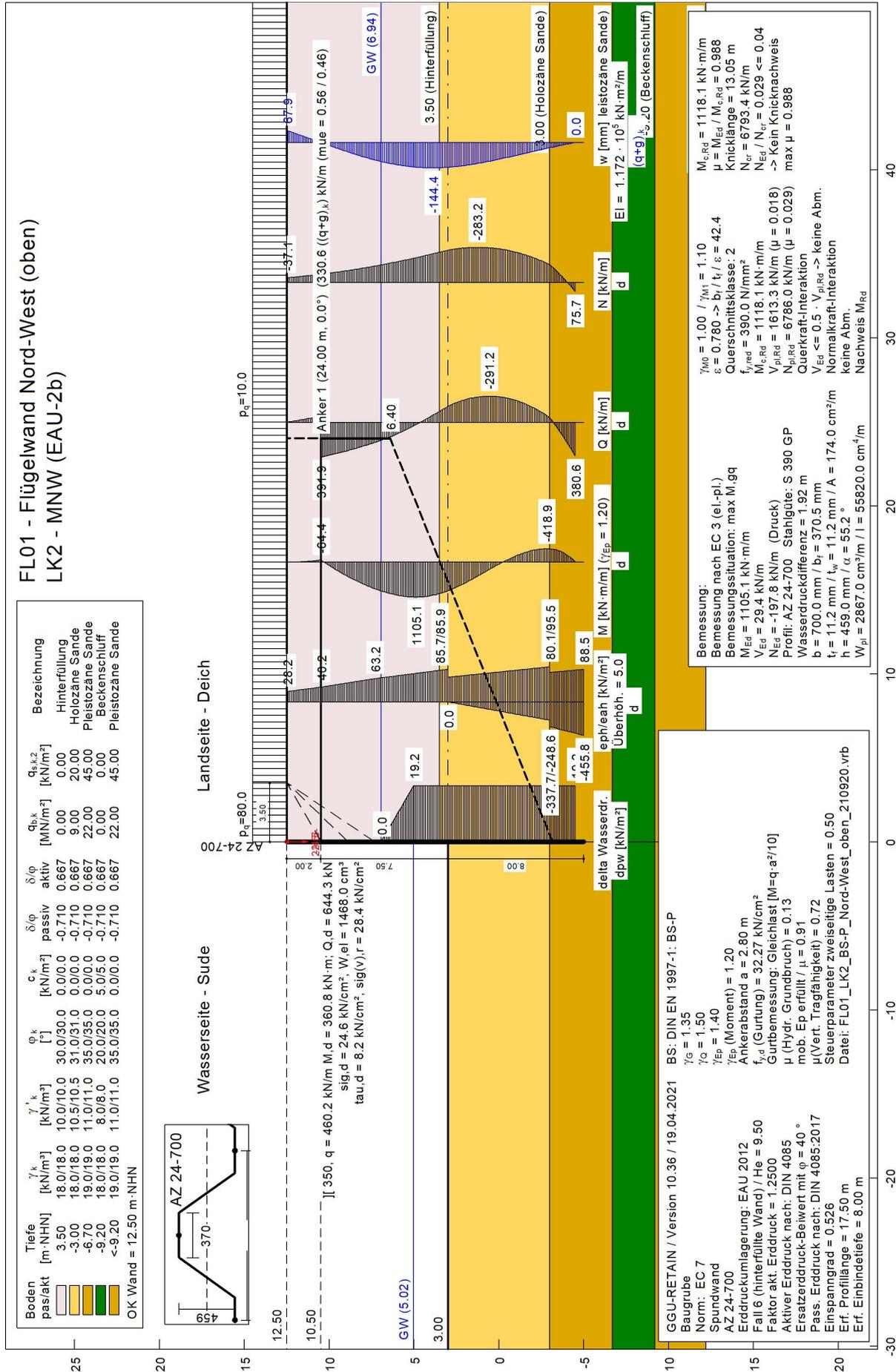
Landseite - Deich



GGU-RETAIN / Version 10.36 / 19.04.2021 Erf. Einbindetiefe = 8.00 m
 Baugrube BS: DIN EN 1997-1: BS-P
 Norm: EC 7 $\gamma_G = 1.35$
 Spundwand $\gamma_Q = 1.50$
 AZ 24-700 $\gamma_{EP} = 1.40$
 Erddruckumlagerung: EAU 2012 γ_{EP} (Moment) = 1.20
 Fall 6 (hinterfüllte Wand) / He = 9.50 μ (Hydr. Grundbruch) = 0.07
 Faktor akt. Erddruck = 1.2500 mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.90$
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085 u (Vert. Tragfähigkeit) = 0.74
 Eisatzerdruk-Beiwert mit $\varphi = 40^\circ$ Steuerparameter: zweiseitige Lasten = 0.50
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017 Datei: FL01_LK1_BS-P_Nord-West_Oben_210920.vrb
 Einspanngrad = 0.669
 Erf. Profillänge = 17.50 m

Bemessung:
 Bemessung nach EC 3 (ei-pl)
 Bemessungssituation: max M, qg
 $M_{Ed} = 887.9$ kN·m/m
 $V_{Ed} = 31.7$ kN/m
 $N_{Ed} = -192.6$ kN/m (Druck)
 Profil: AZ 24-700 Stahlgüte: S 390 GP
 Wasserdruckdifferenz = 1.00 m
 $b = 700.0$ mm / $t_w = 370.5$ mm
 $t_f = 11.2$ mm / $t_w = 11.2$ mm / $A = 174.0$ cm²/m
 $h = 459.0$ mm / $u = 55.2^\circ$
 $W_{pl} = 2867.0$ cm³/m / $I = 55820.0$ cm⁴/m
 Nachweis M_{Rd}

$\gamma_{MO} = 1.00$ / $\gamma_{M1} = 1.10$
 $\xi = 0.780 \rightarrow b_f / t_f / \xi = 42.4$
 Querschnittsklasse: 2
 $f_{y,red} = 390.0$ N/mm²
 $M_{Rd} = 1118.1$ kN·m/m
 $N_{Rd} = 6786.0$ kN/m ($\mu = 0.028$)
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion keine Abm.
 Normaldruck-Interaktion keine Abm.
 $M_{Rd} = 1118.1$ kN·m/m
 $\mu = M_{Ed} / M_{Rd} = 0.794$
 Knicklänge = 12.39 m
 $N_{Rd} = 7536.4$ kN/m
 $N_{Ed} / N_{Rd} = 0.026 \leq 0.04 \rightarrow$ Kein Knicknachweis
 max $\mu = 0.794$



12.3.3 Spundwand - LK4

Hinweise zur Berechnung und Bemessung

- Die Spundwand wird nach EAU 2020 (Kap. 8.2.10) [3] gestaffelt.
- Es wird die Erddruckumlagerung nach EAU 2020 (Kap. 8.2.3.2) [3] angesetzt.
- Aufgrund der Seitenverhältnisse (Abstand zwischen Spundwänden / Geländesprung > 4,5) wird es angenommen, dass die Standsicherheit des Kastenfangedamms vorhanden ist.
- Auf der sicheren Seite liegende wird die Dehnsteifigkeit des Ankers als nahezu unendlich steif angesetzt.
- aktiver Erddruck wird um 25% nach EAU 2020 (Kap. 8.17.2) [3] erhöht, da es sich um einen Kastenfangedamm handelt
- Es wird die Mindesteinbindetiefe in den holozänen Sand von 1 m angenommen.

Eingangsdaten

Profil:	AZ 14-700
Stahlgüte:	S240GP
OK Wand:	+12,50 m NHN
Ankerachse:	+10,50 m NHN
Anker 1 - EA:	21.000.000 kN/m
Ankerabstand:	2,80 m

Zusammenfassung der Ergebnisse

FL01 - Flügelwand Nord-West		
		LK4
Bem. Sit.	-	BS-P
OK Wand erf.	-	12,50 m NHN
UK Wand erf.	-	1,50 m NHN
Berechnungssohle	-	7,25 m NHN
Einspanngrad	τ	82,6%
Wandlänge erf.	L	11,00 m
Einbindtiefe erf.	t	5,75 m
Staffelmaß	s_U	0,09 m
Wandlänge + Staffelmaß	L'	11,09 m
UK Wand + Staffelmaß	-	1,41 m NHN
Ankerkraft	N_d	301,00 kN/m
maximales Biegemoment	M_{max}	201,60 kNm/m
minimales Biegemoment	M_{min}	-82,10 kNm/m
Ausnutzung - Spannung	max μ	0,504
vertikale Trag.	μ_V	0,99

Für die maßgebende Lastkombination LK4 erfolgt eine programminterne überschlägige Bemessung der Gurtung. (Siehe hierzu das Ausdrucksprotokoll - LK4)

Spundwandstaffelung nach Kap. 8.2.10 EAU 2020 [3]

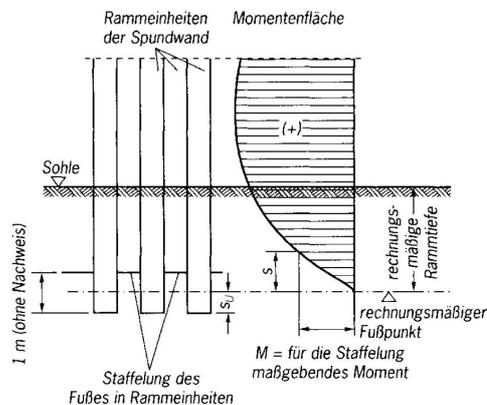


Abb. 8.43 Staffelung des Spundwandfußes bei einer frei im Boden aufgelagerten Spundwand.

Die Wand wird um das Teilstaffelmaß verlängert.

gewählt:

AZ 14-700; S240GP
 OK Wand = +12,50 m NHN
 UK Wand = +1,40 m NHN / +2,40 m NHN (gestaffelt)
 Wandlänge = 11,1 m / 10,1 m

Gurtung: 2 x U350; S235

