

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburg Str. 200 Tel.: 0441 / 92178 – 350 26133 Oldenburg Fax: 0441 / 92178 – 379			Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen		09.06.2022	

Inhaltsverzeichnis

BERECHNUNGSGRUNDLAGE	I
1 VORBEMERKUNGEN.....	1-1
1.1 ALLGEMEINES.....	1-1
1.2 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN UND LASTANNAHMEN.....	1-1
1.3 BAUSTOFFE	1-2
1.4 GEOMETRIE	1-3
2 BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	2-1
2.1 BODENMECHANISCHE KENNWERTE.....	2-1
2.2 VERTIKALE TRAGFÄHIGKEIT	2-2
2.3 WASSERSTÄNDE	2-3
3 BEMESSUNGSGRÖßEN	3-1
3.1 STÄNDIGE LASTEN	3-1
3.2 NUTZLASTEN	3-1
3.3 PORENWASSERÜBERDRUCK	3-3
3.4 NEGATIVE MANTELREIBUNG	3-3
3.5 POLLER- BZW. TROSSENZUG AUF POLLER.....	3-4
3.6 ERDBEBEN.....	3-4
3.7 KOLKZUSCHLAG/BAGGERTOLERANZ.....	3-4
3.8 ABROSTUNG	3-4
3.9 TEILSICHERHEITEN	3-5
4 UNTERSCHRIFTENSEITE.....	4-1

Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Vorgang: Inhaltsverzeichnis	Seite: II	Archiv Nr.
---	------------------	-------------------

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburger Str. 200 Tel.: 0441 / 92178 – 350 26133 Oldenburg Fax: 0441 / 92178 – 379			Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen		09/06/22	

1 Vorbemerkungen

1.1 Allgemeines

Bremenports plant eine Instandsetzung der Kaje im Kalihafen in Bremen. Im Zuge der Leistungsphasen 1 und 2 wurde dabei die Vorzugsvariante 1 bestimmt. Dort wird die neue Spundwand 13,50 m wasserseitig vor der Bestandswand eingebracht. Der Zwischenbereich wird anschließend verfüllt, so dass eine zusätzliche Umschlagfläche entsteht. Die neue Uferwand wird dabei mit um 35° geneigten Pfählen/Ankern rückverankert hergestellt.

Die Gesamtlänge der Kaje beträgt dabei ca. 227 m. Zur Bemessung werden die Spundwände in zwei Bereiche unterteilt, da im hinteren (nordöstlichen) Bereich des Kalihafens ein GMS anlegt und eine geringere Sohltiefe erforderlich ist. Im Bereich, welcher näher zur Einfahrt des Stichhafens liegt, wird durch das Hafenamt eine Sohltiefe von NN -8,70 m sichergestellt, um das Einfahren eines Tankers/Seeschiffs bis zum Liegeplatz bei der Fa. Diersch+Schröder zu ermöglichen.

Die nachfolgenden Kapitel sollen die wesentlichen Abmessungen und Vorgaben für die Bemessung der o.a. Bauwerke zusammenfassen.

1.2 Berechnungsgrundlagen und Lastannahmen

Der Berechnung liegen die gültigen Normen und ergänzenden Bestimmungen in der neuesten, gültigen Fassung zugrunde, sowie bauaufsichtliche Zulassungen ebenfalls in der neusten gültigen Fassung.

Technische Vorschriften, Normen

- ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Ingenieurbauwerke
- Empfehlung des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen
- EAU“, 12. Auflage 2020, Verlag Ernst & Sohn, Berlin
- EA-Pfähle 2012, 2. Auflage
- Eurocodes
- DIN 1054:2010 Ergänzende Regelungen zur DIN EN 1997-1

Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Vorbemerkungen Vorgang: Allgemeines	Seite: 1-1	Archiv Nr.
---	-------------------	-------------------

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburg Str. 200 Tel.: 0441 / 92178 – 350 26133 Oldenburg Fax: 0441 / 92178 – 379			Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen		09.06.2022	

Pläne

E-01: Entwurfsplan Variante 1, Eriksen und Partner GmbH vom 25.02.2021

E-20: Übersichtsplan Liegewanne, Eriksen und Partner GmbH vom 21.05.2022

Gutachten

Geotechnischer Bericht Nr. 1, Grundbaulabor Bremen Ingenieurgesellschaft für Geotechnik mbH,
 Objekt-Nr. 21 13358 vom 01.04.2022

Sonstige Unterlagen

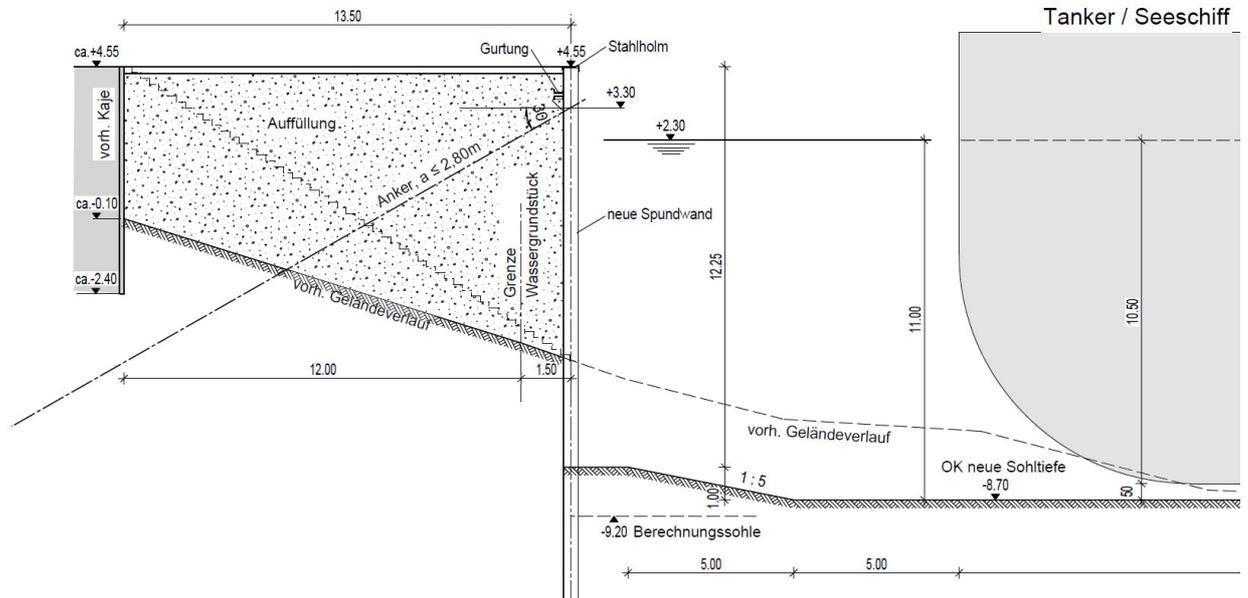
Erläuterungsbericht A09 757 - Ingenieurbüro Meier-Gefe, Standsicherheitsuntersuchungen für
 den Kalihafen, Juni 2011

1.3 Baustoffe

Stahl:

Spundwandstahl	S355 GP
Gurtung	S355 J0
Rundstahlanker	S355 J2

Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Vorbemerkungen Vorgang: Baustoffe	Seite: 1-2	Archiv Nr.
---	-------------------	-------------------

Bereich 2: Seeschiff/TankerSchnitt B-B M 1:100

OK Spundwand	+4,55 mNN
Ansatzpunkt Anker	+ 3,30 mNN
Berechnungssohle	- 9,20 mNN
Mittl. Wasserstand	+ 2,30 mNN

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburg Str. 200 Tel.: 0441 / 92178 – 350 26133 Oldenburg Fax: 0441 / 92178 – 379			Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen		09/06/22	

2 Baugrundverhältnisse

Gemäß dem Geotechnischen Bericht Nr.1 vom Grundbaulabor Bremen liegen im Bereich des Kalihafens homogene Bodenverhältnisse vor, so dass für die Spundwandbemessung ein Bemessungsprofil für den gesamten Bereich gilt. Gemäß Bericht liegen bis ca. -4,5 mNHN Sand und Sandauffüllung vor, gefolgt von Sanden mit großen Schluffanteilen. Unterhalb der Sandschichten wurde bis zum Ende der Erkundung eine Lauenburger Schicht festgestellt (UK = Ende der Erkundung = -25,0 mNHN).

2.1 Bodenmechanische Kennwerte

Bemessungsprofil Spundwandachse Neu							
Bodenart	Tiefenbereich		Wichte γ_k/γ'_k [kN/m ³]	Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	Reibungs- winkel φ'_k [°]	Kohäsion aktiv /passiv c_a/c'_p [kN/m ²]	undrännierte Scherfestigkeit ($\varphi_u = 0^\circ$) $c_{u,k}$ [kN/m ²]
	von [mNHN]	bis [mNHN]					
Sandauffüllung neu ¹⁾	+ 4,5	- 4,5	18/10	20	30,0	0	0
Sand, tw. stark schluffig	- 4,5	- 7,0	18/10	20	30,0	0	0
Sand, tw. stark schluffig	- 7,0	- 9,2	19/11	40	32,5	0	0
Lauenburger Schicht ²⁾	- 9,2	- 25,0	20/10	20	20,0	30/20	100 - 200

¹⁾ Durch Nachverdichtung mit Rütteldruckverdichtung: $\gamma_k/\gamma'_k = 19/11$ kN/m³ - $E_{s,k} = 40$ MN/m² - $\varphi'_k = 32,5^\circ$

²⁾ lokal mit Sandschichten

Bemessungsprofil Bestandsputzwand							
Bodenart	Tiefenbereich		Wichte γ_k/γ'_k [kN/m ³]	Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	Reibungs- winkel φ'_k [°]	Kohäsion aktiv /passiv c_a/c'_p [kN/m ²]	undrännierte Scherfestigkeit ($\varphi_u = 0^\circ$) $c_{u,k}$ [kN/m ²]
	von [mNHN]	bis [mNHN]					
Sandauffüllung neu ¹⁾	+ 3,5	- 1,2	18/10	20	30,0	0	0
Sand, tw. stark schluffig	- 1,2	- 8,5	19/11	40	32,5	0	0
Lauenburger Schicht ²⁾	- 8,5	- 25,0	20/10	20	20,0	30/20	100 - 200

¹⁾ Durch Nachverdichtung mit Rütteldruckverdichtung: $\gamma_k/\gamma'_k = 19/11$ kN/m³ - $E_{s,k} = 40$ MN/m² - $\varphi'_k = 32,5^\circ$

²⁾ lokal mit Sandschichten

Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Baugrundverhältnisse Vorgang: Bodenmechanische Kennwerte	Seite: 2-1	Archiv Nr.
--	-------------------	-------------------

2.2 Vertikale Tragfähigkeit

Mantelreibung und Spitzendruck für Vertikallastabtrag Spundwand				
Bodenart	Tiefenbereich		Widerstand im Bruchzustand ¹⁾	
	von [mNHN]	bis [mNHN]	$q_{s,k}$ ²⁾³⁾ [kN/m ²]	$q_{b,k}$ ⁴⁾ [kN/m ²]
Sandauffüllung	+ 4,5	-4,5	-	-
Sand, tlw. stark schluffig	- 4,5	- 7,0	15	-
Sand, tlw. stark schluffig	- 7,0	- 9,2	20	-
Lauenburger Schicht	- 9,2	- 25,0	30	2000

¹⁾ Werte gelten für gerammte Spundwände

²⁾ Ansatz Mantelreibung auf der Aktivseite ab dem theoretischen Nullpunkt

³⁾ bezogen auf die Abwicklungsfläche des eingesetzten Spundwandprofils

⁴⁾ bezogen auf die Querschnittsfläche des eingesetzten Spundwandprofils

Die Werte zur Mantelreibung und Spitzendruck für den Vertikallastabtrag der Spundwand gelten für gerammte Wände, sowie vibrierte Spundwände die auf den letzten 2 Metern nachgerammt werden. Wenn die Wände eingerüttelt werden, sind die Tabellenwerte um 25 % zu reduzieren.

Mantelreibung Rückverankerung				
Bodenart	Tiefenbereich		Widerstand im Bruchzustand	
	von [mNHN]	bis [mNHN]	VP ¹⁾ $q_{s,k}$ [kN/m ²]	RP ²⁾ $q_{s,k}$ [kN/m ²]
Sandauffüllung	-	-	-	-
Sand, tlw. stark schluffig	- 4,0	- 7,0	40	50
Sand, tlw. stark schluffig	- 7,0	- 8,5	130	170
Lauenburger Schicht	- 8,5	- 25,0	95	125

¹⁾ verpresster Mikropfahl nach Definition der EA-Pfähle

²⁾ Rohrverpresspfahl nach Definition der EA-Pfähle

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburg Str. 200 Tel.: 0441 / 92178 – 350 26133 Oldenburg Fax : 0441 / 92178 – 379			Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen			09.06.2022

2.3 Wasserstände

Der mittlere Außenwasserstand im Industriehafen/Kalihafen beträgt + 2,30 mNN.

Gemäß Geotechnischem Bericht vom Grundbaulabor Bremen können außerdem folgende Wasserstände im Bereich des Bauvorhabens abgeschätzt werden:

Maximaler Grundwasserstand:	+ 3,30 mNHN
Mittlerer Grundwasserstand:	+ 2,30 mNHN
Niedrigster Grundwasserstand:	+ 0,80 mNHN

Gemäß Kap. 5.3 des geotechnischen Berichts erfolgt der Ansatz von Wasserdruck nach EAU 2020 Kap. 3.3.2 Abb. 3.2. Daraus ergibt sich die Berücksichtigung eines landseitigen Wasserstands mit 0,50 m oberhalb des Außenwasserstands (= + 2,80 mNHN).

Betonaggressivität

Im Zuge von chemischen Wasseruntersuchungen des Grund- und Hafengewässers während der Baugrunderkundungen ergab sich kein erf. Ansatz einer Expositionsklasse durch chemischen Angriff (= nicht chemisch angreifend).

Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Baugrundverhältnisse Vorgang: Wasserstände	Seite: 2-3	Archiv Nr.
--	-------------------	-------------------

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburg Str. 200 26133 Oldenburg	Tel.: 0441 / 92178 – 350 Fax: 0441 / 92178 – 379		Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen			09/06/22

3 Bemessungsgrößen

3.1 Ständige Lasten

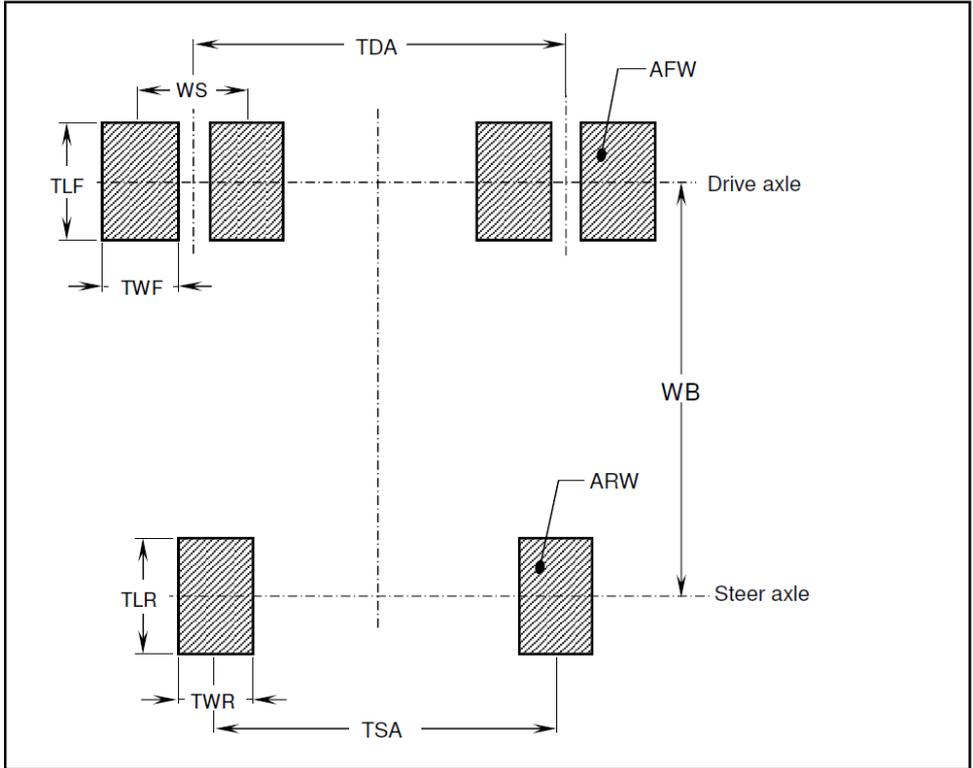
Eigengewicht Stahl Programmintern mit 78,5 kg/dm³

Das Bodeneigengewicht wird gem. Baugrundaufbau programmintern berücksichtigt. Die Bemessung der Uferwand erfolgt mit aktivem Erddruck.

3.2 Nutzlasten

Allg. Verkehrslast $p_1 = 20 \text{ kN/m}^2$ (im Bereich GMS / Fläche Fa. Tiemann)
 $p_2 = 10 \text{ kN/m}^2$ (im Bereich Seeschiff / Fläche Fa. Diersch+Schröder)

Reachstacker Konecrane Modell SMV4542TCX5, Ansatz gem. Datenblatt Fa. Tiemann



Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Bemessungsgrößen Vorgang: Ständige Lasten	Archiv Nr. Seite: 3-1
---	--

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburg Str. 200 Tel.: 0441 / 92178 – 350 26133 Oldenburg Fax: 0441 / 92178 – 379			Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen			09.06.2022

Wheel Base	[WB]	7250 mm	Drive axle load at [L1]	Unloaded	42000 Kg
Track Drive Axle	[TDA]	3030 mm	Drive axle load at [L1]	Loaded	104400 Kg
Track Steer Axle	[TSA]	2911 mm	Drive axle load at [L2]	Loaded	116000 Kg
Wheel Space	[WS]	600 mm	Drive axle load at [L3]	Loaded	99900 Kg
Tyre Width Front	[TWF]	450 mm	Steer axle load at [L1]	Unloaded	41500 Kg
Tyre Width Rear	[TWR]	450 mm	Steer axle load at [L1]	Loaded	24100 Kg
Airpressure Front Wheel	[AFW]	1,00 MPa	Steer axle load at [L2]	Loaded	9500 Kg
Airpressure Rear Wheel	[ARW]	1,00 MPa	Steer axle load at [L3]	Loaded	7600 Kg
Loadcenter	[L1]	1800 mm	Max. rated load at [L1]		45000 Kg
Loadcenter	[L2]	3850 mm	Max. rated load at [L2]		42000 Kg
Loadcenter	[L3]	6350 mm	Max. rated load at [L3]		24000 Kg

Results					
LC	Loads	TWF (mm)	TLF (mm)	TWR (mm)	TLR (mm)
L1	Unloaded , at 1800 mm, loadcenter	450	229	450	452
L1	45000 kg , at 1800 mm, loadcenter	450	569	450	263
L2	42000 kg , at 3850 mm, loadcenter	450	632	450	104
L3	24000 kg , at 6350 mm, loadcenter	450	544	450	83

Nach telefonischer Auskunft der Fa. Tiemann kann bei dem Reachstacker mit einem Abstand zur Kaje von 1,50 bis 2,00 m gerechnet werden. Nach EAB erfolgt unter Berücksichtigung dieses Abstands und einer Lastausbreitung um 45° die Ermittlung einer Ersatzstreifenlast.

Max. Achslast drive axle 116 to = 1137 kN (L2)

Achslast steer axle 9,5 to = 93,2 kN (L2)

Aufstandsfläche Räder: 569 x 450 mm (auf der sicheren Seite liegend mit kleinerer Fläche aus L1)

Drive axle: $(2 \times 0,45 + 0,15 + 2 \times 1,5) \times 0,569 = 2,3 \text{ m}^2$
 (bezogen auf zwei Räder)

Steer axle: $(2 \times 0,45 + 2 \times 9,03 + 2,461) \times 0,104 = 2,23 \text{ m}^2$

Flächenlast drive axle

= $284,25 \text{ kN} \times 2 / 2,3 \text{ m}^2 = 247,17 \text{ kN/m}^2$, Ansatz auf 0,569 m Breite, Abstand 1,50 m

Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Bemessungsgrößen Vorgang: Nutzlasten	Seite: 3-2	Archiv Nr.
--	-------------------	-------------------

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburger Str. 200 Tel.: 0441 / 92178 – 350 26133 Oldenburg Fax: 0441 / 92178 – 379		Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen	09.06.2022	

Flächenlast steer axle

= 93,2 kN / 2,23 m² = 71,8 kN/m²

Ansatz auf 0,104 m Breite, Abstand 9,03 m

Ein Ansatz der an der Kaje gelagerten Container entfällt, auf Grund des Abstands von ≥ 15 m. Bei einem Ansatz dieses Abstands ergibt sich keine nennenswerte statische Beeinflussung der Spundwand.

3.3 Porenwasserüberdruck

Gemäß Rücksprache mit bremenports befindet sich im Kalihafen geringfügig Hafenschlick und oberflächennah ist bereits mit Sandböden zu rechnen.

Im Zuge der geplanten Baumaßnahme ist vor der Aufbringung von Auffüllungsmaterial in die Spundwandzwischenräume sicherzustellen, dass der Hafenschlick vollständig geräumt wird, um Setzungen zu vermeiden. Hieraus ergibt sich, dass kein Porenwasserüberdruck zu berücksichtigen ist.

3.4 Negative Mantelreibung

Auf Grund der Sandverfüllung zwischen der Bestandsspundwand und neuer Spundwand resultiert aus Setzungen eine negative Mantelreibung. Gem. Hinweis Bodengutachter ist bei einer Hinterfüllung durch Sand mit einer mittleren Lagerungsdichte ($q_c = 7,5$ kN/m²) in Anlehnung an EA-Pfähle eine Mantelreibung von $\tau_{n,k} = 18$ kN/m² bezogen auf die Abwicklungslänge des Spundwandprofils bis zur Unterkante der Hinterfüllung zu berücksichtigen. Eine gleichzeitige Berücksichtigung des Vertikallastanteils aus Verkehrslast und Bodeneigenwicht ist nicht erforderlich. Maßgebend ist der größere Wert.

Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Bemessungsgrößen Vorgang: Porenwasserüberdruck	Archiv Nr. Seite: 3-3
--	--

Eriksen und Partner GmbH Cloppenburg Str. 200 Tel.: 0441 / 92178 – 350 26133 Oldenburg Fax: 0441 / 92178 – 379			Auftrags- Nr.: 620 276
Bauwerk: Kalihafen Bremen			09.06.2022

Es erfolgt der Ansatz mit Erfahrungswerten nach EAU 2020 und dem Vergleich anderer Projekte. Im Zuge der Ausführungsplanung Schleuse Oslebshausen wurde eine Abrostungsrate von 0,01 mm/a berücksichtigt. Im Zuge des Erläuterungsberichts wurde eine anzusetzende Lebensdauer des Bauwerks von 80 Jahren festgelegt.

Nutzungsdauer	80 Jahre
Abrostungsrate	0,01 mm/a
Abrostung	0,8 mm (rechnerischer Ansatz von 1 mm)

3.9 Teilsicherheiten

Für den Grenzzustand des Versagens von Baugrund (STR und GEO-2) werden gemäß EAU 2012 folgende Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt:

Einwirkung		BS-P	BS-T	BS-A
Ständige Einwirkungen*	γ_G	1,35	1,20	1,10
Veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,10

* einschließlich ständigem und veränderlichem Wasserdruck

Widerstände		BS-P	BS-T	BS-A
Erdwiderstand	$\gamma_{R,e}$	1,40	1,30	1,20

Bauteil: Berechnungsgrundlage Block: Bemessungsgrößen Vorgang: Teilsicherheiten	Seite: 3-5	Archiv Nr.
--	-------------------	-------------------

